

NARVA

ENTLADUNGSLAMPENPRAXIS

ENTLADUNGSLAMPENPRAXIS

Dipl.-Ing. Reinhard Schnor

VEB NARVA

Kombinat der Volkseigenen Lichtquellenindustrie

B E R L I N E R G L Ü H L A M P E N W E R K

1017 Berlin

Dr. Hoffmann

1.	Einleitung	8
2.	Grundbegriffe und Einheiten	9
2.1.	Grundbegriffe	9
2.2.	Lichttechnische Einheiten und Kenngrößen	14
3.	Licht und Arbeitsproduktivität	17
4.	Vorbetrachtung zu Entladungslampen	22
5.	Leuchtstofflampen	23
5.1.	Aufbau der Leuchtstofflampen	23
5.2.	Strahlungserzeugung und Strahlungsumwandlung	23
5.3.	Betrieb der Lampen	24
5.3.1.	Aufgaben der Drossel	25
5.3.2.	Glimmstarter	25
5.3.3.	Startvorgang	26
5.4.	Leuchtstofflampentypen	27
5.4.1.	Elektrische Werte von NARVA-Leuchtstofflampen	28
5.4.2.	Hauptmaße der NARVA-Leuchtstofflampen	28
5.4.3.	Übersicht über Farbtypen	30
5.4.3.1.	Sortiment Standard-Lichtfarben	30
5.4.3.2.	Leuchtstofflampen mit besonders guter Farbwiedergabe – Typenreihe „de Luxe“	34
5.4.3.3.	Farbige Leuchtstofflampen	35
5.4.3.4.	Leuchtstofflampen Lumoflor	35
5.4.3.5.	Angaben zu den Farbtypen	36
5.4.4.	Kältefeste Leuchtstofflampen	42
5.4.5.	Umgebungstemperatur für Leuchtstofflampen	43
5.4.6.	Lebensdauer von Leuchtstofflampen	44
5.5.	Betriebsverhalten	44
5.5.1.	Netzspannungsänderungen	44
5.5.2.	Temperaturabhängigkeit des Lichtstroms	46
5.5.3.	Kältefestigkeit	46
5.5.4.	Stroboskopischer Effekt	47
5.6.	Energiebilanz	47
5.7.	Zubehör für Leuchtstofflampen	48
5.7.1.	Glimmstarter	48
5.7.2.	Induktive Vorschaltgeräte (Drosseln)	50
5.7.3.	Fassungen für Leuchtstofflampen	51
5.8.	Fehler an Leuchtstofflampen-Anlagen – Ursachen und Beseitigung	57
5.9.	Verringerung der Funkstörungen beim Betrieb von Leuchtstofflampen an Wechselspannung	61

5.10.	Allgemeine Installationshinweise für Leuchtstofflampen	63
5.11.	Keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Leuchtstofflampen und deren Licht	64
6.	Quecksilber-Hochdrucklampen	67
6.1.	Strahlungserzeugung	67
6.2.	Aufbau der Lampe	68
6.2.1.	Entladungsgefäß	68
6.2.2.	Außenkolben	69
6.2.3.	Socket	69
6.2.4.	Leuchtstoffschicht	70
6.3.	Bezeichnungen	71
6.4.	Lampendaten	71
6.4.1.	Elektrische Kennwerte	72
6.4.2.	Maßangaben und Socket	72
6.4.3.	Lichttechnische Werte	72
6.4.3.1.	Typenreihe HQA	72
6.4.3.2.	Typenreihe HQLS	73
6.4.3.3.	Typenreihe HQLG	74
6.4.3.4.	Typenreihe HQRS/HQRG	76
6.4.3.5.	Typenreihe HQKRG	79
6.5.	Vorschaltgeräte für Quecksilber-Hochdrucklampen	80
6.6.	Schaltung	83
6.7.	Betriebseigenschaften	84
6.7.1.	Anlaufperiode	84
6.7.2.	Wiederzündung	85
6.7.3.	Zündspannung	85
6.7.4.	Verlöschen	85
6.7.5.	Einfluß der Netzspannungsschwankungen	85
6.7.6.	Temperaturen an der Lampe	87
6.7.7.	Brennlage	88
6.7.8.	Lichtstromverhalten	88
6.8.	Lebensdauer	88
6.9.	Anwendungsgebiete der Quecksilber-Hochdrucklampen	88
7.	Metall-Halogenlampen	90
7.1.	Spektrum	90
7.2.	Ausführung der NARVA-Metall-Halogenlampen HQI	91
7.3.	Kennwerte	93
7.4.	Betriebsbedingungen und Zubehör	94
7.5.	Anwendungsgebiete	95
7.6.	Ausblick	95

8.	Wirtschaftlichkeitsvergleich	96
9.	Kompensation der induktiven Blindleistung beim Betrieb von Entladungslampen an Wechselspannung	96
9.1.	Rechnerische Ermittlung des Leistungsfaktors $\cos \varphi$	98
9.2.	Kompensationsarten	99
9.2.1.	Einzelkompensation	99
9.2.2.	Gruppenkompensation	99
9.2.3.	Zentralkompensation	100
9.2.4.	Gruppenkompensation in Drehströmanlagen	100
9.2.5.	Entladewiderstände für Kondensatoren	101
9.3.	Kondensatorwerte für Einzelkompensation	101
9.3.1.	Leuchtstofflampen	101
9.3.2.	Quecksilber-Hochdrucklampen	101
9.3.3.	Metall-Halogenlampen	102
10.	Belastung von Leuchtstofflampen-Stromkreisen	102
11.	Richtwerte für die Anlaufströme bei kompensierten Schaltungen für Quecksilber-Hochdrucklampen	103
12.	Leuchten	104
12.1.	Allgemeine Erläuterungen	104
12.2.	Leuchten für Leuchtstofflampen	107
12.2.1.	Kombinationsleuchten	107
12.2.2.	Flächenleuchten	111
12.2.3.	Feuchtigkeitsgeschützte Leuchten	112
12.2.4.	Staubgeschützte Leuchten	112
12.2.5.	Großraumtiefstrahler	113
12.2.6.	Shedleuchten	113
12.2.7.	Einbauleuchte für begehbare Zwischendecken	113
12.2.8.	Bildteil Leuchten für Leuchtstofflampen	114
12.3.	Leuchten für Quecksilber-Hochdrucklampen und Metall-Halogenlampen	119
12.3.1.	Tiefstrahler	119
12.3.2.	Lampenarmatur	120
12.3.3.	Hängeleuchten (Emailletiefstrahler)	121
12.3.4.	Vorschaltgeräte	121
12.3.5.	Straßenleuchten	122
12.3.5.1.	Ansatzleuchten mit Zweirichtungsspiegel	122
12.3.5.2.	Hängeleuchten mit Zweirichtungsspiegel	124
12.3.5.3.	Aufsatzleuchten	125

		126
12.3.6.	Gleisfeldleuchten	128
12.3.7.	Flutlichtscheinwerfer	129
13.	Innenraumbeleuchtung TGL 200-0617 Blatt 7	129
13.1.	Planungsunterlagen	129
13.2.	Beleuchtungssysteme	130
13.3.	Auswahl von Lampen und Leuchten	131
13.4.	Anforderungen an die Beleuchtungsgüte	131
13.4.1.	Beleuchtungsstärke	139
13.4.2.	Schattigkeit	140
13.4.3.	Örtliche Gleichmäßigkeit	141
13.4.4.	Zeitliche Gleichmäßigkeit	143
13.4.5.	Blendungsvermeidung	145
13.4.6.	Lichtfarbe und Farbwiedergabe	147
13.5.	Hinweise zur Innenraumbeleuchtung	147
13.5.1.	Industriebauten	148
13.5.2.	Büroraumbeleuchtung	149
13.5.3.	Verkaufsbeleuchtung	149
13.5.3.1.	Verkaufsraumbeleuchtung	150
13.5.3.2.	Schaufensterbeleuchtung	153
13.5.4.	Schulraumbeleuchtung	154
14.	Lichtarchitektonische Gestaltung	154
14.1.	Voutenbeleuchtung	154
14.2.	Leuchtende Decken	155
14.3.	Hohe Räume	156
14.4.	Durchleuchtete Flächen	157
14.5.	Ausleuchtung senkrechter Flächen	157
14.6.	Lichtgestaltung im Wohnraum	158
14.7.	Separate Anordnung von Vorschaltgeräten	160
15.	Straßenbeleuchtung	160
15.1.	Anforderungen des Straßenverkehrs an die Beleuchtung öffentlicher Verkehrswege	160
15.1.1.	Internationale Empfehlungen	163
15.1.2.	Beleuchtungsstärkewerte in der DDR nach TGL 200-0617 Blatt 9	164
15.2.	Kennwerte zur Straßenoberfläche	165
15.3.	Bauelemente der Straßenbeleuchtung	166
15.3.1.	Betonmaste	166
15.3.2.	Stahlrohrausleger	167
15.3.3.	Leuchten	167
15.3.4.	Quecksilber-Hochdrucklampen	167

15.4.	Anordnung der Leuchten	170
15.5.	Werkstraßen	172
15.6.	Industrielle Freiflächen	173
16.	Anstrahlung	174
16.1.	Beleuchtungsstärke	174
16.2.	Leuchten und Lampen	175
16.3.	Anordnung der Leuchten	175
17	Sportbeleuchtung	176
17.1.	Beleuchtungsstärke	176
17.2.	Lampen und Leuchten	178
17.3.	Flutlichtanlagen	178
18.	Wartung von Beleuchtungsanlagen	179
18.1.	Verminderungsfaktoren	179
18.2.	Reinigungsperioden	182
18.3.	Arten des Lampenwechsels	183
	18.3.1. Einzelauswechslung	183
	18.3.2. Gruppenauswechslung	184
19.	Beleuchtungsberechnung	186
19.1.	Wirkungsgradverfahren für Innenräume	186
	19.1.1. Berechnungsbeispiel für Leuchtstofflampen	189
	19.1.2. Berechnungsbeispiel für Quecksilber-Hochdrucklampen	190
19.2.	Wirkungsgradverfahren für die Straßenbeleuchtung	191
19.3.	Lichtstärkemethode für punktförmige Lichtquellen (Punktbeleuchtungsformel)	195
	19.3.1. Berechnungsbeispiel 1	197
	19.3.2. Berechnungsbeispiel 2	199
20.	Messung von Beleuchtungsanlagen	200
20.1.	Messung im Innenraum	200
20.2.	Messung von Außenbeleuchtungsanlagen	200
21.	Beleuchtungstabellen	203
22.	Winkel-Tabelle	215
23.	Anwendungsbeispiele	219
24.	Literaturverzeichnis	222

1. EINLEITUNG

Die letzte Schrift der Lampenindustrie zu Fragen der Anwendung von Entladungslampen stammt aus dem Jahre 1964. Die Fortschritte auf dem Gebiet der Lichttechnik, hervorgerufen durch neue Lampenarten und neue anwendungstechnische Erkenntnisse sowie das Inkrafttreten des Fachgrundstandards Beleuchtungstechnik TGL 200-0617 Blatt 1-9, haben zu einer völligen Überarbeitung der bisher bekannten Schrift geführt. Ausführlich wird das Programm der Entladungslampen abgehandelt, wobei deren Hauptanwendungsgebiete mit umrissen werden. Welche Bedeutung die Entladungslampen in der Beleuchtung der DDR haben, soll an Hand der folgenden Tabelle zum Lampenverkauf 1967 gezeigt werden.

Verteilung von Stückzahl, Lichtstrom und Lichtarbeit beim Lampenverkauf in der DDR 1967 auf drei Lampenarten

Lampenart	Stückzahl %	Anteil am Gesamtlicht- strom %	Anteil an der Gesamt- lichtarbeit %
Glühlampen bis 1500 W	91,2	74,8	30,7
Leuchtstofflampen	7,6	15,9	46,7
Quecksilber- Hochdrucklampen	1,2	9,3	22,6

Hierzu einige Erläuterungen:

Der Komplex Glühlampen bis 1500 W enthält alle Zweck- und Zierformlampen sowie Röhrenlampen, die die relative Stückzahlangabe nicht unwesentlich beeinflussen. Interessant an dieser Darstellung ist die Feststellung, daß beim Aufkommen an Lichtstrom und Lichtarbeit sich das Verhältnis stark zugunsten der Entladungslampen verschiebt, eine Tatsache, die sich aus den Faktoren der höheren Lichtausbeute und Lebensdauer gegenüber Glühlampen leicht erklären läßt. Für die Folgejahre wird eingeschätzt, daß neben einer stückzahlmäßigen Vergrößerung des Anteils der Entladungslampen auch die lichttechnisch-ökonomischen Parameter dieser Lampen sich verbessern werden.

2. GRUNDBEGRIFFE UND EINHEITEN

2.1. Grundbegriffe

Sichtbare Strahlung

Licht ist eine Form der elektromagnetischen Schwingungsenergie, die sich mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km/s im Raum ausbreitet.

Die sichtbare, vom Auge wahrnehmbare Strahlung liegt im Wellenlängenbereich von 380–780 nm (Nanometer = 10^{-9} m). Der Bereich der sichtbaren Strahlung wird nach unten durch die ultraviolette Strahlung (10–380 nm) und nach oben durch die infrarote Strahlung (780–100 000 nm) begrenzt. Sichtbare, ultraviolette und infrarote Strahlung gehören zur „optischen Strahlung“, für die die optischen Grundgesetze gelten.

Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad V_λ

Die Bewertung der sichtbaren Strahlung durch das Auge erfolgt je nach Wellenlänge verschieden. Dieser von der Wellenlänge abhängige Bewertungsfaktor heißt spektraler Hellempfindlichkeitsgrad V_λ (sprich: V_λ – lambda), wofür nach internationalen Vereinbarungen zwei Kurven festgelegt wurden, und zwar

1. Kurve für das Tagessehen V_λ
mit dem Maximum bei 555 nm
(die hauptsächlich verwendete Kurve)
2. Kurve für das Nachtsehen V'_λ
mit dem Maximum bei 507 nm

Einige Werte für den Verlauf dieser Kurven sind tabellarisch zusammengefaßt.

Wellenlänge (nm)	Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad	
	Tagessehen V_λ	Nachtsehen V'_λ
380	0,0000	0,000589
400	0,0004	0,00929
450	0,038	0,455
500	0,323	0,982
510	0,503	0,997
550	0,995	0,481
560	0,995	0,3288
600	0,631	0,03315
650	0,107	0,000677
700	0,0041	0,0000178
750	0,00012	0,0000007
780	0,000015	0,0000001

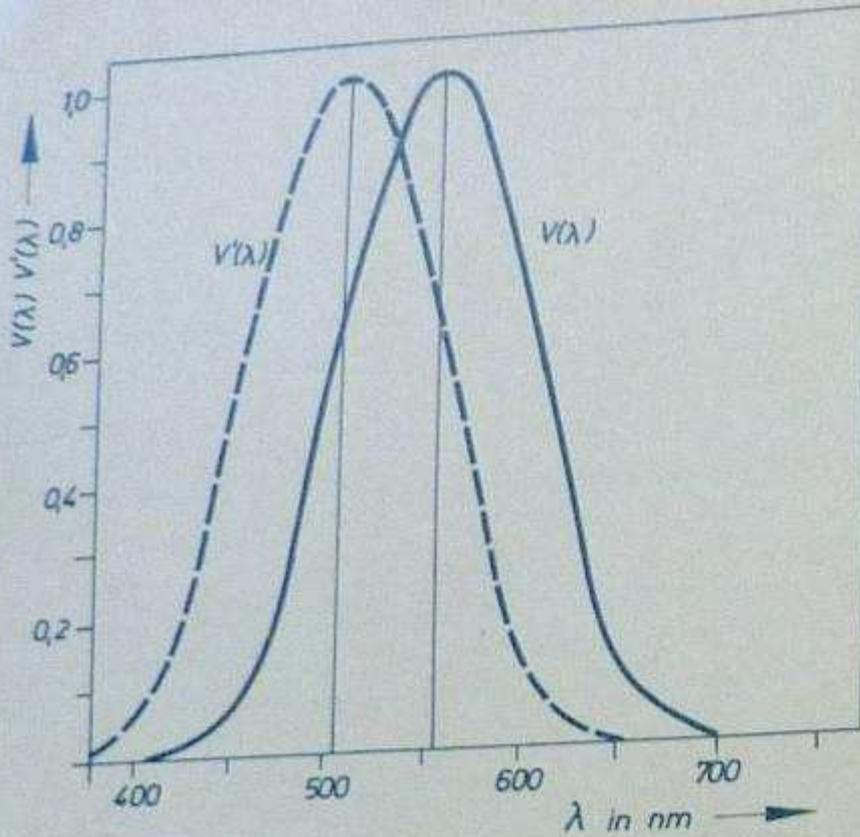


Abb. 2/1
Verlauf des spektralen Hellempfindlichkeitsgrades für das Tagessehen $V(\lambda)$ (hell adaptiertes Auge) und das Nachtsehen $V'(\lambda)$ (dunkel adaptiertes Auge)

Aus Tabelle und Kurve geht hervor, daß das dunkel adaptierte Auge für blaues Licht empfindlicher und für langwelliges Licht (über 600 nm) relativ unempfindlich ist. Diese Verschiebung des Empfindlichkeitsmaximums von 555 nm nach der kürzeren Wellenlänge 507 nm beim Nachtsehen und die daraus resultierenden Erscheinungen bezeichnet man als Purkinje-Effekt.

Wellenlänge und Farbempfindung

Die sichtbare Strahlung läßt sich in bestimmte Bereiche unterteilen, wobei die Strahlung eines solchen Wellenlängenbereiches eine bestimmte Farbempfindung hervorruft.

Wellenlänge (nm)	Farbempfindung
380–420	violett
420–495	blau
495–566	grün
566–589	gelb
589–627	orange

Adaptation

Adaptation bedeutet Anpassung des Auges an eine gegebene Helligkeit oder sich verändernde Helligkeitsbedingungen. Diese Anpassung geschieht durch Erweiterung bzw. Verengung der Pupille (Vergrößerung bzw. Verkleinerung des Pupillendurchmessers). Die Adaptation von dunkel auf hell erfolgt schneller als die Adaptation von hell auf dunkel; hierzu ergänzend die folgende Abbildung mit dem Verlauf beider Kurven.

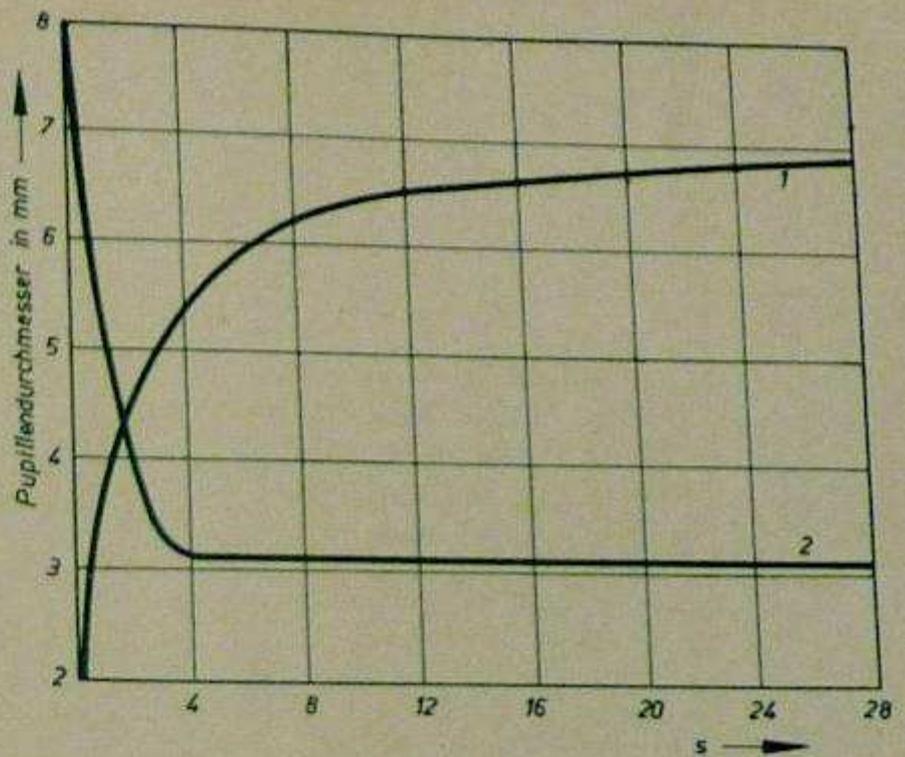


Abb. 2/2
 Öffnungs- und Schließ-
 vorgang der Pupille
 1 = Öffnungsvorgang
 2 = Schließvorgang

Wichtig ist in diesem Zusammenhang noch die Beziehung der Pupillenweite und der Beleuchtungsstärke, die aus der folgenden Beziehung hervorgeht.

$$D_p = -0.913 \lg E + 5.8.$$

Ergänzend hierzu noch die Abhängigkeit der Pupillenweite und der scheinbaren Fläche der Pupille von der Beleuchtungsstärke

Beleuchtungsstärke (lx) an der Pupille	0	0,1	1	10	100	1000	2500
Mittlere Pupillenweite (mm)	7.55	6.53	5.38	4.97	3.92	3.09	2.6
Scheinbare Fläche der Pupille	44,9	33,6	22,8	19,4	12,1	7,5	5,3

Die aus der Tabelle ersichtliche enorme Anpassungsfähigkeit des Auges an die Beleuchtungsstärke ist außerdem auch altersabhängig, d. h., sie nimmt mit zunehmendem Alter stark ab, was aus einer weiteren Darstellung hervorgeht.

Tabelle zur Veränderung des Pupillendurchmessers in Abhängigkeit vom Alter

Alter (Jahre)	Pupillendurchmesser (mm)	
	tags	nachts
20	4,7	8,0
40	3,9	6,0
60	3,1	4,1
80	2,3	2,5

Akkommodation

Akkommodation bedeutet die Anpassungsfähigkeit des Auges auf verschiedene Sehtfernungen durch eine Veränderung der Linsenkrümmung. Die Akkomodationsbreite ist einmal vom Alter abhängig sowie auch von der Leuchtdichte (Helligkeit). Zunehmende Leuchtdichte ist mit einer größeren Akkomodationsbreite verbunden.

Kontrastempfindlichkeit (Hell-Dunkel-Unterschiedsempfindlichkeit)

Wenn ein Sehding (Gegenstand) vom Auge wahrgenommen werden soll, so muß es sich gegenüber seiner Umgebung heller oder dunkler abheben (Hell-Dunkel-Unterschiedsempfindung bzw. Kontrastempfindlichkeit). Die Kontrastempfindlichkeit ändert sich mit der Leuchtdichte, in der die Unterschiede (Kontraste) auftreten. Sie steigt mit zunehmender Adaptationsleuchtdichte und wird reduziert durch Blendung (Relativblendung, d. h. zu große, gleichzeitig bestehende Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld).

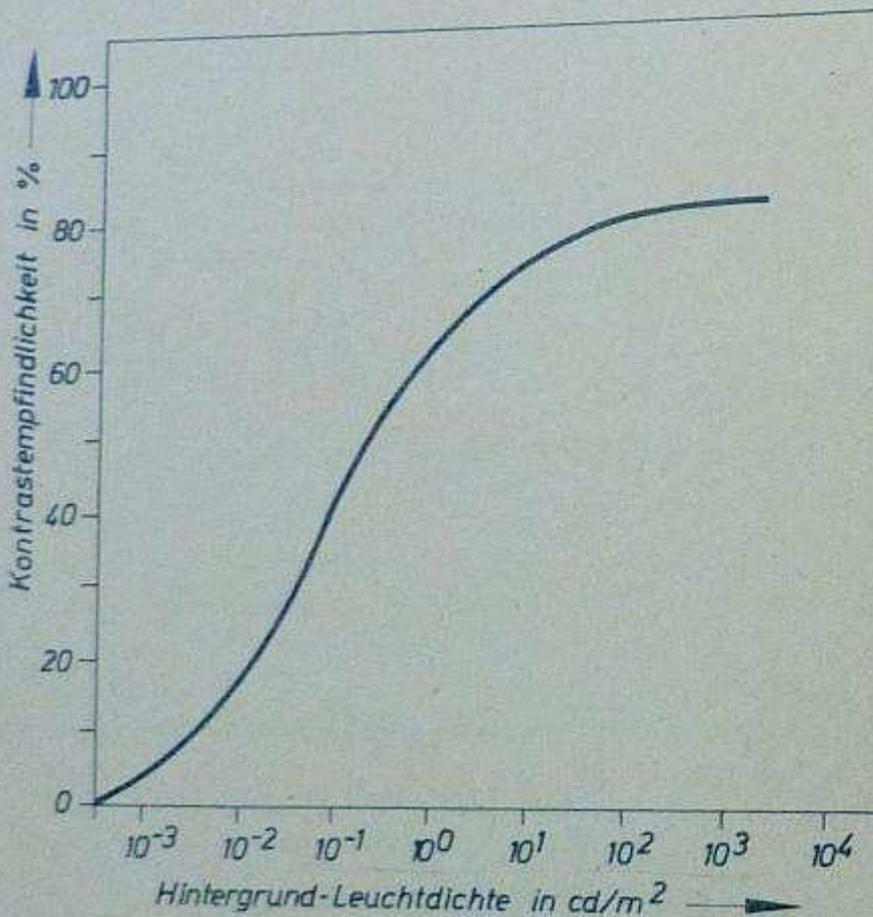


Abb. 2/3
Relative Kontrastempfindlichkeit in Abhängigkeit von der Leuchtdichte des Hintergrundes nach König und Brodhun.

Sehschärfe (Formenempfindlichkeit)

Sehschärfe beinhaltet das Vermögen des Auges, Einzelheiten voneinander getrennt wahrzunehmen. Sie wird beeinflusst durch die Qualität des Auges als optisches Instrument, die verfügbare Wahrnehmungszeit, den Kontrast, die Leuchtdichteverhältnisse sowie die Blendung.

Die Sehschärfe S kann man definieren als den reziproken Wert des Seh winkels α , unter dem das kleinste Detail dem Auge erscheint

$$S = 1/\alpha.$$

Aus den beiden folgenden Abbildungen geht der Einfluß der Hintergrundleuchtdichte sowie des Alters auf die Sehschärfe hervor.

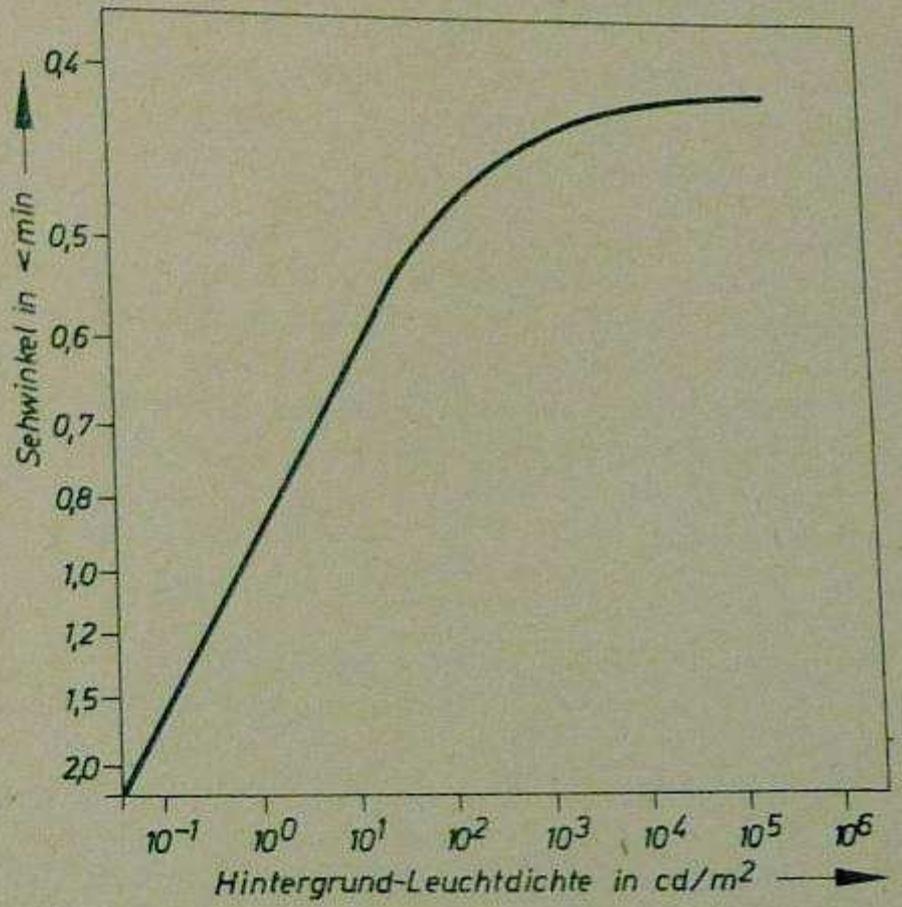


Abb. 2/4
Möglicher Sehwinkel in
Abhängigkeit von der
Leuchtdichte des
Hintergrundes

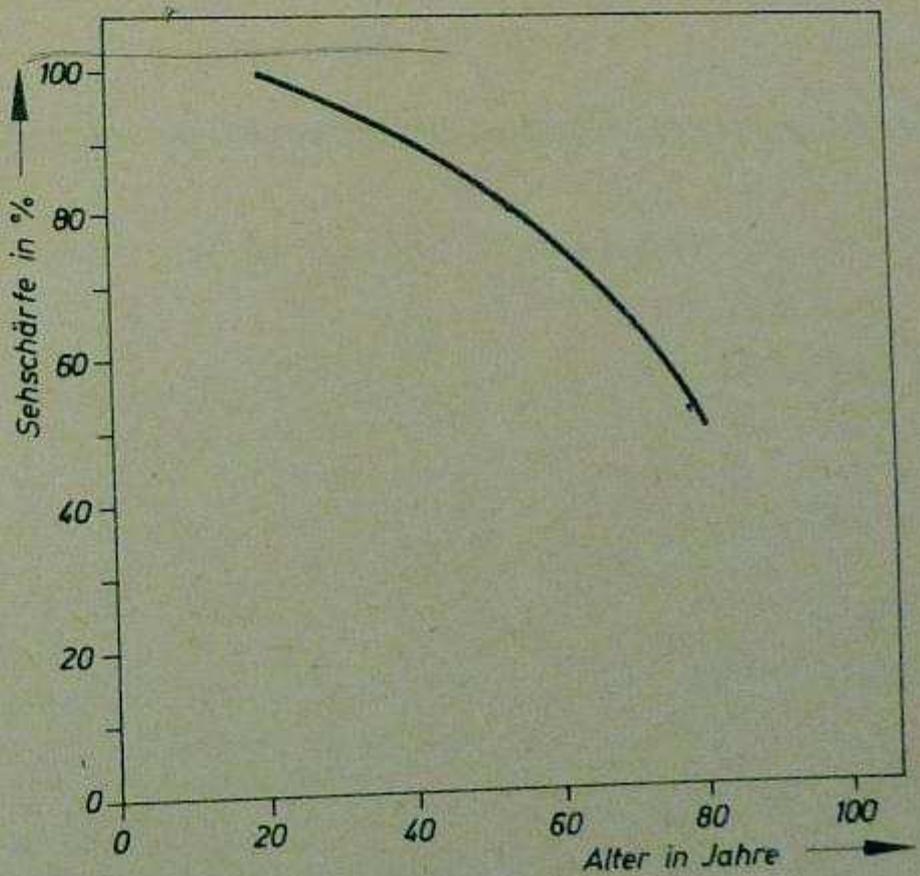


Abb. 2/5
Abhängigkeit der
Sehschärfe vom Alter

Wahrnehmungsgeschwindigkeit für Leuchtdichteunterschiede

Die Wahrnehmungsgeschwindigkeit ist um so größer, je größer der Unterschied der zu vergleichenden Leuchtdichten ist. Sie steigt mit der mittleren Leuchtdichte des Gesichtsfeldes bei gleichem relativem Unterschied der Leuchtdichte.
Für ein schwarzes Objekt auf weißem Hintergrund ist daher die Wahrnehmungsgeschwindigkeit größer als für ein schwarzes Objekt auf grauem Hintergrund.

Blendung

Mit der Blendung ist stets eine Herabsetzung der Sehleistung verbunden. Es ist daher verständlich, daß alle Beleuchtungsanlagen stets auch unter dem Kriterium der Blendung gesehen werden müssen.

Bei der Blendung unterscheidet man zwischen verschiedenen Arten, von denen einige nachstehend aufgeführt werden sollen:

- Adaptationsblendung: hervorgerufen durch plötzliche Änderungen der Leuchtdichte im Gesichtsfeld.
- Relativblendung: hervorgerufen durch zu große, gleichzeitig bestehende Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld.
- Absolutblendung: die Leuchtdichte ist so hoch, daß die Adaptionsfähigkeit des Auges überschritten wird.
- Direkte Blendung: durch Lichtquellen
- Indirekte Blendung: Blendung durch sich spiegelnde Lichtquellen

2.2. Lichttechnische Einheiten und Kenngrößen

Grundgrößen

Lichtstrom Φ

Als Lichtstrom bezeichnet man die von einer Lichtquelle abgestrahlte Leistung. In der Lichttechnik wird diese Leistung nicht in Watt, sondern in Lumen (Kurzzeichen lm) angegeben.

Einheit: 1 Lumen = 1 lm

Lichtausbeute $\eta = \frac{\Phi}{P}$

Mit Lichtausbeute wird die Leistungsfähigkeit einer Lichtquelle bezeichnet.

Die Lichtausbeute ist das Verhältnis des abgegebenen Lichtstromes der Lichtquelle zur zugeführten Leistung und hat die Dimension Lumen pro Watt (lm/W).

Die Angabe der Lichtausbeute bei Entladungslampen muß auch den Leistungsverlust im Vorschaltgerät berücksichtigen. Es sind daher auch zwei Angaben der Lichtausbeute üblich, und zwar:

1. Lichtausbeute ohne VG (hierbei ist nur der Wert der Lampe gemeint)
2. Lichtausbeute mit VG (Lampe einschließlich Vorschaltgerät)

Lichtmenge Q ; $Q = \Phi \cdot t$

Die Lichtmenge stellt die Arbeit im lichttechnischen Maßsystem dar, d. h., Lichtstrom \cdot Zeit = Arbeit.

Diese Angabe erfolgt in Lumenstunden (lmh) bzw. Megalumenstunden (Mlmh).

$$1 \text{ Mlmh} = 10^6 \text{ lmh}$$

Der Begriff der Lichtmenge wird sehr oft für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen verwendet.

Lichtstärke I ; $I = \frac{\Phi}{\omega}$

Die Strahlung einer Lichtquelle ist im allgemeinen nach verschiedenen Richtungen unterschiedlich. Als Lichtstärke bezeichnet man die von einer Lichtquelle ausgestrahlte Leistung, bezogen auf den durchstrahlten Raumwinkel ω . Die Lichtstärke wird in der Einheit Candela (cd) gemessen, wobei die Lichtstärkeeinheit durch ein Normal festgelegt ist.

Leuchtdichte L ; $L = \frac{I}{A}$

Die Leuchtdichte in einer bestimmten Richtung ist die Lichtstärkedichte der lichtabgebenden Fläche (Quotient aus Lichtstärke und Fläche).

Die Einheit der Leuchtdichte ist das Stilb (sb).

$$1 \text{ sb} = 1 \text{ cd/cm}^2$$

Zur Darstellung der Leuchtdichte von reflektierenden Flächen (z. B. Wände, Decken, Straßenflächen) ist die Einheit cd/cm^2 zu groß, man verwendet daher die kleinere Einheit cd/m^2 , die in folgender Beziehung zur ersteren steht:

$$1 \text{ cd/cm}^2 = 10^4 \text{ cd/m}^2$$

Bei Oberflächen mit vollkommen gestreuter Reflexion ist die Leuchtdichte, unter der sie dem Beobachter erscheint, unabhängig von der Beobachtungsrichtung und läßt sich nach der Beziehung

$$L = \frac{E \cdot \rho}{\pi} \text{ errechnen.}$$

Den Wert für L erhält man in cd/m^2 .

Beleuchtungsstärke E :
$$E = \frac{\Phi}{A}$$

Die Beleuchtungsstärke einer beleuchteten Fläche ist der Quotient aus dem auf die Fläche fallenden Lichtstrom und der Größe der Fläche.

Einheit: 1 Lux = 1 lx.

In einigen Ländern wird die Einheit der Beleuchtungsstärke mit Footcandela (fc) bezeichnet. Hieraus ergibt sich die Beziehung zur Einheit wie folgt:

$$1 \text{ fc} = 10,76 \text{ lx.}$$

Leuchtenwirkungsgrad η_L

Der Wirkungsgrad einer Leuchte ist das Verhältnis des aus der Leuchte austretenden Lichtstroms Φ_2 zu dem von der Lampe bzw. von den Lampen erzeugten Lichtstrom Φ_1 .

$$\eta_L = \frac{\Phi_2}{\Phi_1}$$

Diesen Wirkungsgrad bezeichnet man auch als den optischen Wirkungsgrad einer Leuchte.

Lichtverteilungskurve

Durch die Leuchte wird der Lichtstrom der nackten Lampe so gelenkt, daß er eine bestimmte räumliche Verteilung erfährt, gekennzeichnet durch die Lichtverteilungskurve.

Bei Darstellungen der Lichtstärkeverteilung einer Leuchte in der Lichtverteilungskurve ist es üblich, die Lichtstärke auf 1000 lm zu beziehen, so daß dann bei über 1000 lm liegenden Werten des Lichtstromes der in der Leuchte befindlichen Lampen mit einem entsprechenden Faktor multipliziert werden kann, um auf den absoluten Wert der Lichtstärke der Leuchte zu kommen.

Zusammengefaßt werden noch einmal in Form einer Tabelle die Beziehungen zwischen den lichttechnischen Größen und Einheiten dargestellt:

Größe	Beziehung	Einheit	Zeichen
Lichtmenge	Q	Lumenstunde	lmh
Lichtstrom	$\Phi = \frac{Q}{t}$	Lumen	lm
Lichtstärke	$I = \frac{\Phi}{\omega}$	Candela	cd
Leuchtdichte	$L = \frac{I}{A}$	Candela je Quadratcentimeter bzw. sb Candela je Quadratmeter	cd/cm ² sb cd/m ²
Beleuchtungsstärke	$E = \frac{\Phi}{A}$	Lux	lx
Raumwinkel	$\omega = \frac{A}{r^2}$	Steradian	sr
Lichtausbeute	$\eta = \frac{\Phi}{P}$	Lumen pro Watt	lm/W

3. LICHT UND ARBEITSPRODUKTIVITÄT

In den letzten Jahren sind im wesentlichen im verstärkten Maße international Untersuchungen darüber erfolgt, welchen Einfluß eine Steigerung des Beleuchtungsniveaus auf die Arbeitsleistung des Menschen zeigt. In allen Fällen brachte die Anhebung des Beleuchtungsniveaus eine Steigerung der Arbeitsleistung sowie ein Zurückgehen von Ermüdung und fehlerhafter Arbeit. Vielfach wurde durch die Verbesserung der Beleuchtungsverhältnisse sogar eine Verbesserung des Betriebsklimas geschaffen.

Die Untersuchungen ergaben, daß die zur Leistung des Menschen erforderlichen äußeren Leistungsbedingungen sehr stark von der Beleuchtung beeinflußt werden. Ungenügende Beleuchtung des Arbeitsplatzes bewirkt eine vorzeitige Ermüdung der Augenmuskeln und führt letztlich zu einer zeitigen Ermüdung. Diese zu gestaltenden

äußeren Leistungsbedingungen beeinflussen natürlich auch sehr stark die Leistungsbereitschaft des Menschen. Ein hell gestalteter Arbeitsraum übt einen ganz anderen Einfluß aus auf den Menschen als ein schlecht gestalteter. Bedenkt man weiterhin noch, daß der Mensch einen großen Teil des Tages sich im Arbeitsprozeß befindet, so ist es geradezu eine Forderung, den Arbeitsraum so annehmlich wie möglich zu gestalten, wozu schließlich eine gute, ausreichende und zugleich anregende Beleuchtung gehört.

Aus einigen Arbeiten wird in der nachfolgenden Zusammenstellung auf die erreichte Steigerung der Arbeitsleistung hingewiesen als Ergebnis der Verbesserung der Beleuchtungsstärke. Bei den Versuchen handelt es sich um solche, die über einen längeren Zeitraum geführt wurden.

Längerdauernder Arbeitstest mit Ermüdung

Autor	Testarbeit	Steigerung der Beleuchtung in Lux		Leistungssteigerung in %
		von	auf	
Stuge-Licht	Kameramontage	370	1000	7,4
	Montage fernmeldetechnischer Erzeugnisse	300	1000	5,0
	Lederstanzerei	350	1000	7,6
	Meßgeräteproduktion	300	1100	6,0
	Dreherei	300	1000	9,0
	Herstellung feiner Lederwaren	350	1000	7,6
	Perlenaufziehen	100	1000	5,5
Kotova	Aussuchen (sehr fein)			
	Wände hell	150	1500	43
	Wände dunkel	150	1500	41,5
	Wände dunkel	150	2300	46,6
Simonsen und Brozek	Buchstaben erkennen	100	1000	9,0
Goldstern und Putnoky	Weben			
	fein	150	1500 (1000)	11,4 (5,0)
	Fäden hell	150	2080	12,4
	sehr fein	150	1500 (1000)	14,2 (4,0)
	Fäden dunkel	150	2300	15,3
Khek	Lochkartenstelle und Kontrolleinrichtung	35	600	11,7
	Maschinenhalle, Drehen	30	250	10,0
Stuge-Licht	Lerntätigkeit in Schulen (18 untersuchte Klassen)	90	550	7,7 (Mittelwert)

Schneider definiert in einer Arbeit die optimale Beleuchtungsstärke wie folgt: „Die optimale Beleuchtungsstärke für die Arbeit ist derjenige Bereich der Beleuchtungsstärken, bei dem unter Berücksichtigung aller Anforderungen an die Güte der Beleuchtung der menschliche Organismus in einem gegebenen Zeitabschnitt der Arbeit die größte Leistung bei geringster Ermüdung aufweist.“
 Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Einfluß der Beleuchtung auf die Arbeitsleistung in verschiedenen Varianten.

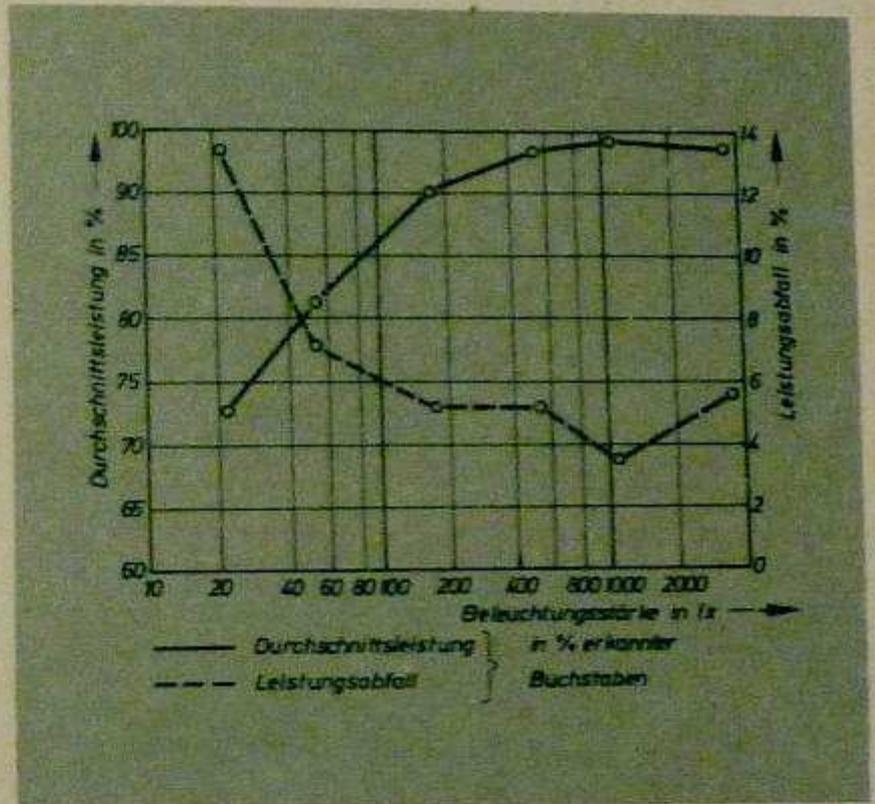


Abb. 3/1
 Durchschnittsleistung
 und Leistungsabfall beim
 Lesen von Buchstaben

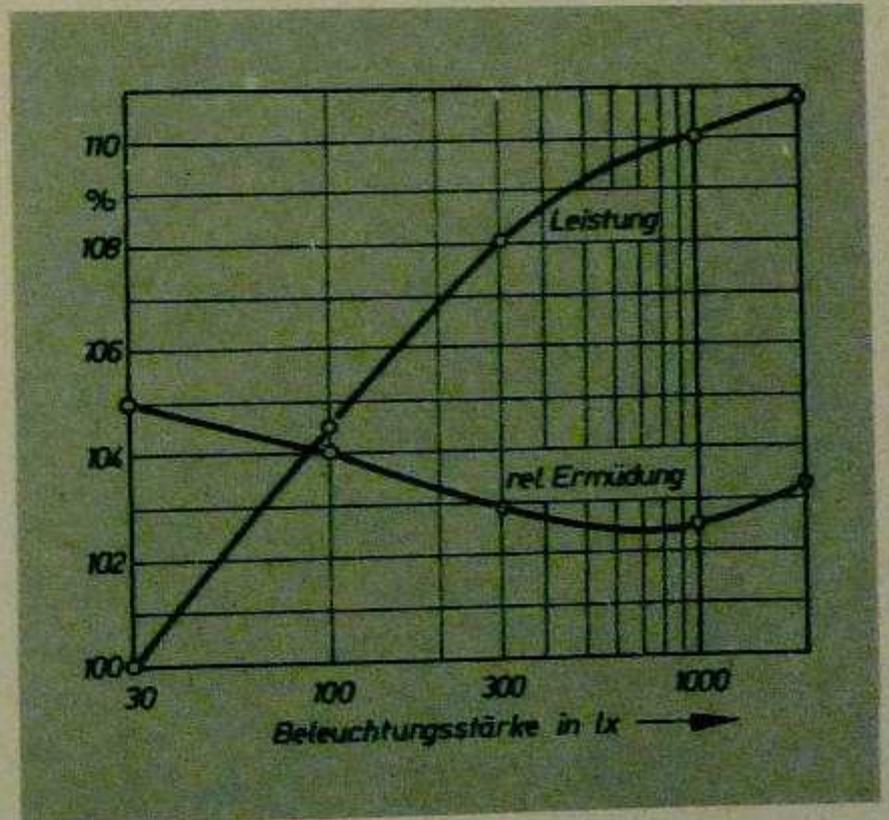


Abb. 3/2
 Leistung und Ermüdung
 beim Perlenaufziehen

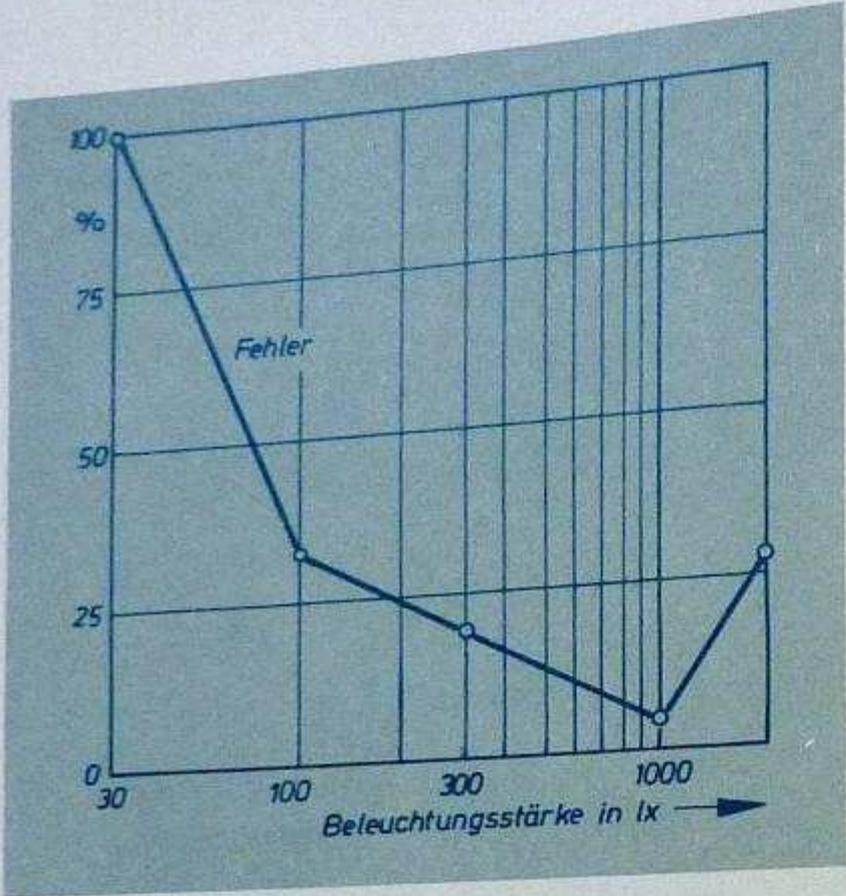


Abb. 3/3
Fehlerverlauf beim
Perlenschnurziehen

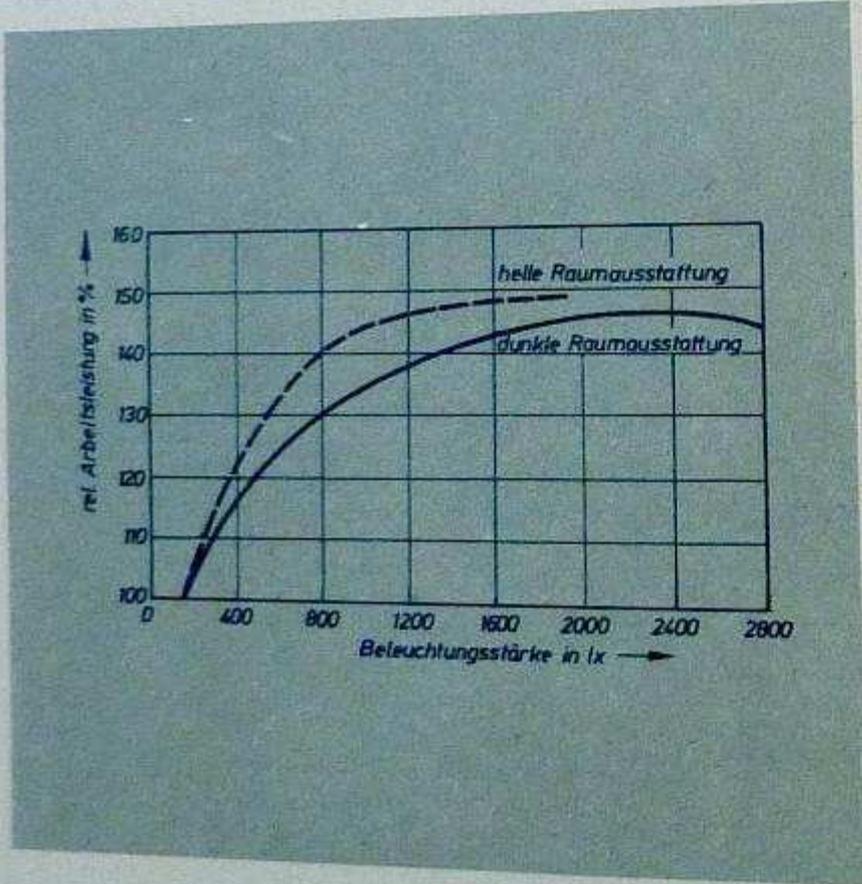


Abb. 3/4
Arbeitsleistung bei
gleichmäßiger und
ungleichmäßiger
Leuchtdichteverteilung

Abb. 3/5
 Zunahme des
 Webstuhlwirkungsgrades
 und Abnahme der
 Ausbesserungskosten bei
 verschiedenen
 Beleuchtungsstärken
 (ursprünglich 150 lx)

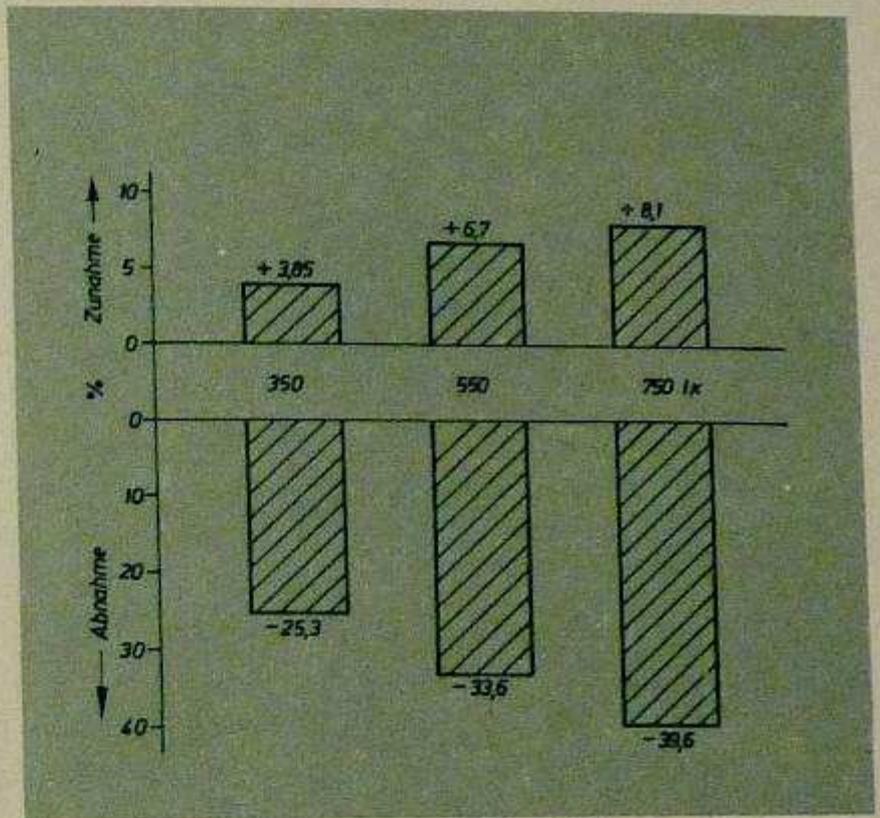
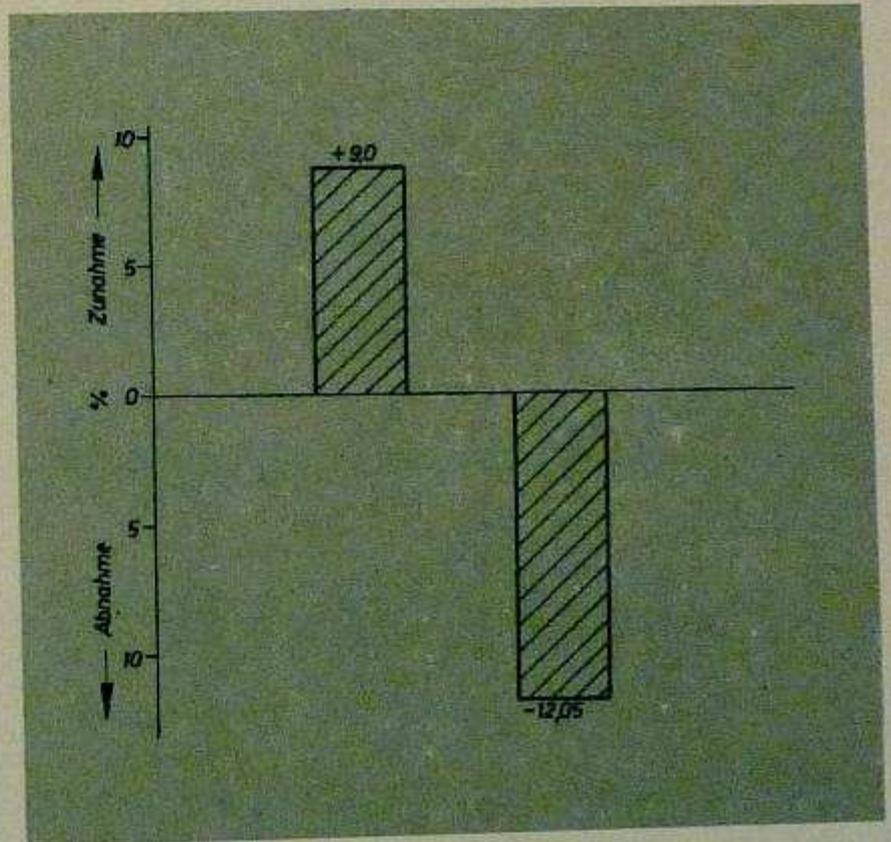


Abb. 3/6
 Zunahme der
 Garnproduktion und
 Abnahme des
 fehlerhaften Garns
 bei 450 lx
 (ursprünglich 150 lx)



Zusammenfassend läßt sich sagen, daß eine zehnfache Steigerung des Beleuchtungsniveaus am Beispiel

100 auf 1000 lx
150 auf 1500 lx

folgende Werte der Leistungszunahme bewirken kann:

mittelfeine Arbeiten	5– 6,0%
feine Arbeiten	9–12,5%
sehr feine Arbeiten	ca. 15,5%

Verallgemeinert man diese Angaben, so kann gesagt werden, daß eine Anhebung des Beleuchtungsniveaus auf 1000 lx eine Leistungssteigerung von 5–10% bewirkt, wobei die Mehrausgaben für die neue Beleuchtung um ein Vielfaches durch das höhere Arbeitsergebnis ausgeglichen werden.
Faßt man die Vorteile guter Beleuchtung am Arbeitsplatz zusammen, so kann man nennen:

- Steigende Arbeitsproduktivität
- Größere Genauigkeit, bessere Qualität
- Bessere Raumnutzung durch übersichtliche Anordnung der Arbeitsplätze
- Bessere hygienische Verhältnisse
- Geringere Augenermüdung, angenehmes Sehen auch für ältere Personen
- Erhöhte Sicherheit durch Verringerung der Unfallhäufigkeit
- Besseres Arbeitsklima

4. VORBETRACHTUNG ZU ENTLADUNGSLAMPEN

Mit Entladungslampen werden solche Lichtquellen bezeichnet, wo durch Stromfluß durch ein Gas oder Metalldampf infolge der Anregung dieser Atome eine Strahlung entsteht. Die entstehende Strahlung ist abhängig von der Art des eingebrachten Gases bzw. des Metalldampfes sowie auch von den Druckverhältnissen im Entladungsgefäß.

Die zur Atomanregung notwendigen Elektronen liefert die bei den verschiedenen Entladungslampen unterschiedlich ausgebildete Elektrode, wobei auch noch in der Entladung selbst Elektronen durch den Ionisierungsvorgang gebildet werden. Die physikalischen Eigenschaften der Entladung erfordern zur Strombegrenzung und Stabilisierung ein Vorschaltgerät. In Wechselspannungsnetzen verwendet man

hierzu vornehmlich eine Drosselspule, die mit geringen Eigenverlusten behaftet ist. Als Hauptvertreter der Entladungslampen sind Leuchtstofflampen und Quecksilber-Hochdrucklampen zu nennen, die nachfolgend behandelt werden. Weiterhin werden in der vorliegenden Schrift die neuen Metall-Halogenlampen einer Betrachtung unterzogen.

5. LEUCHTSTOFFLAMPEN

Leuchtstofflampen sind röhrenförmige Niederdruck-Quecksilberdampf-Entladungslampen, die über ein Vorschaltgerät am Wechselspannungsnetz betrieben werden. Die Typenreihe umfaßt die Leistungsstufen 8, 13, 20, 25, 40, 65 und 120 W. Neben dieser Variation in den Leistungstypen gibt es noch die Variationsmöglichkeiten mit den Lampenformen (z. B. Stabform, U-Form usw.).

5.1. Aufbau der Leuchtstofflampen

Einen wichtigen Bestandteil der Leuchtstofflampen bilden die an den Seiten eingefügten Elektroden, die aus einer Wolfram-Doppelwendel bestehen, wobei diese mit Erdalkalioxiden (Gemisch) funktionsbedingt bedeckt ist (aktivierte Elektrode). Dieses Erdalkalioxidgemisch ist weiterhin noch zum Zweck der Stabilisierung mit dem Oxid einer seltenen Erde versehen.

Ein die Wendel umgebender Schutzring soll dem Absetzen des Oxides am Kolben und damit der Schwärzung entgegenwirken, welches als Folgeerscheinung des Zerstäubens bzw. des Verdampfens auftritt. Die Füllung der Lampe erfolgt mit Quecksilber und mit Argon (einige Torr), wobei letzteres zur Zündung und zur Verringerung der Zerstäubung dient.

5.2. Strahlungserzeugung und Strahlungsumwandlung

In der Leuchtstofflampe wird durch die Anregung der Quecksilberatome zunächst ein Linienspektrum erzeugt, welches fast ausschließlich im kurzwelligen UV-Gebiet liegt. Man spricht daher auch von der hauptsächlich erzeugten Resonanzlinie 253,7 nm (254 nm) sowie der hierzu etwas schwächeren von 184,9 nm (185 nm). Weitaus schwächer und für den Gesamtlichtstrom ohne größere Bedeutung ist die Linienstrahlung im sichtbaren Gebiet des Spektrums 404,7/407,8, 435,8, 491,6, 546,1 und 577/579 nm, wobei die Intensität mit größer werdender Wellenlänge stark abnimmt.

Die mit ca. 90% der Gesamtstrahlung sehr starke Linienstrahlung 253,7 nm im UV-Gebiet wird durch die an der Innenwand des Glaskolbens haftenden Leuchtstoffe in eine gewünschte sichtbare Strahlung umgewandelt, wobei durch die jeweilige

Zusammensetzung der Leuchtstoffe die Vielfalt der Lichtfarben erreicht wird. So werden z. B. für die Standardlichtfarben ausschließlich Halophosphate verwendet.

Je nach den verwendeten Leuchtstoffen erhält man folgende Lichtfarben:

Lichtfarben für Beleuchtungszwecke	Warmton Weiß Tageslicht Weiß de Luxe Warmton de Luxe
------------------------------------	--

Lichtfarben für Effektbeleuchtung	Rot Grün Blau
-----------------------------------	---------------------

Typ für Spezialbeleuchtung (Pflanzenbeleuchtung)	Lumoflor.
--	-----------

Durch das Lampenglas und den Leuchtstoff erfolgt eine restlose Absorption der kurzwelligeren UV-Strahlung, so daß ein Austritt und damit eine mögliche Einflußnahme auf unser Sehorgan nicht gegeben ist.

5.3. Betrieb der Lampen

Der Betrieb der Leuchtstofflampe erfordert bestimmte Zusatzeinrichtungen, deren Funktion erläutert werden soll.

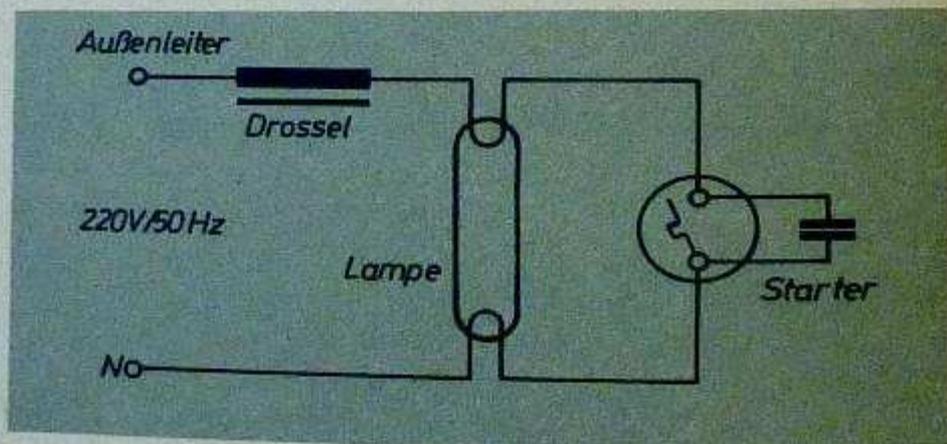


Abb. 5/1 Grundschialtung einer Leuchtstofflampe mit induktivem Vorschaltgerät (Drossel) in asymmetrischer Ausführung

Jedem Lampentyp muß der entsprechende Drosseltyp zugeordnet werden, d. h., Lampen mit verschiedenen Werten des Lampenstromes erfordern verschiedene Drosseln. Selbstverständlich können Lampen mit verschiedenen Lichtfarben aber sonst gleichen elektrischen Daten mit demselben Vorschaltgerät betrieben werden. Bei Verwendung einer nicht zur Lampe passenden Drossel ergibt sich eine stark verringerte Lampenlebensdauer bzw. sogar ein sofortiger Ausfall der Lampe.

5.3.1. Aufgaben der Drossel

1. Eingrenzung des Vorheizstromes in der Einschaltperiode
2. Lieferung des Induktionsspannungsstoßes (≥ 400 V) zum Durchzünden der Lampe
3. Strombegrenzung auf einen festgelegten Wert beim Betrieb der Lampe (dieser Wert wird u. a. auch von den Netzspannungsschwankungen beeinflusst).



Abb. 5/2F Drossel für
Leuchtstofflampe, 8 W,
asymmetrische Wicklung,
Ausführung
Fa. Kahlert KG



Abb. 5/3F Drossel für
Leuchtstofflampe 20 W
asymmetrische Wicklung,
Ausführung Elektrobau
Oschatz KG

5.3.2. Glimmstarter

Der zur Zündung der Leuchtstofflampe hauptsächlich verwendete Starter ist der Glimmstarter. Der Glimmstarter besteht aus dem Glimmzünder und dem parallel geschalteten Kondensator, wobei letzterer die Zündimpulshöhe beeinflusst und die Funkstörung beim Einschaltvorgang unterdrückt. Das entscheidende Bauelement des Glimmstarters ist der Glimmzünder, der folgende Funktionen hat:

1. Ausreichendes Vorheizen der Lampenelektroden
2. Schnelles Aufreißen des Kontaktes zur Erzielung des Induktionsspannungsstoßes
3. Sofortige Betriebsbereitschaft.

Über die Eigenschaften der neuen Glimmstarter wird unter dem Kapitel „Zubehör für Leuchtstofflampen“ berichtet. Die nachstehenden Abbildungen zeigen den Glimmstarter sowie seine Bauelemente.



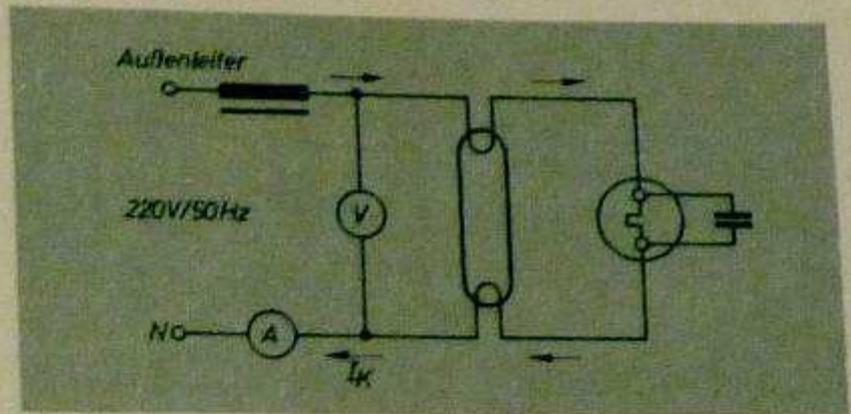
Abb. 5/4F Glimmstarter
St 1

5.3.3. Startvorgang

Für die entsprechend der Grundschialtung angeordnete Leuchtstofflampe ergibt sich folgender Ablauf des Startvorganges.

Die beiden Lampenelektroden sind über den Starter beim Einschalten hintereinander geschaltet, wobei zunächst ein Glimmstrom von einigen Milliampere das Bimetall des Glimmzünders bis zum Kontaktschluß erwärmt. Dadurch ist der Stromkreis geschlossen, und die Vorheizung der Lampenelektroden beginnt, wobei die Vorheizung durch den Kurzschlußstrom der Drossel begrenzt wird. Inzwischen kühlt sich jedoch auf Grund der erloschenen Glimmentladung der Bimetallstreifen wieder ab, und der Kontakt reißt auf. Dadurch wird infolge des Zusammenbruches des Drosselmagnetfeldes ein Spannungsstoß hervorgerufen, der die Entladungsstrecke durchzündet. Die zuvor aufgeheizten Lampenelektroden stellen der Entladung sofort eine genügende Menge von Ladungsträgern zur Verfügung, so daß die Entladung auch bei Netzspannung bestehenbleibt und die Lampe nunmehr brennt. Die Lampenspannung liegt dann unter der Netzspannung und der Ruhespannung des Glimmstarters (bzw. des Glimmzünders). Bei nicht sofortiger Durchzündung der Lampe tritt der Glimmzünder erneut in Funktion.

Abb. 5/5
Stromverlauf im
Leuchtstofflampenkreis
in der Vorheizperiode

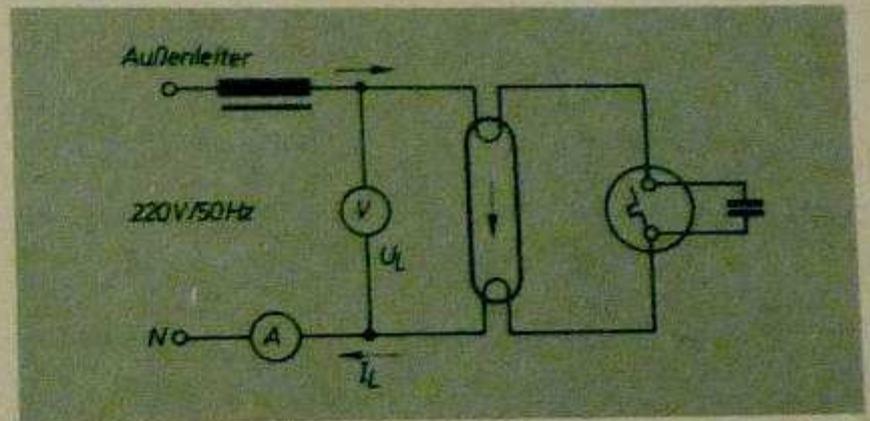


$$I_K \sim 1,5 I_L$$

I_K = Kurzschlußstrom
der Drossel

I_L = Lampenstrom

Abb. 5/6
Stromverlauf nach
der Zündung der
Lampe bzw. im Betrieb



$$U_L \sim 0,3 U_B \text{ bei Leuchtstofflampen 8 und 20 W}$$

$$U_L \sim 0,5 U_B \text{ bei Leuchtstofflampen 13, 25, 40, 65 und 120 W}$$

U_L = Lampenspannung

U_B = Betriebsspannung (Netzspannung).

5.4. Leuchtstofflampentypen

Leuchtstofflampen werden in verschiedenen Ausführungen, wie Leistungstypen, Lichtfarben und Formen angeboten. Den lichttechnischen Werten werden zunächst tabellarisch einige Übersichten über die elektrischen Werte der Lampen über die hauptsächlichsten Maße derselben vorangestellt.

Anmerkung: Typ 25 W Stabform Importerzeugnis



5.4.1. Elektrische Werte von NARVA-Leuchtstofflampen

Leistungstyp	Leistungsaufnahme W		Lampenstrom A	Lampenspannung V
	Lampe	Lampe + VG		
8 W	8	14	0,165	58 ± 8
13 W	13	19	0,170	98 ± 8
20 W	20	31	0,37	57 ± 7
25 W	25	33	0,29	94 ± 10
40 W	40	50	0,43	103 ± 10
65 W	65	78	0,67	110 ± 10
120 W	120	144	1,5	95 ± 10

VG = bedeutet induktives Vorschaltgerät (Drossel)

5.4.2. Hauptmaße der NARVA-Leuchtstofflampen

Typenreihe 8 und 13 W

Leistungstyp	Durchmesser mm <i>d</i>	Länge ohne Stifte mm <i>l</i>	Gesamtlänge mm Größtmaß
8 W	16	288	302,4
13 W		517	531,0

Typenreihe Stabform 20–120 W

Leistungstyp	Durchmesser mm <i>d</i>	Länge ohne Stifte mm <i>l₁</i>	Gesamtlänge mm Größtmaß <i>l₂</i>
20 W	38	590	604,0
25 W		970	984,3
40 W		1200	1213,5
65 W		1500	1514,3
120 W		1500	1514,3

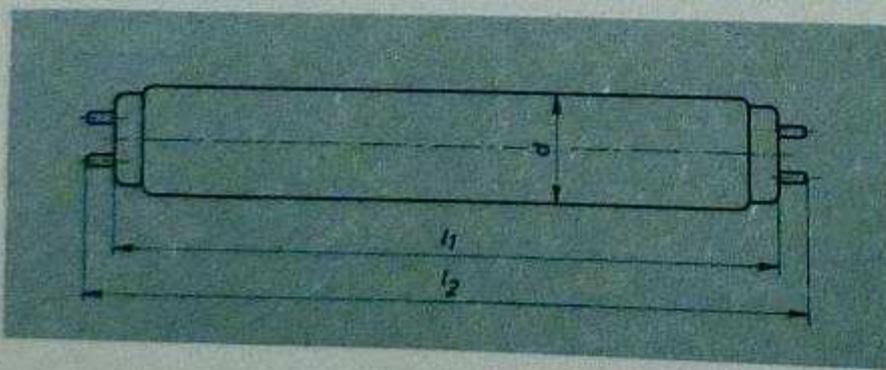


Abb. 5/7
Leuchtstofflampen
Stabform

Typenreihe U-Form, alte Ausführung 25 und 40 W,
Auslauftyp, nur für Ersatzbestückung!

Leistungstyp	Gesamtbreite mm	Mittenmaß mm	Länge ohne Stifte mm
25 W	99	58 + 2	410
40 W	99	58 + 2	525

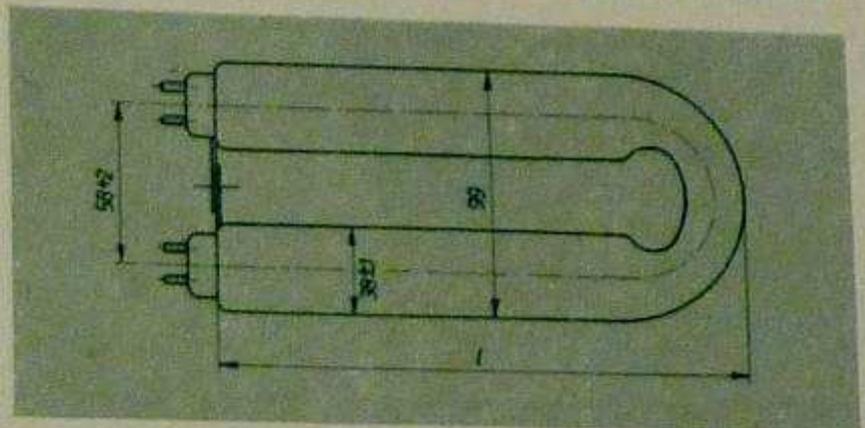


Abb. 5/8
Leuchtstofflampe
U-Form, alte Ausführung

Typenreihe U-Form, neue Ausführung 40 und 65 W.
International austauschbar

Leistungstyp	Gesamtbreite mm	Mittenmaß mm	Länge ohne Stifte mm <i>l</i>
40 W	132	92 ± 2	610
65 W	132	92 ± 2	765

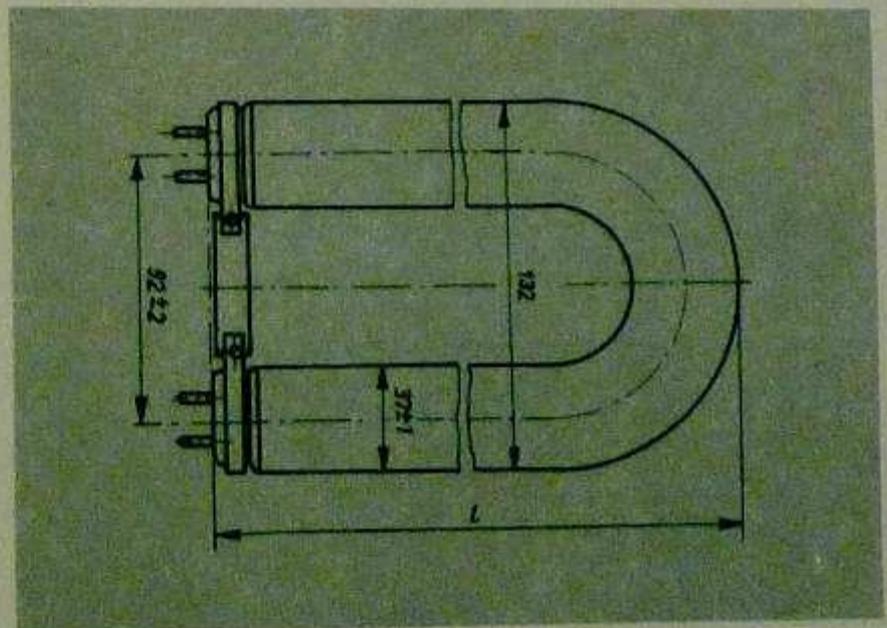


Abb. 5/9
Leuchtstofflampe U-Form,
neue Ausführung.

5.4.3. Übersicht über Farbtypen

Für Beleuchtungszwecke umfaßt das Sortiment die Lichtfarben

- Warmton
- Weiß
- Tageslicht
- Weiß de Luxe
- Warmton de Luxe

Für Dekorationszwecke und Effektbeleuchtung kommen die Farbtypen

- Blau
- Grün
- Rot

in Frage.

Weiterhin befindet sich noch eine Spezial-Leuchtstofflampe für Pflanzenanzucht und Aquarien im NARVA-Programm als Typ

- Lumoflor.

5.4.3.1. Sortiment Standard-Lichtfarben

Zur Gruppe der Standard-Lichtfarben gehören 3 Farbtypen, die farbmetrisch den IEC-Empfehlungen entsprechen. Den Farbtypen ist neben ihrer Bezeichnung auch eine Lichtfarbennummer zugeordnet.

Bezeichnung	Lichtfarbennummer	bisher bekannte Bezeichnungen
Tageslicht	10	Tageslicht Tageslicht-Spezial
Weiß	20	Weiß Weiß-Spezial
Warmton	30	Warmton

Standard-Lichtfarben gibt es im NARVA-Sortiment als Lampen

- Stabform LS
- U-Form LU (alte Ausführung)
- U-Form LUn (neue Ausführung)

Zulässige Toleranz des Lichtstroms – 10%

Standard-Lichtfarben Stabform LS

Typenreihe mit 38 mm \varnothing

Diese Typenreihe 20–65 W ist dominierend im gesamten Sortiment, wobei vorrangig 40 und 65 W sich im Einsatz sowie in der Projektierung befinden.

Lichttechnische Kennwerte		Lampentyp		
		LS 20	LS 40	LS 65
Lichtstrom lm				
Tageslicht	10	820	2100	3340
Weiß	20	950	2800	4300
Warmton	30	975	2600	4000
Lichtausbeute lm/W				
Tageslicht	10	41	52,5	51,4
Weiß	20	47,5	70	66,2
Warmton	30	48,7	65	61,5
Lichtausbeute mit VG lm/W				
Tageslicht	10	26,4	42	42,8
Weiß	20	30,6	56	55,2
Warmton	30	31,4	52	51,3

Typenreihe 8 und 13 W mit 16 mm \varnothing

Leuchtstofflampen in den Leistungsstufen 8 und 13 W bilden eine wertvolle Ergänzung des bisher bekannten Sortiments der Leuchtstofflampen in Stab- und U-Form. Die kleinen Abmessungen bieten den Vorteil eines universellen Einsatzes bei Einbauten, wo für die Anordnung von Lampen wenig Platz zur Verfügung steht. Für Anordnungen in Vitrinen, Verkaufsautomaten und Schaukästen sind diese Lampen gut geeignet. In Wohnräumen ergeben sich vorteilhafte Anordnungen in Verbindung mit Wandleuchten sowie bei Spiegeln.

Lichttechnische Kennwerte	Lampentyp	
	LS 8	LS 13
Lichtstrom lm		
Warmton 30	350	700
Lichtausbeute lm/W		
Warmton 30	43,7	53,8
Lichtausbeute mit VG lm/W		
Warmton 30	25	36,8

Leuchtstofflampe 120 W

Zur Typenreihe der Standard-Lichtfarben mit dem Lampendurchmesser 38 mm gehört noch der Typ 120 W. Die Anwendung der Leuchtstofflampe 120 W erfolgt vornehmlich in den Räumen, wo durch vereinzelt Lichtpunkte ein höheres Beleuchtungsniveau erreicht werden soll. Es handelt sich um eine ausgesprochene Lampe für Industriebeleuchtung. Durch den Einsatz von Leuchtstofflampen 120 W wird für ein vorgegebenes Beleuchtungsniveau, vergleichend mit Leuchtstofflampen 40 und 65 W, eine geringere Lampenzahl und auch Leuchtanzahl benötigt, womit niedrigere Anlagenkosten gegeben sind. Ein wesentlicher Einsatz der Leuchtstofflampe 120 W dürfte für Räume mit niedriger Umgebungstemperatur bestehen (Kühlhäuser, Getränke Keller, Tunnel). Während Leuchtstofflampen der Leistungsstufen 20 bis 65 W bei niedrigeren Umgebungstemperaturen (um $+5^{\circ}\text{C}$) bereits Lichtausbeutewerte in der Größenordnung von Glühlampen erreichen und somit lichttechnisch gesehen unökonomisch arbeiten, ist bei der 120-W-Leuchtstofflampe ein höherer Lichtausbeutewert zu erwarten, da die niedrigere Umgebungstemperatur eine Reduzierung der hohen Lampentemperatur bewirkt, womit letzten Endes eine höhere Strahlungsausbeute gegeben ist.

Lichttechnische Kennwerte	Lampentyp LS 120
Lichtstrom lm Weiß 20	5400
Lichtausbeute lm/W Weiß 20	37,5
Lichtausbeute ohne VG lm/W Weiß 20	45

Auslauftyp



Typenreihe U-Form LU (alte Ausführung, nur für Ersatzbestückung bestehender Anlagen)

25 und 40 W

Lichttechnische Kennwerte	Lampentyp	
	LU 25	LU 40
Lichtstrom Im		
Weiß 20	1180	1990
Warmton 30	1230	2080
Lichtausbeute Im/W		
Weiß 20	47,2	49,7
Warmton 30	49,2	52
Lichtausbeute mit VG Im/W		
Weiß 20	35,8	39,8
Warmton 30	37,3	41,5

Lichtfarbe Tageslicht auf Anfrage.

Typenreihe U-Form LUn (neue Ausführung mit international festgelegten Maßen)

Leuchtstofflampen U-Form kommt eine besondere Bedeutung zu. Sie bieten auf Grund ihrer Abmessungen einen hohen Lichtstromwert bei geringem Raumbedarf.

40 und 65 W

Lichttechnische Kennwerte	Lampentyp	
	LUn 40	LUn 65
Lichtstrom Im		
Weiß 20	2200	3400
Warmton 30	2200	3400
Lichtausbeute Im/W		
Weiß 20	55	52,4
Warmton 30	55	52,3
Lichtausbeute mit VG Im/W		
Weiß 20	44	43,6
Warmton 30	44	43,6

5.4.3.2. Leuchtstofflampen mit besonders guter Farbwiedergabe – Typenreihe „de Luxe“

Bei Leuchtstofflampen ist es in der großen Typenreihe der Farbtypen für Beleuchtungszwecke möglich, Lampen mit gewissermaßen entgegengesetzten Zielen zu fertigen, und zwar:

1. Leuchtstofflampen mit hoher Lichtausbeute
2. Leuchtstofflampen mit besonders guter Farbwiedergabe

Leuchtstofflampen, deren Farbwiedergabe als besonders gut angesehen werden kann, werden in ihrer Typenreihe international mit „de Luxe“ bezeichnet. Hier wird jedoch die besondere Betonung der Farbwiedergabe durch einen reduzierten Lichtausbeutewert gegenüber den Standard-Lichtfarben erkauft. Dieses resultiert im wesentlichen aus der Anhebung der warmen Farbtonkomponenten der Strahlung, die außerhalb des Maximums der Kurve des Hellempfindlichkeitsgrades liegen. Die Typenreihe „Weiß de Luxe“ eignet sich besonders für die verschiedenartigsten Verkaufsräume, repräsentative Büroräume, Speiseräume usw.

Sortiment Weiß de Luxe Stabform LS mit 38 mm Ø
Weiß de Luxe 21 (Lichtfarbennummer)
40 und 65 W

Lichttechnische Kennwerte	Lampentyp	
	LS 40	LS 65
Lichtstrom lm	1900	3000
Lichtausbeute lm/W	47,5	46,1
Lichtausbeute mit VG lm/W	38,00	38,5

Eine weitere „de Luxe“-Farbe ist die Lichtfarbe Warmton de Luxe mit der Lichtfarbennummer 31. Es handelt sich hierbei um einen Farbtyp mit guten Farbwiedergabeeigenschaften für Wohnräume, Restaurants und gesellschaftliche Bauten. Die warme Lichtfarbe eignet sich gut zur Schaffung einer behaglichen Wohnatmosphäre auch in Verbindung mit Glühlampen.

Sortiment Warmton de Luxe Stabform LS mit 38 mm Ø
Warmton de Luxe 31 (Lichtfarbennummer)
40 und 65 W

Lichttechnische Kennwerte	Lampentyp	
	LS 40	LS 65
Lichtstrom lm	1900	3000
Lichtausbeute lm/W	47,5	46,1
Lichtausbeute mit VG lm/W	38,0	38,5

5.4.3.3. Farbige Leuchtstofflampen

Vielfach ist diese Gruppe der Leuchtstofflampen unbekannt. Farbige Leuchtstofflampen eignen sich hervorragend zur Erzielung von Effekten und können so stimmungsfördernd sein bei Veranstaltungen, in Restaurants und Bars. Weiterhin kann man diese Lampen mit Erfolg auch zur Schaufenster- und Verkaufsräumebeleuchtung einsetzen und somit eine Aufmerksamkeitssteigerung erreichen.

Auch lassen sich bei der Anordnung in Fenstern eindrucksvolle Gebäudebetonungen im nächtlichen Straßenbild erzielen, wobei im Wechsel die entsprechenden Farben eingesetzt werden können. Farbige Leuchtstofflampen sind darüber hinaus auch hervorragend für die indirekte Beleuchtung geeignet.

Die farbigen Leuchtstofflampen entsprechen in ihren Abmessungen und elektrischen Daten den normalen Leuchtstofflampen und werden so mit den gleichen Vorschaltgeräten und in den gleichen Fassungen betrieben. Somit ist ein beliebiges Auswechseln gegeben. Im NARVA-Sortiment befinden sich in der Leistungsstufe 40 W die 3 farbigen Ausführungen

	Lichtfarbnummer
Blau	91
Grün	92
Rot	93

5.4.3.4. Leuchtstofflampen Lumoflor

Zu der Vielzahl der Arbeiten über die Ertragssteigerung bei Pflanzenkulturen gehören seit einigen Jahren auch solche, die speziell den Einfluß des Lichtes betreffen. Man fand heraus, daß neben den Einflußfaktoren wie Bodenbeschaffenheit, Feuchtigkeit, Temperatur usw. auch das Licht eine bedeutende Rolle spielt. Zielgerichtete Untersuchungen ergaben, daß für die meisten Kulturen eine differenzierte Zusatzbelichtung zur Ertragssteigerung und auch zu früheren Ernteterminen führt. Dabei geht es nicht schlechthin um Licht, sondern um Licht spezieller Zusammensetzung. Die genaue Kenntnis von der Wirkung der Strahlung auf die Pflanze führte zu solchen Lichtquellen, die hauptsächlich im Bereich 400–500 nm (blau) sowie 600–700 nm (rot) des sichtbaren Spektrums arbeiten.

Eine derartige Lampe entspricht daher hinsichtlich ihrer Strahlungsausendung dem Wirkungsspektrum der Chlorophyllsynthese.

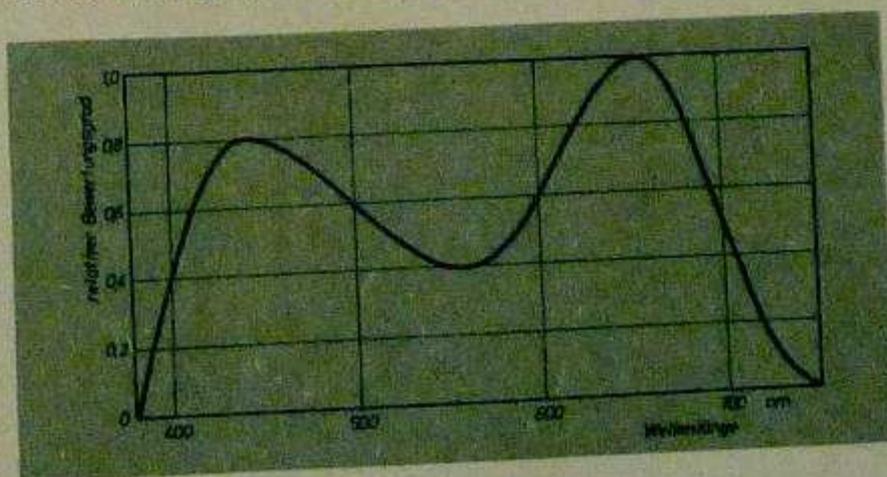


Abb. 5/10
Wirkungsspektrum der
Chlorophyllsynthese

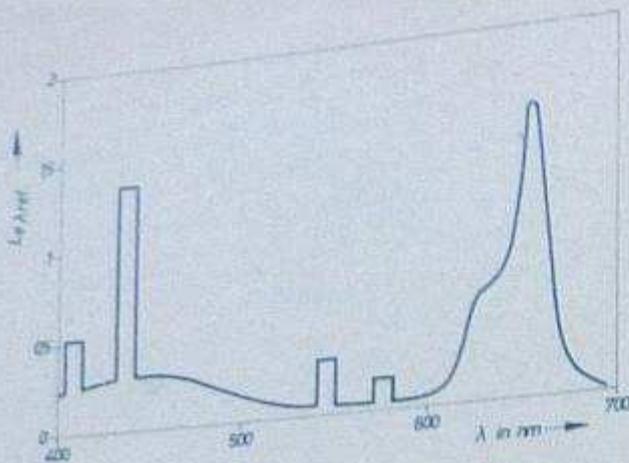


Abb. 5/11
Relative spektrale Strahldichte-
verteilung der Lumoflor-Lampe.

Vergleicht man mit anderen in der Pflanzenbeleuchtung bisher üblichen Lichtquellen, so ergibt sich, daß die Lumoflor-Lampe den höchsten Strahlungsfluß in den pflanzenwirksamen Spektralbereichen besitzt, wenn man auf gleiche Leistungsaufnahme der zu vergleichenden Lichtquellen bezieht.

Hauptanwendungsgebiete

- Gartenbau (Jungpflanzenanzucht)
- Pflanzenbestrahlung im Wohnraum
- Bestrahlung von Pflanzen im Terrarium.

Ein besonderes Einsatzgebiet ist auch die Aquaristik. Durch die spezifische Strahlung der Lampe sind gute Voraussetzungen für das Gedeihen der Wasserpflanzen gegeben, auch besonders dann, wenn der Tageslichteinfall für das Becken gering ist. Im Vergleich zu anderen Lichtquellen läßt sich u. a. eine Verringerung der Lichtperiode (notwendige Beleuchtungszeit) erreichen. Auch lassen sich wunderbare Farbeffekte bei Fischen durch den hohen Anteil an roter und blauer Strahlung der Lumoflor-Lampe erzielen.

Das Sortiment umfaßt die Stabformtypen 20, 40 und 65 W mit der Lichtfarbennummer 80.

5.4.3.5. Angaben zu den Farbtypen

Lichtfarbe und ähnlichste Farbtemperatur

Das Sortiment der Leuchtstofflampen für Beleuchtungszwecke umfaßt verschiedene Farbtypen für die unterschiedlichsten Aufgaben in der Innenraumbeleuchtung, wobei folgende Richtwerte der ähnlichsten Farbtemperatur genannt werden.

Farbtyp	Lichtfarbennummer	Ähnlichste Farbtemperatur °K (Richtwert)
Tageslicht	10	6600
Weiß	20	4200
Weiß de Luxe	21	4100
Warmton	30	2850
Warmton de Luxe	31	2900

Bei der Anwendung der Farbtypen ist zu beachten, daß entsprechend einem von Kruithof gefundenen Zusammenhang die Beleuchtungsstärke um so höher gewählt werden muß, je höher die Farbtemperatur der verwendeten Lichtquelle ist, d. h. je höher deren Blauanteil an der Gesamtstrahlung ist. Diesem Umstand muß entsprochen werden, wenn nicht der beleuchtete Raum fahl wirken soll.

Den Zusammenhang zwischen der Beleuchtungsstärke und der Farbtemperatur gibt die Behaglichkeitskurve nach Kruithof wieder. Danach liegt der behagliche Bereich jeweils zwischen zwei Werten der Beleuchtungsstärke (oberer und unterer Wert) für eine entsprechende Farbtemperatur.

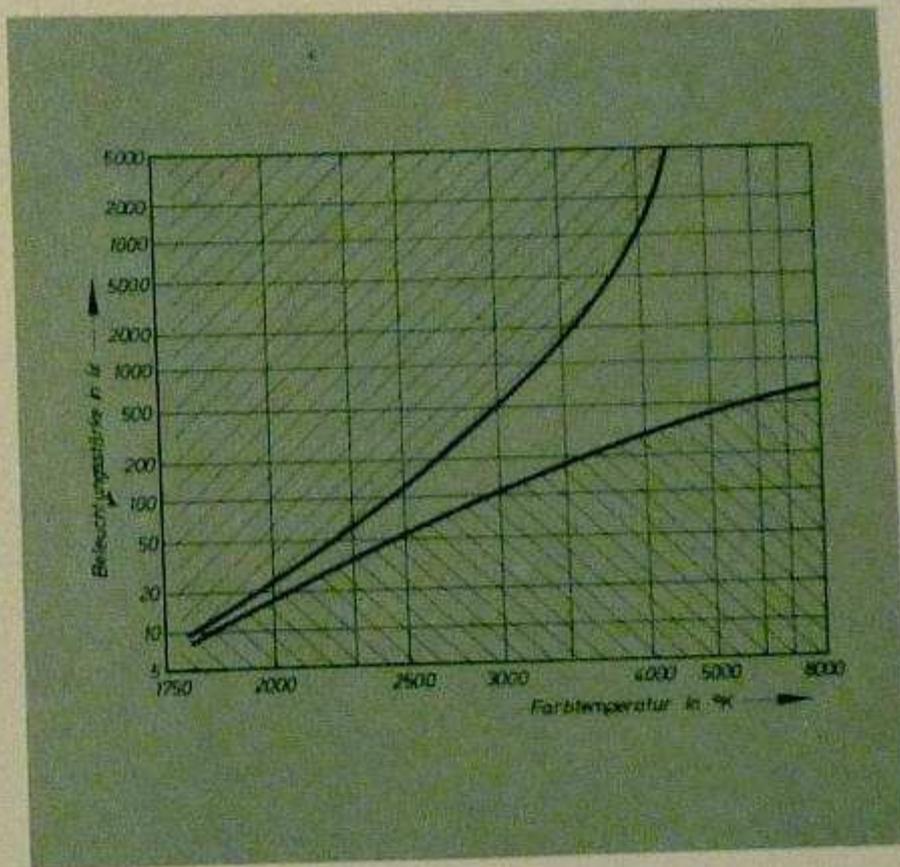


Abb. 5/12
Behaglichkeitskurve
nach Kruithof

Aus dieser Kurve geht auch hervor, daß zu einem niedrigen Beleuchtungsniveau eher eine warme Lichtfarbe paßt als eine kalte. Werden Leuchtstofflampen vom Farbtyp Tageslicht eingesetzt, so sind Beleuchtungsstärkewerte von mindestens 800 lx erforderlich, damit der Raum als angenehm beleuchtet empfunden wird. Für die meisten Beleuchtungsaufgaben wird jedoch der Farbtyp Weiß verwendet. Dieser Farbtyp besitzt eine hohe Lichtausbeute und für viele Anwendungsgebiete eine gute Farbwiedergabe.

Im folgenden wird eine Übersicht über die Strahlungsfunktion der verschiedenen Farbtypen gegeben. Diese Angaben in relativer Darstellung für den Bereich 400 bis 700 nm sind nur orientierender Art. Sie geben jedoch einen guten Überblick für Vergleiche zwischen den einzelnen Farbtypen, so z. B., wie sich die Strahlung in den einzelnen Teilbereichen verhält.

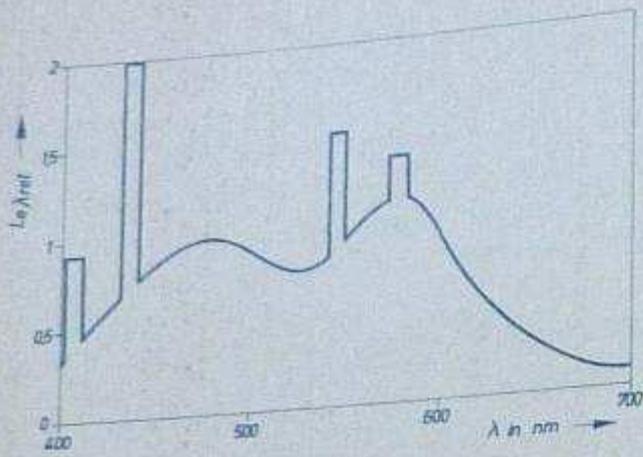


Abb. 5/13
Relative spektrale
Strahldichteverteilung
einer Leuchtstofflampe
Tageslicht

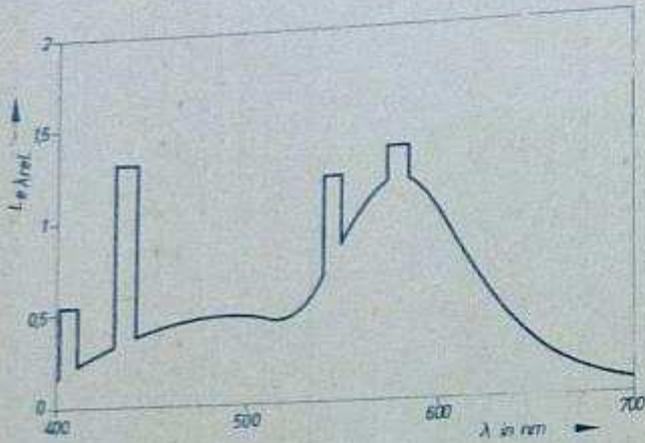


Abb. 5/14
Relative spektrale
Strahldichteverteilung
einer Leuchtstofflampe
Weiß

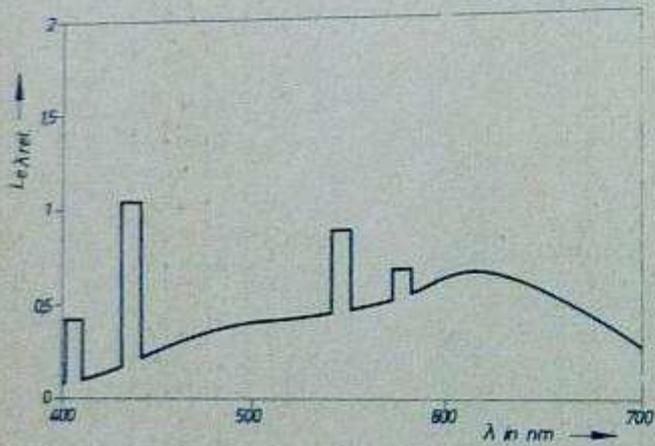


Abb. 5/15
Relative spektrale
Strahldichteverteilung
einer Leuchtstofflampe
Weiß de Luxe

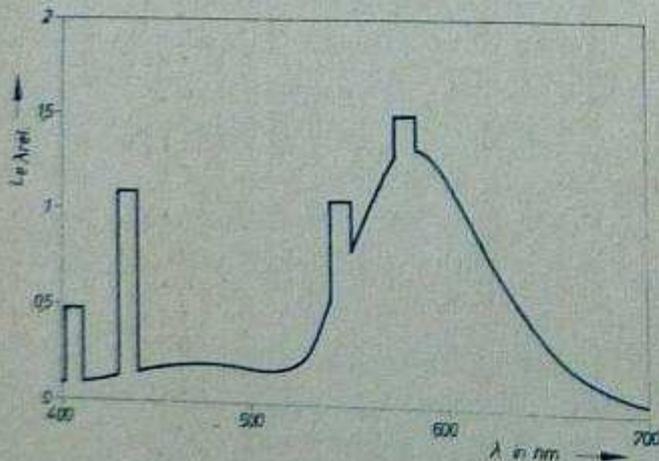


Abb. 5/16
Relative spektrale
Strahldichteverteilung
einer Leuchtstofflampe
Warmton

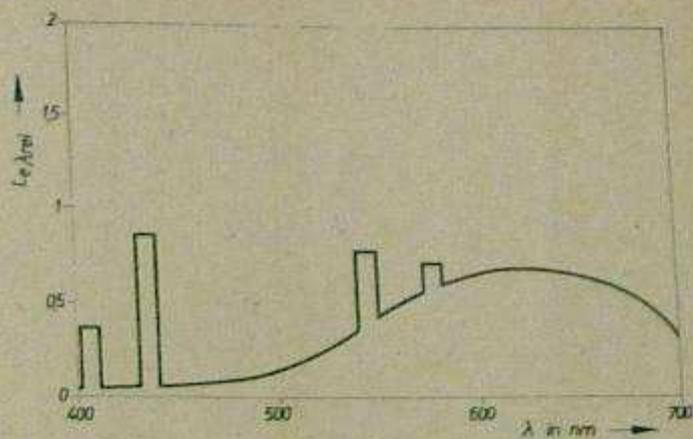


Abb. 5/17
Relative spektrale
Strahldichteverteilung
einer Leuchtstofflampe
Warmton de Luxe

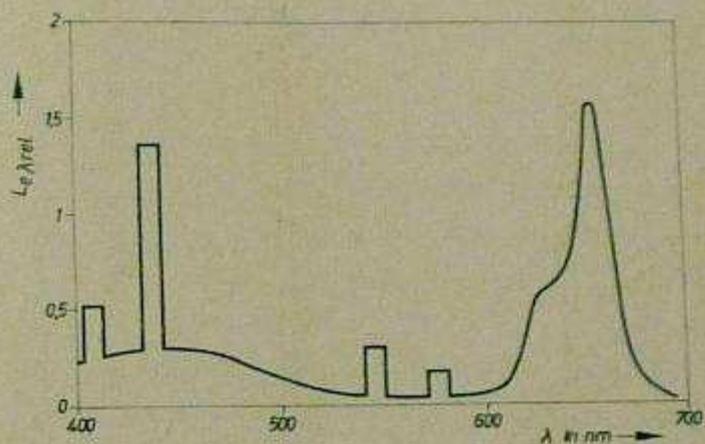


Abb. 5/18
Relative spektrale
Strahldichteverteilung
einer Leuchtstofflampe
Lumoflor

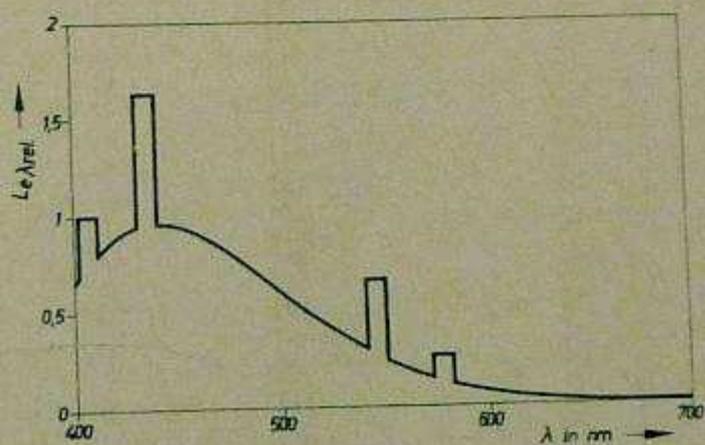


Abb. 5/19
Relative spektrale
Strahldichteverteilung
einer Leuchtstofflampe
Blau

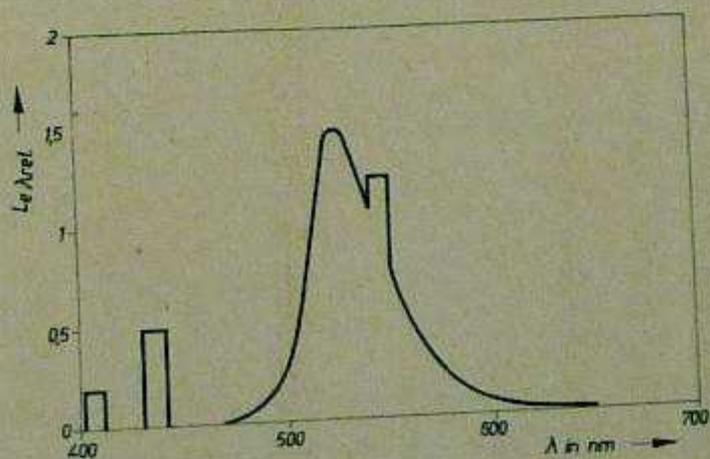


Abb. 5/20
Relative spektrale
Strahldichteverteilung
einer Leuchtstofflampe
Grün

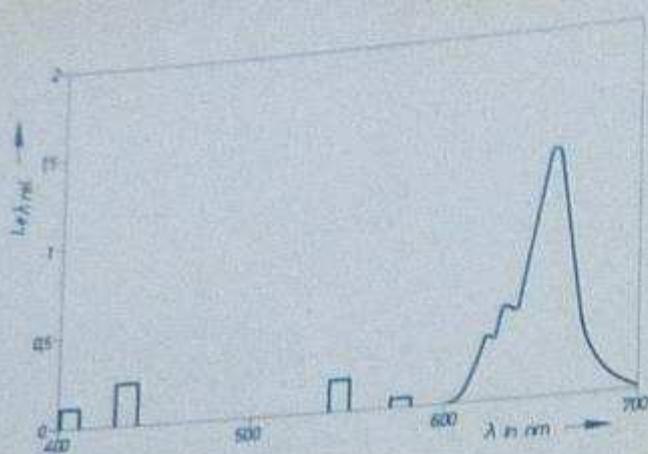


Abb. 5/21
Relative spektrale
Strahldichte-
verteilung
einer Leuchtstofflampe
Rot

Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Lichtfarbe und Farbwiedergabe sind zwei grundsätzlich verschiedene Begriffe. So können z. B. zwei Lampen mit weißer Lichtfarbe die Farben eines beleuchteten farbigen Gegenstandes unterschiedlich wiedergeben je nach der Zusammensetzung des weißen Lichtes. Die Farbe eines Gegenstandes ist demnach sehr stark abhängig von der Strahlungsfunktion der Lampe.

Während Standard-Lichtfarben (speziell Warmton und Weiß) auf ein Optimum an Lichtausbeute bei zufriedenstellender Farbwiedergabe ausgerichtet sind, sind die de-Luxe-Typen bei besonderer Betonung der „warmen“ Farbkomponenten durch eine sehr gute Farbwiedergabe gekennzeichnet, wobei allerdings die Lichtausbeute dieser Lampe dann geringere Werte ausweist. Dennoch liegt die Lichtausbeute dieser de-Luxe-Typen wesentlich über der Lichtausbeute von Glühlampen, so daß ihr Einsatz auch von der wirtschaftlichen Seite her gerechtfertigt ist.

Die Farbwiedergabeeigenschaften werden neuerdings nach dem allgemeinen Farbwiedergabe-Index R_a gekennzeichnet. Hierfür werden einige orientierende Werte (Richtwerte) genannt.

Den höchsten Wert von R_a weist der Typ Weiß de-Luxe auf, der durch seine hervorragenden Farbwiedergabeeigenschaften sich eines zunehmenden Einsatzes erfreut, speziell in der Verkaufsraumbeleuchtung. Bei diesem Farbtyp verbindet sich die als

Farbtyp	Lichtfarbennummer	Allgemeiner Farbwiedergabe-Index R_a
Tageslicht	10	72
Weiß	20	67
Weiß de-Luxe	21	88
Warmton	30	49
Warmton de-Luxe	31	79

angenehm empfundene weiße Lichtfarbe mit der Eigenschaft betont guter Farbwiedergabe. Auch für die Wohnraumbeleuchtung (besonders in der Küche) ist dieser Farbtyp zu empfehlen.

Bei der Auswahl von Lichtfarben der Lampen sollte man möglichst bei Neugestaltung des Raumes die Anstrichfarben auf die verwendete Lichtfarbe abstimmen. Das geschieht so, indem man die Farbprobe unter dem Licht der später verwendeten Lampen betrachtet und u. U. das Mischungsverhältnis der Farben variiert.

Anwendungshinweise für die Farbtypen

Für eine gute Beleuchtung eines Raumes ist die Lichtfarbe von großer Bedeutung. Sie beeinflusst u. a. das Farbklima des Raumes und auch das farbliche Aussehen der Gegenstände.

Für einige Anwendungsgebiete werden einige Hinweise zur Wahl der Lichtfarbe der Leuchtstofflampen gegeben.

Anwendungsgebiet	Farbtyp			
	Warmton 30	Weiß 20	Weiß de Luxe 21	Tageslicht 10
Verwaltung				
Büroraum		x	x	
Repräsentativer Raum			x	
Speiseraum		x	xx	
Nebenräume		x		
Industrie				
Elektrobetriebe		x		
Feinmechan. Betriebe		x		
Spinnerei, Weberei, Wäscherei		x		x
Färberei				
Walzwerke, Gießerei		x		
Papierverarbeitung		x		
Holzbearbeitung		x		
Graphisches Gewerbe		x		
Zeichensaal		x		
Lager		x		
Verkauf				
Lebensmittel		x	xx	
Backwaren		x	xx	
Fleischwaren			x	
Obst, Gemüse		x	xx	
Konfektion		x	xx	x
Wäsche		x	xx	
Drogerie, Apotheke		x	x	
Hausrat		x	x	
Möbel		x	xx	
Glas, Porzellan		x	x	
Papierwaren			x	
Friseur				

Anwendungsgebiet	Warmton 30	Farbtyp		Tageslicht 10
		Weiß 20	Weiß de Luxe 21	
Verschiedenes		X		
Schulräume		X		
Turnhallen			X	
Arzträume			X	
Krankenzimmer			X	X
Operationsräume			X	
Restaurants	X		X	
Wohnräume	X		X	
Kosmetiksalon			X	
Räume für Publikumsverkehr (z. B. Post, Bahn usw.)		X		

Der neue Farbtyp Warmton de Luxe wird im wesentlichen dort Verwendung finden, wo z. Z. noch Warmton-Leuchtstofflampen vorherrschen (Wohnraumbelichtung, Restaurants usw.)

5.4.4. Kältefeste Leuchtstofflampen

Bei stark absinkenden Umgebungstemperaturen ist das Zünden normaler Leuchtstofflampen erschwert bzw. unmöglich. Die Zündung wird um so kritischer, wenn neben der tiefen Umgebungstemperatur noch Unterspannung vorherrscht.

Bei Verwendung von Leuchtstofflampen in kältefester Ausführung

LSK	Stabform	kältefest
LUK	U-Form	kältefest

werden die Zündschwierigkeiten bei tiefen Temperaturen weitgehend vermieden. Diese bessere Zündung wird durch eine Veränderung des Argon-Füllgasdruckes erreicht.

Beim Einsatz der kältefesten Leuchtstofflampen wird auf die Abhängigkeit zwischen Umgebungstemperaturen und unterster Grenze der Betriebsspannung hingewiesen.

Umgebungstemperatur	°C	0	-5	-10	-15
Betriebsspannung \geq	V	205	205	210	215

Damit ist angegeben, daß als untere Temperaturgrenze ein Wert von -15 °C gilt. Durch die neue Ausführung der NARVA-Glimmstarter ist unter bestimmten Voraussetzungen auch eine gute Zündung bei -20 °C möglich. Solche speziellen Fälle sind mit dem Lampenhersteller zu beraten.

Sortiment kältefester Leuchtstofflampen
Stabform LSK und U-Form LUK
Lichtfarbe Weiß 20

Lichttechnische Kennwerte	Lampentyp				
	LS 20	LSK 40	LSK 65	LUK 25	LUK 40
Lichtstrom lm	950	2800	4300	1180	1990
Lichtausbeute lm/W	47,5	70	66,2	47,2	49,7
Lichtausbeute mit VG lm/W	30,6	56	55,2	35,8	39,8

Anmerkung: Lichtstromwerte bei 25 °C

Der Normaltyp LS 20 ist ebenfalls für Betrieb bei niedrigen Umgebungstemperaturen geeignet. LUK-Lampen nicht für Neukonstruktionen.

5.4.5. Umgebungstemperatur für Leuchtstofflampen

Zum Betrieb der Leuchtstofflampen wird hinsichtlich der Umgebungstemperatur folgende Empfehlung gegeben:

Bereich der Umgebungstemperatur °C	Lampentyp
+ 5 bis + 50	LS 8, LS 13, LS 40, LS 65, LU 25, LU 40, LU _n 40, LU _n 65
+ 5 bis + 40	LS 120
- 15 bis + 40	LSK 40, LSK 65 LUK 25, LUK 40
- 15 bis + 50	LS 20

Der für eine optimale Strahlungserzeugung günstige Bereich liegt zwischen 20 und 30 °C, das Maximum bei ca. 25 °C für Lampen bis 65 W.
 Ergänzende Ausführungen zu kältefesten Leuchtstofflampen enthält auch das Kapitel „Betriebsverhalten“.



5.4.6. Lebensdauer von Leuchtstofflampen

Bei normalen Betriebsverhältnissen (keine großen Abweichungen der Betriebsspannung, keine besondere Erhöhung der Umgebungstemperatur usw.) ergeben sich folgende Werte der mittleren Lebensdauer, wobei richtiges Lampenzubehör vorausgesetzt ist.

Stabform LS 8 und LS 13	4000 Std.
Stabform LS 20 (Einzelbetrieb)	4000 Std.
Stabform LS 40, LS 65, LS 120	7500 Std.
Stabform (kältefest) LSK 40, LSK 65	6000 Std.
U-Form, LU 25, LUK 25	
(alte Ausführung) LU 40, LUK 40	4000 Std.
U-Form, LUn 40, LUn 65 (neue Ausführung)	7500 Std.

5.5. Betriebsverhalten

5.5.1. Netzspannungsänderungen

Änderungen der Betriebsspannung (Netzspannung) wirken sich auch auf die Parameter der Lampe aus, sie können auch starken Einfluß nehmen auf das Vorschaltgerät.

Aus den folgenden drei Abbildungen sind einige Parameter der Leuchtstofflampe als Funktion der Netzspannung aufgetragen (Betriebsweise mit induktivem Vorschaltgerät).

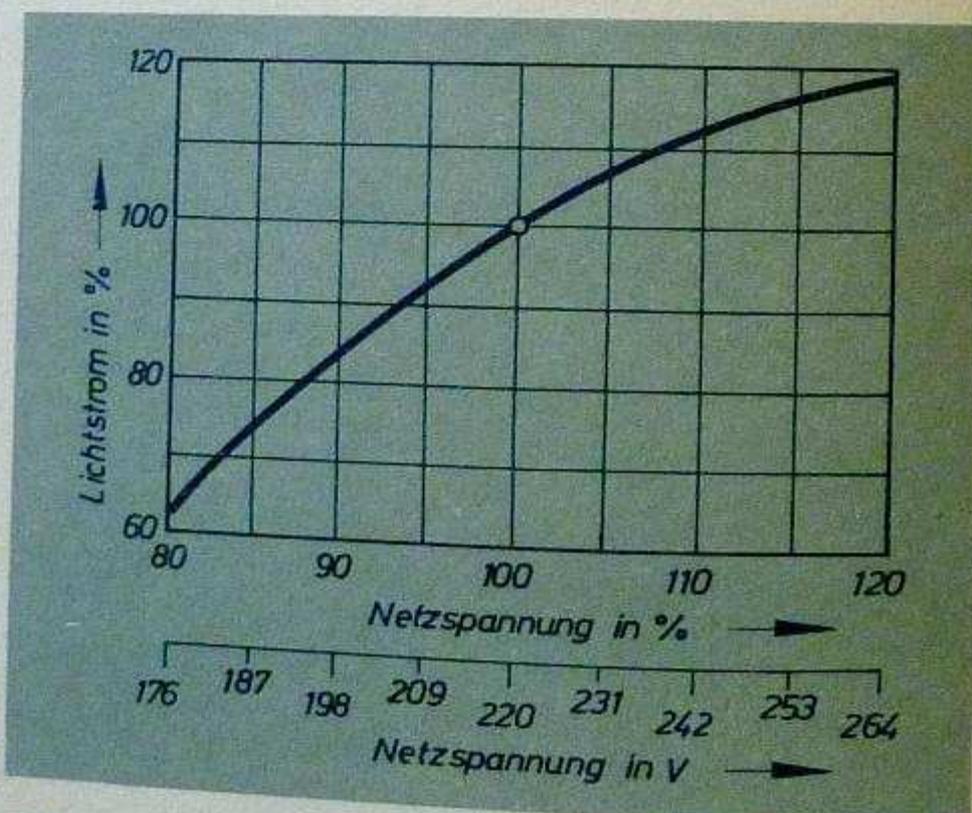


Abb. 5/22
Lichtstrom als Funktion
der Netzspannung

Aus der ersten Abbildung geht hervor, daß bei einer Unterspannung von 10% (198 V) der Lichtstrom nur um ca. 15% abfällt, während vergleichsweise eine Glühlampe im Lichtstrom um 32% absinkt.

Nach TGL 8624 beträgt die Betriebsspannung 220 V/50 Hz bei einer Toleranz der Spannung von ± 18 V unter Hinweis auf die Lebensdauerreduzierung bei Über-

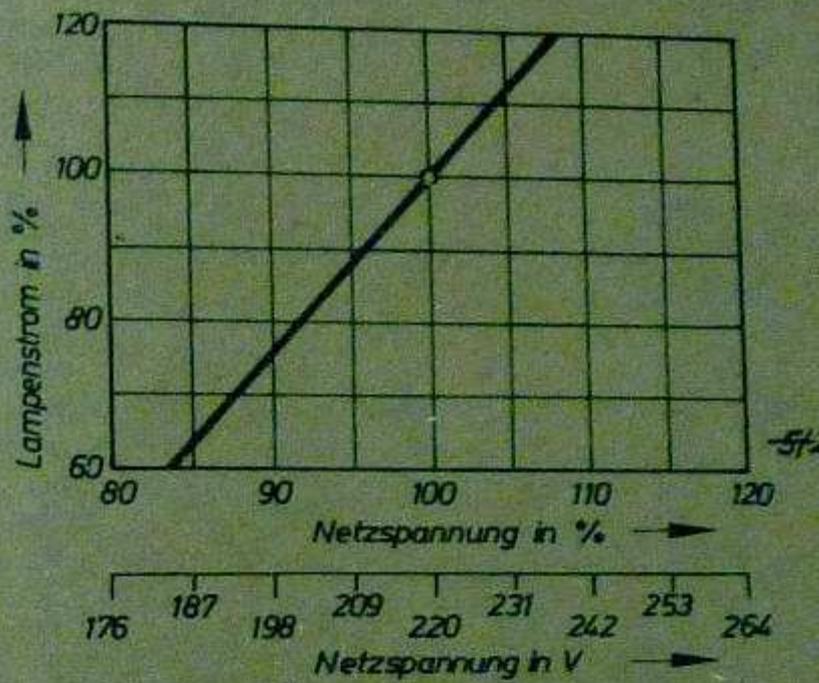


Abb. 5/23
Lampenstrom als
Funktion
der Netzspannung

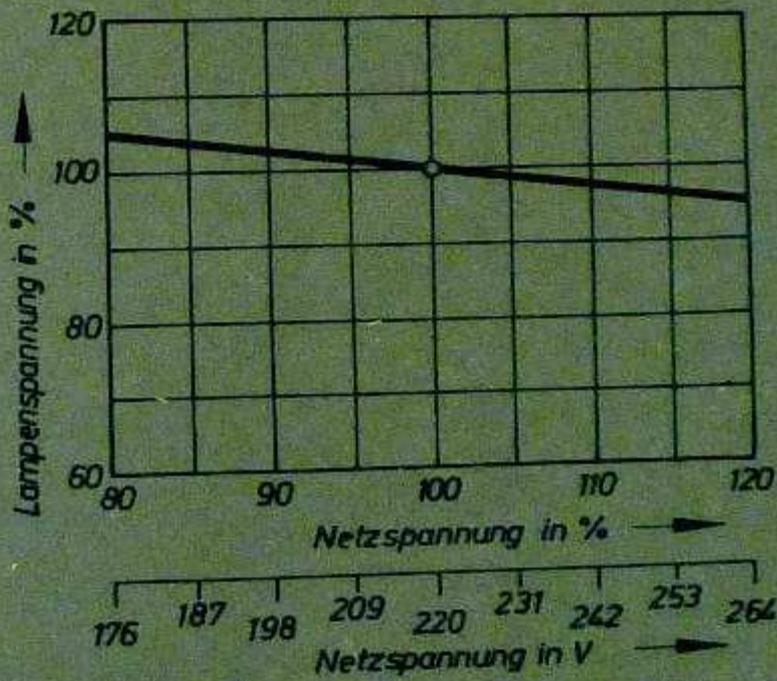


Abb. 5/24
Lampenspannung
als Funktion
der Netzspannung

5.5.2. Temperaturabhängigkeit des Lichtstroms

Der Lichtstrom der Leuchtstofflampen ist temperaturabhängig, d. h., die Umgebungstemperatur übt hierauf einen Einfluß aus. Die Temperatur beeinflußt über den Quecksilberdampfdruck den abgegebenen Lichtstrom der Lampe.

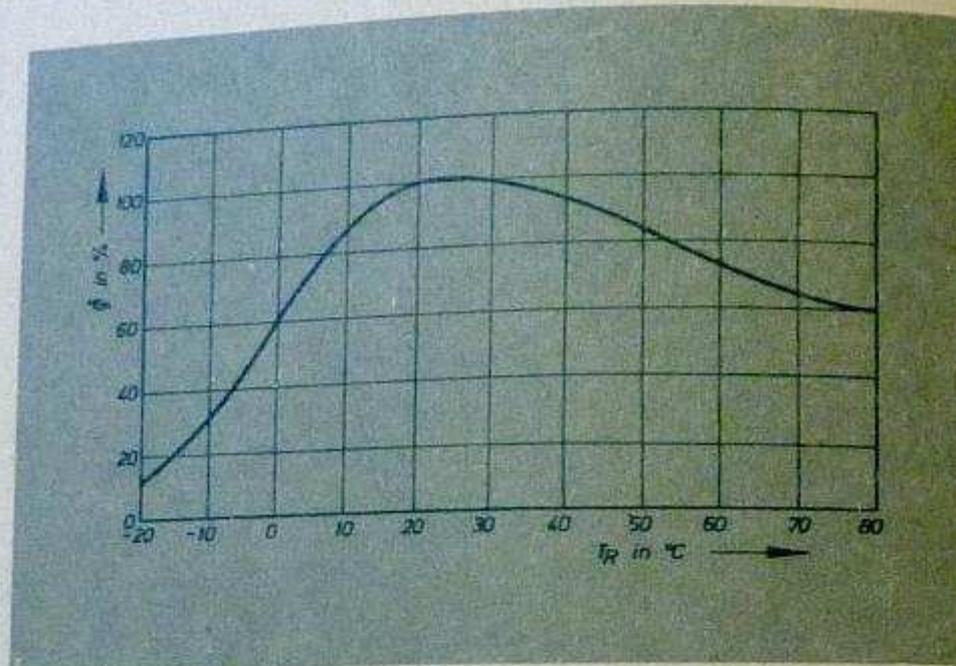


Abb. 5/25
Lichtstrom einer
Leuchtstofflampe bis 65 W
als Funktion der
Umgebungstemperatur

Aus dem Kurvenverlauf geht deutlich das Lichtstromoptimum bei einer Umgebungstemperatur von ca. 25 $^{\circ}\text{C}$ hervor. Abweichungen der Umgebungstemperatur nach niederen und höheren Werten bedeuten einen geringeren Lichtstromwert. Bei höheren Umgebungstemperaturen kommt noch hinzu, daß der Lampenstrom ansteigt und über das stärker belastete Vorschaltgerät eine weitere Temperaturerhöhung in der Leuchte erreicht wird.

Bei niedrigen Umgebungstemperaturen müssen aus der dargelegten Temperaturabhängigkeit des Lichtstroms geschlossene Leuchten verwendet werden, damit im Betriebszustand durch die Aufheizung im Leuchteninnern günstigere Umgebungstemperaturen für die Lampe erreicht werden im Interesse einer hohen Lichtstromabgabe.

5.5.3. Kältefestigkeit

Die Abhängigkeit des Lichtstromes von der Temperatur gilt für alle Arten von Leuchtstofflampen, so auch für die kältefesten. Kältefeste Leuchtstofflampen sind jedoch bezüglich der Zündung bei niedrigen Umgebungstemperaturen gegenüber normalen Leuchtstofflampen vorzuziehen, da durch einen veränderten Fülldruck mit dieser Lampe eine bessere Durchzündung erreicht wird. Der veränderte Fülldruck bewirkt jedoch eine geringere Lampenlebensdauer, die aber im Vergleich zu normalen Stabform-Leuchtstofflampen als gering (20%) angesehen werden kann.

5.5.4. Stroboskopischer Effekt

Leuchtstofflampen sollen möglichst mehrphasig angeschlossen werden (an drei oder zwei Außenleiter), um stroboskopische Effekte zu vermeiden. Infolge optischer Täuschung werden beim Anschluß der Leuchtstofflampen an nur einem Außenleiter u. U. umlaufende Maschinenteile vom Auge als langsam drehend, entgegengesetzt laufend oder gar stillstehend wahrgenommen. Durch eine gleichmäßige Verteilung der Lampen auf die entsprechenden Außenleiter können solche Erscheinungen vermieden werden, wobei in der Regel die mehrlampigen Leuchten bereits für den Anschluß mehrerer Außenleiter vorgesehen sind.

5.6. Energiebilanz

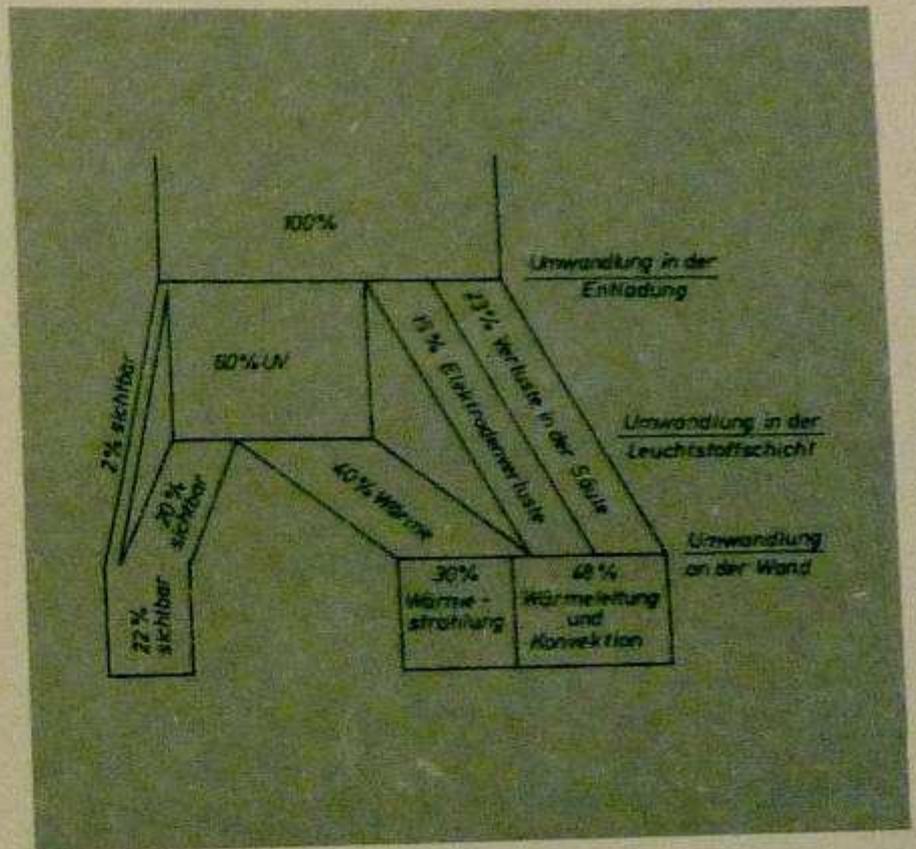


Abb. 5/26
Schematische
Darstellung der
Energieumwandlung in
einer Leuchtstofflampe

Die Werte aus dieser Abbildung stellen Durchschnittswerte dar. 22% der zugeführten Energie werden in sichtbare Strahlung verwandelt, während die restlichen 78% sich aufteilen in 30% Wärmestrahlung (als infrarote Strahlung) und 48% als Wärmeleitung und Konvektion. 52% werden demnach als Strahlung abgegeben. Interessant ist in diesem Zusammenhang eine Gegenüberstellung zur Glühlampe 150 W.

Lampe	Wärmeleitung und Konvektion %	Strahlung in %	
		infrarot	sichtbar
Leuchtstofflampe ¹⁾	48	30	22
Glühlampe 150 W ²⁾	20	70	10

¹⁾ nach Elenbaas

²⁾ nach Fisher und Flynn

Derartige Angaben sind wichtig bei der Berechnung von Klimaanlage. Berücksichtigen muß man allerdings, daß auch das Vorschaltgerät als Wärmequelle anzusehen ist.

Für die Berechnung gilt $1 \text{ W} = 0,86 \text{ kcal}$.

Wichtig für die Wärmeabgabe in den Raum ist auch die Anordnung der Leuchten. Bei einem Deckeneinbau der Leuchten wird ein erheblicher Wärmeanteil in die Zwischendecke abgegeben, wie aus den folgenden Abbildungen hervorgeht. Raster und infrarotreflektierendes Abschlußglas verbessern die Verhältnisse entscheidend, so daß für den zu klimatisierenden Raum eine Reduzierung der Kühllast erreicht werden kann.

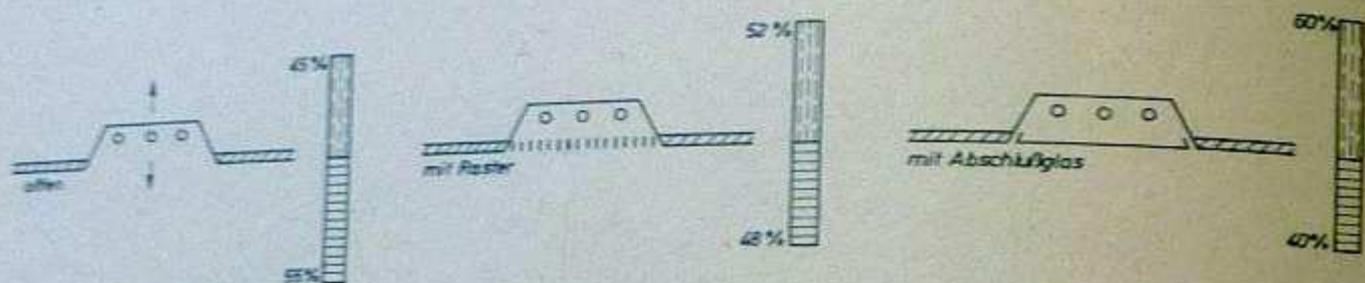


Abb. 5/27 Leuchtenanordnung und ihre Temperaturverteilung

5.7. Zubehör für Leuchtstofflampen

Als hauptsächlichstes Zubehör für Leuchtstofflampen sind

**Starter (Glimmstarter)
Vorschaltgeräte und
Fassungen**

anzusehen. Diese drei Bauteile sind betriebswichtige Elemente einer jeden Leuchte. Im folgenden soll daher auf dieses Zubehör eingegangen werden.

5.7.1. Glimmstarter

Einen großen Einfluß auf das Zündverhalten und damit auch auf die Lebensdauer der Leuchtstofflampen besitzt der Starter. Er besteht aus dem Glimmzünder und einem parallel geschalteten Kondensator, der die Unterdrückung der Funkstörung beim Einschaltvorgang bewirkt und die Zündimpulshöhe beeinflusst. In den letzten Jahren sind auf dem Startersektor entscheidende Verbesserungen erzielt worden, die zu den neuen Glimmstarter-Typen St 1 und St 11 führten.

Typ	Geeignet für Leuchtstofflampen-Typ
St 1	8, 13, 20, 25, 40, 65 W
St 11	120 W

Das Hauptmerkmal der neuen Starter ist die verlängerte erste Schließzeit des Glimmzünders. Dadurch wird eine günstige Vorheizung der Elektroden der Leuchtstofflampe erreicht, so daß ein lampenschonendes Zünden möglich wird. Beim Starter St 1 liegt die erste Schließzeit im Bereich von 0,45 bis 2 s, bei der überwiegenden Zahl der Starter im Mittel über 1 s.

Der Starter St 11 hat Werte der ersten Schließzeit von 1 s bis 5 s.

Weiterhin ist hervorzuheben, daß mit beiden neuen Startern St 1 und St 11 neben den guten Zündeigenschaften eine weitestgehende Reduzierung des Flackerns beim Einschalten der Leuchtstofflampe erreicht wird. Die neuen Starter zeigen weiterhin ein gutes Zündverhalten im Tieftemperaturbereich.

Ein weiteres Merkmal ist die geringe Einschaltabnutzung der Lampen, die von 3 Std. pro Schaltung bei den früheren Typen St 3 und St 4 auf 0,5 Std. beim Typ St 1 reduziert wurde.

Kennwerte der Starter St 1 und St 11

Kennwerte		Typ	
		St 1	St 11
Erste Schließzeit	s	$\geq 0,4$	≥ 1
Gesamtschließzeit	s	$\geq 1,5$	≥ 5
Ruhespannung	V	135	130
Spitzenspannung	V	≤ 8	≤ 15
Zeit zum Zünden der Lampe	s	≥ 400	
Betriebstemperatur ¹⁾	°C	≤ 70	
Prüflebensdauer (Anzahl der Schaltungen)		6000	
Länge ²⁾ (Größtmaß)	mm		40,3
Durchmesser (Größtmaß)	mm		21,5

1) Temperatur im Innenraum des Starters 2) Angabe einschließlich Starterstifte

Für vorzugsweise Verwendung im Fahrzeugbetrieb mit den Leuchtstofflampen 20 und 25 W ist der Starter St 31 gedacht, der die gleichen Abmessungen aufweist und eine Ruhespannung von 115 V besitzt.

Hinzuweisen ist noch darauf, daß bei getrennter Anordnung von Vorschaltgeräten berücksichtigt werden muß, daß auf den Zuleitungen der Zündimpuls mit Werten ≥ 400 V liegt. Die Verlegung mehrerer Leitungen in Form von Kabelbäumen ist kritisch.

Sämtliche NARVA-Starter werden mit dem seit langem bewährten Isolierstoffgehäuse gefertigt.

5.7.2. Induktive Vorschaltgeräte (Drosseln)

Induktive Vorschaltgeräte weisen entsprechend TGL 4229 folgende Kennwerte auf:
Betriebsspannung 220 V/50 Hz

Nennleistung der Lampe		8	13	20	25	40	65	120
Betriebsstrom $I_{p, 100}$	$\pm 3\%$ A	0,165	0,17	0,37	0,29	0,43	0,67	1,5
Prüfstrom $I_{p, 25}$	\geq A	0,031	0,036	0,065	0,061	0,09	0,141	0,315
Kurzschlußstrom $I_{k, 100}$	A	0,185 bis 0,205	0,2 bis 0,22	0,43 bis 0,47	0,4 bis 0,45	0,6 bis 0,65	0,9 bis 1	1,9 bis 2,1
Kurzschlußstrom $I_{k, 110}$	\leq A	0,25	0,26	0,78	0,61	0,9	1,41	2,5
Verlustleistung des VG	W	6	6	11	8	10	13	24
Scheitelfaktor					$\leq 1,6$			
Schutzgrad					IP 00			

Eine Übersicht über die Hersteller von Vorschaltgeräten vermittelt die folgende Tabelle:

Hersteller	Vorschaltgerät für Lampentyp						
	8 W	13 W	20 W	25 W	40 W	65 W	120 W
Elektrobau KG Oschatz (Sa.)	—	—	X	—	X ¹⁾	X	X
Kahlert KG Oschatz (Sa.)	X	X	—	—	X	—	—
VEB Vereinigte Elektrobetriebe Gera Sitz Weida (Thür.) ²⁾	—	—	—	—	X	X	—
VEB Eimet Hettstedt	—	—	—	X	X	—	—
VEB STAB Magdeburg BT Barleben	—	—	—	—	—	X	—
PGH Elektromechanik Leipzig	—	—	—	—	—	—	—

Die Lebensdauer eines Vorschaltgerätes hängt stark von der Betriebsweise ab. Im allgemeinen kann man mit einem Lebensdauerwert von 10 Jahren rechnen.

Untersuchungen von Sturm an Vorschaltgeräten, die mit 10% Überspannung betrieben werden, brachten folgende Ergebnisse für eine zweilampige geschlossene Leuchte:

Gesamtleistungsaufnahme	118%
Wicklungstemperatur	120%
Lichtstrom	103%
Lichtausbeute	87%
Theoretische Lebensdauer des Vorschaltgerätes	24%
(Betrieb bei 220 V/50 Hz gleich 100%)	

Im allgemeinen kann man sagen, daß durch eine dauernde Überspannung von 10% nur noch 11 bis 40% der Lebensdauer eines induktiven Vorschaltgerätes je nach Ausführung erreicht werden. Das Vorschaltgerät altert so vorzeitig und auch Brummerscheinungen treten viel früher in Erscheinung.

Neben der Beeinträchtigung des Vorschaltgerätes bei Überspannung erfolgt auch eine Reduzierung der Lampenlebensdauer. Nach Angaben von Sturm gilt:

5% Überspannung	ca. 83% Lampenlebensdauer
10% Überspannung	ca. 70% Lampenlebensdauer

5.7.3. Fassungen für Leuchtstofflampen

Hersteller: VEB Elektroinstallation Ruhla



Abb. 5/28 F
 Aufbaufassung mit und
 ohne Starterfassung
 23074.12/2 sowie
 23074.13/2

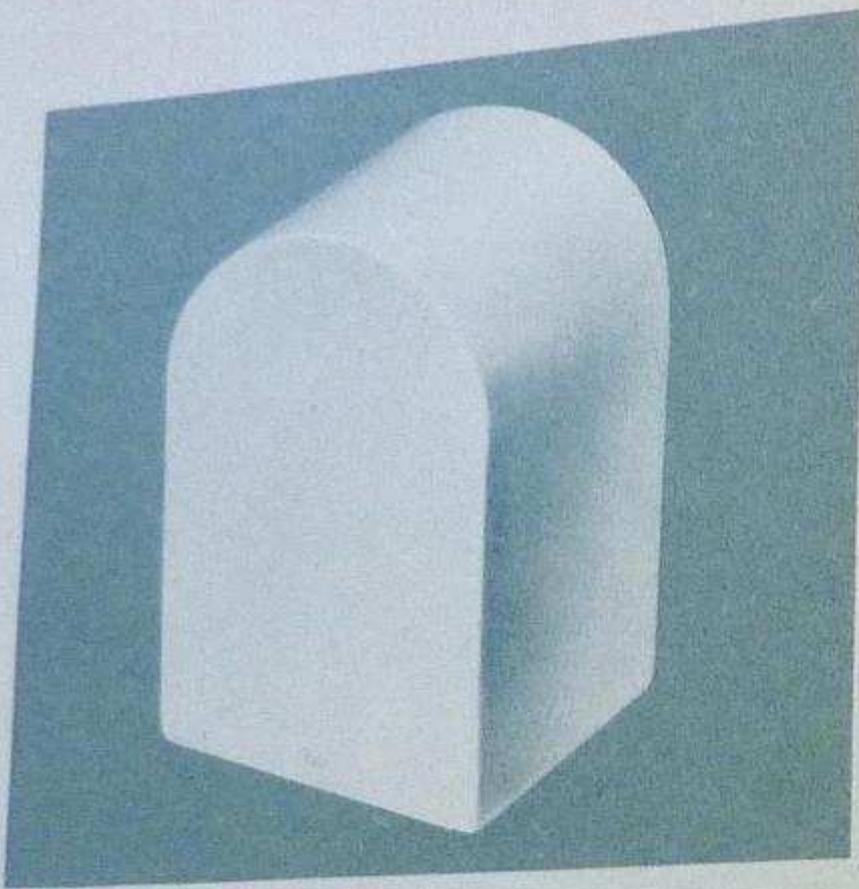


Abb. 5/29 F
Abdeckhaube für
Aufbaufassungen
(für Fassungen
23074.12/2 und 13/2)

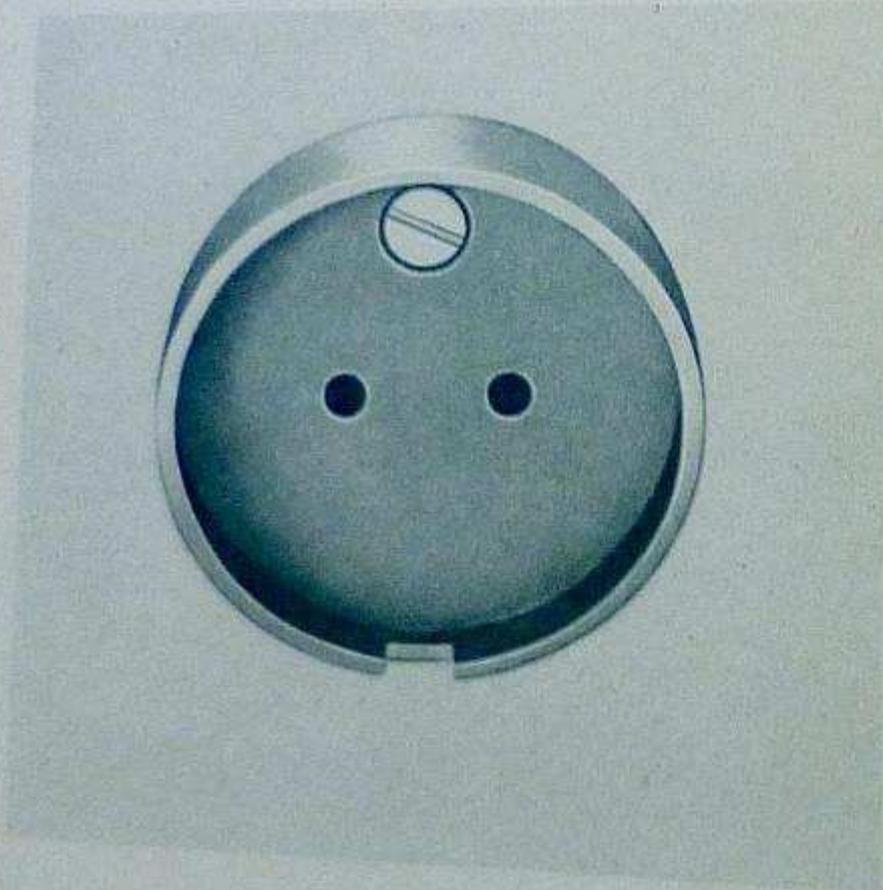


Abb. 5/30 F
Aufsteckfassung
23074.1



Abb. 5/31 F
Einbaurundfassung
23075.3

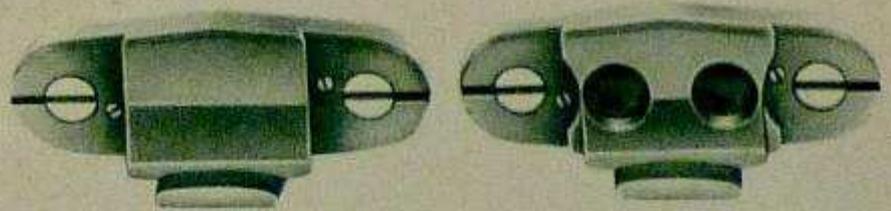


Abb. 5/32 F
Aufbaufassung für
zwei parallele
Leuchtstofflampen mit
und ohne Starterfassung
23074.14 und 23074.15



Abb. 5/33 F
Starterfassung 23075.2

Abb. 5/34 F
Einbaufassung 23074.21
für Leuchtstofflampen
16 mm \varnothing

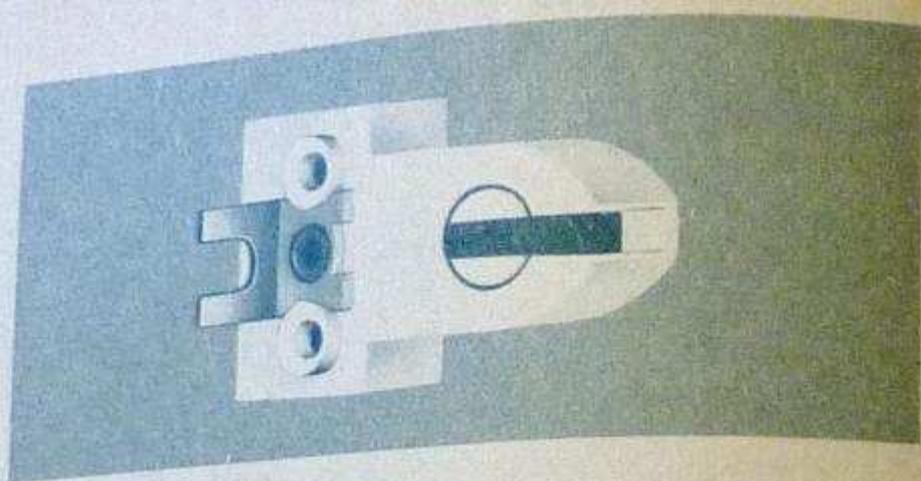


Abb. 5/35 F
Fassung für die neue
U-Form-Leuchtstofflampe
23074.20

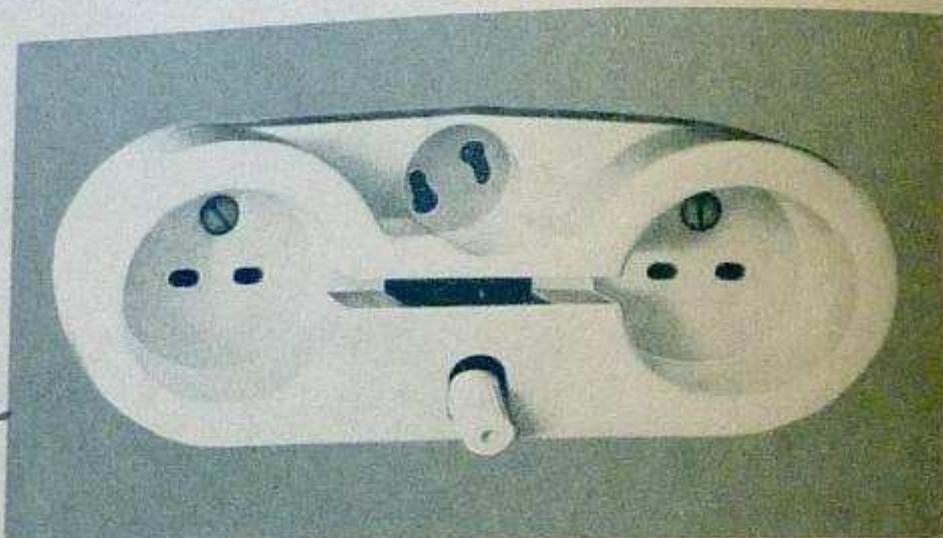


Abb. 5/36 F
Fassung für alte
U-Form-Leuchtstofflampe
(nicht für Neuanlagen)
23075.1/2



Abb. 5/37 F
Einbaufassung
(Durchsteckfassung)
mit und ohne
Starterfassung
23074.22/1
und 23074.23/1

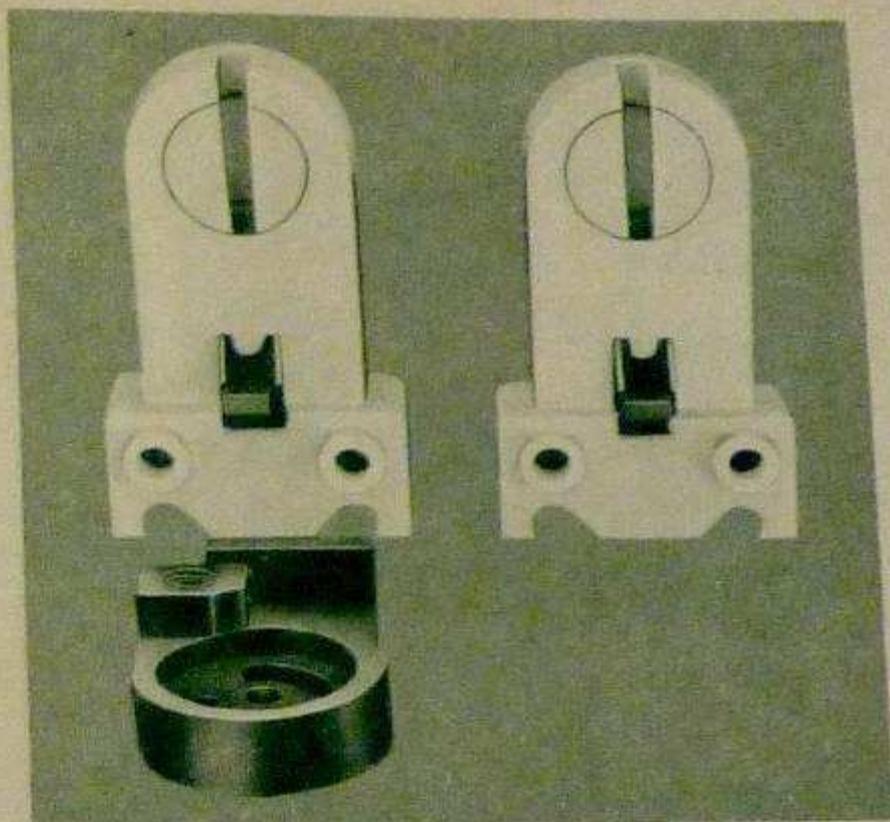
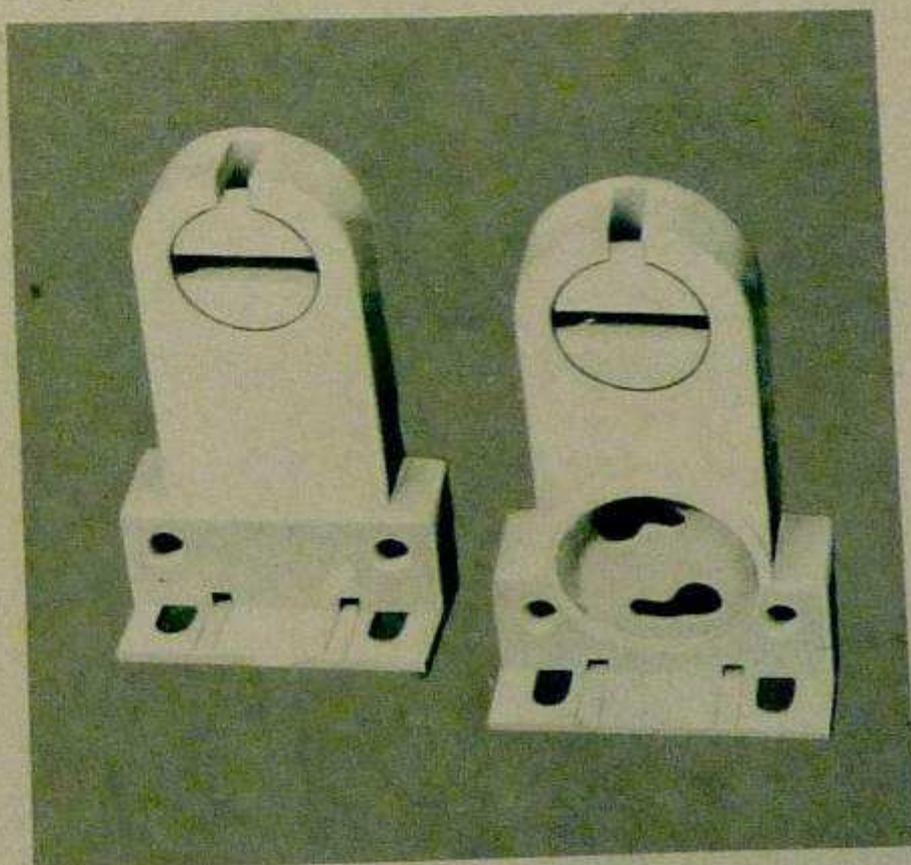


Abb. 5/38 F
Aufbaufassung mit und
ohne Starterfassung
23074.26 und 23074.27



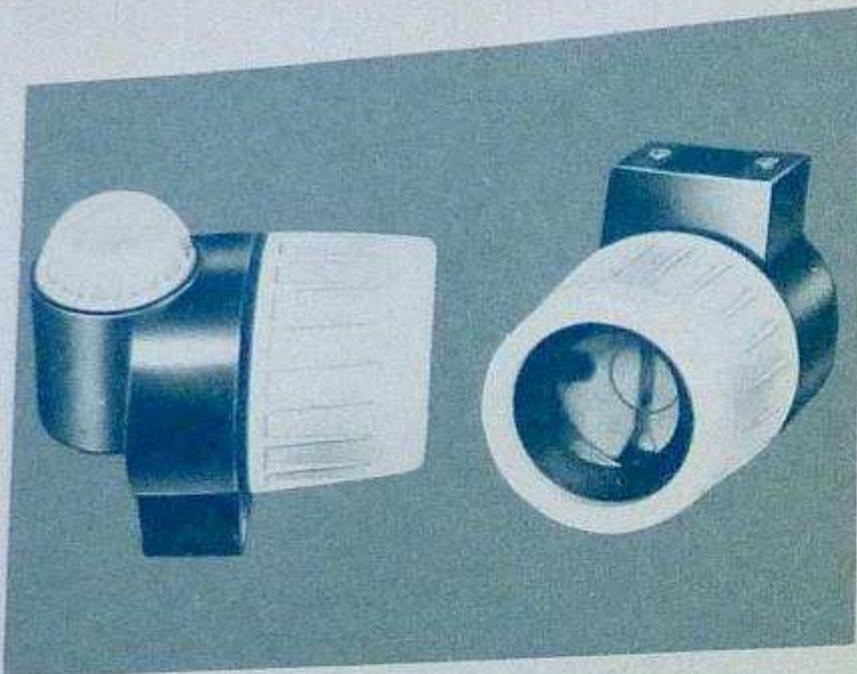


Abb. 5/39 F
Anbaufassung
Schutzgrad IP 55 mit und
ohne Starterfassung
23074.24 und 23074.25



Abb. 5/40 F
Anbaufassung
Schutzgrad IP 55 und
Schraubring für
Schutzrohr mit und
ohne Starterfassung
23074.24/1
und 23074.25/1



5.8. Fehler an Leuchtstofflampenanlagen – Ursachen und Beseitigung

Der Betrieb der bekanntesten Entladungslampen, der Leuchtstofflampen, bedingt zur Einleitung und Aufrechterhaltung bestimmte Zusatzeinrichtungen, deren Funktionstüchtigkeit für den einwandfreien Betrieb der Lampen unbedingt gesichert sein muß. Ausfälle an Leuchtstofflampenanlagen können daher auch ihre Ursache in den Zusatzeinrichtungen haben.

Die Lebensdauer von Leuchtstofflampen wird im allgemeinen von folgenden Faktoren beeinflußt:

1. Schalthäufigkeit
2. Grad der Vorheizung beim Start (Zeit und Temperatur)
3. Qualität des Vorschaltgerätes und des Starters
4. Überspannung
5. Unterspannung
6. hohe Umgebungstemperatur

Hierzu einige Erläuterungen:

Schaltheufigkeit

Der durch jeden Einschaltvorgang hervorgerufene Strom- und Spannungsstoß verursacht im Vergleich zum Betrieb eine kurzzeitige Belastung der Elektrode, wobei ein Teil des auf der Glühwendel aufgebrauchten Oxidmaterials abgesprüht wird. Da dieses Oxid von außerordentlicher Bedeutung für die Lebensdauer der Lampe ist, läßt sich ableiten, daß eine größere Schalthäufigkeit mit einer zunehmenden Oxidarmut verbunden ist, bis die Lampe dann das Ende der Lebensdauer erreicht hat. Rein äußerlich deuten starke Schwärzungen an den Elektrodenenden auf diesen Oxidmangel hin, da das abgesprühte Oxid sich in Elektrodennähe niederschlägt. – Geringe Schalthäufigkeit erhöht, große Schalthäufigkeit verringert daher die mittlere Lampenlebensdauer.

Während man früher diesem Umstand durch Einschränkung der Anzahl der Schaltungen Rechnung trug, braucht heute die Schalthäufigkeit durch die neuartigen Starterkonstruktionen bei den Typen St 1 und St 11 nicht gefürchtet zu werden. Mit einer Einschaltabnutzung der Lampe von 0,5 Std. pro Schaltung dürfte am Beispiel des Starters St 1 dieser Hinweis bewiesen sein (bei früheren Startertypen betrug die Einschaltabnutzung ca. 3–4 Std. pro Schaltung).

Grad der Vorheizung

Bis zum Durchzünden sollen beide Elektroden genügend vorgeheizt sein. Erfolgt beispielsweise der induktive Spannungsstoß früher, wenn also der Vorheizungsprozeß noch nicht beendet ist, so wird in stärkerem Maße Oxid abgesprüht. Man spricht u. a. auch vom „Kaltstart“. Meist blinkt die Lampe zwei- bis dreimal auf, ehe sie durchzündet. Dieser mit stärkerer Elektrodenabnutzung verbundene Start verringert ebenfalls die Lebensdauer. Mit der neuen Starterreihe St 1 und St 11 ist dieses jedoch weitgehend vermieden.

Qualität des Vorschaltgerätes

Die Lebensdauer der Leuchtstofflampen wird u. a. auch vom Verlauf des Lampenstroms beeinflusst, der möglichst sinusförmig sein sollte. Einfluß hierauf hat neben den Eigenverlusten die magnetische Sättigung des in der Drossel verwendeten Eisenblechs. Zufriedenstellende Ergebnisse in der Lampenlebensdauer werden mit solchen induktiven Vorschaltgeräten erreicht, die eine in Grenzen gehaltene Verzerrung der Stromkurve bewirken (bis Scheitelfaktor 1,6).

Überspannung

Obwohl im Vergleich zu Glühlampen der Einfluß einer Spannungserhöhung auf die Lebensdauer gering ist, bewirkt doch eine zu hohe Netzspannung durch den damit auch höheren Lampenstrom eine stärkere Beanspruchung des Elektrodenmaterials. Durch diese Überlastung erfolgt auch eine vorzeitige Schwärzung der Lampe in Elektrodennähe als äußeres Zeichen des Oxidverlustes. Bei 10% Überspannung erfolgt bei induktiven Vorschaltgeräten bereits eine beträchtliche Einbuße der Lampenlebensdauer. Sie beträgt nach Literaturangaben bis zu 30%. Weiterhin sinkt bei einer ständigen Überspannung auch die Lebensdauer des Vorschaltgerätes.

Unterspannung

Der durch Unterspannung hervorgerufene geringere Lampenstrom hat eine Lebensdauerverkürzung zur Folge, weil die Elektrode dadurch bei einer zu niedrigen Temperatur betrieben wird. Dieser Umstand ist um so kritischer, wenn die Lampe bei Unterspannung gezündet wird. Abgesehen davon sinkt die Zündfähigkeit der Leuchtstofflampe bei Unterspannung durch den zu geringen Vorheizstrom. Die Lampen können mehrmals aufblitzen, ehe sie durchzünden, wodurch eine andauernde Überlastung des Katodenmaterials gegeben ist.

Zu hohe Umgebungstemperatur

Eine zu hohe Umgebungstemperatur erhöht den Lampenstrom und beeinflusst wiederum die Lebensdauer. Der Lampenstrom steigt im allgemeinen um 2...4 Prozent je 10 °C Temperaturanstieg, bezogen auf 25 °C Umgebungstemperatur. Die Leuchtstofflampen sind daher u. a. so anzuordnen, daß kein Wärmestau entsteht. Dies gilt besonders für Lichtdecken. Hier ist durch Abzugslöcher eine Kaminwirkung zu erzielen, damit die Wärme von Vorschaltgerät und Lampe abziehen kann. Auch hier sei wieder darauf hingewiesen, daß auch das Vorschaltgerät ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen wird.

Nach den Einflußfaktoren auf die Lampenlebensdauer werden einige der häufigsten Fehlerscheinungen bei Leuchtstofflampenanlagen aufgeführt und analysiert sowie Hinweise für entsprechende Gegenmaßnahmen gegeben.

Lampe zündet nicht

Ursachen	Netzspannung zu gering, entspricht nicht der geforderten Betriebsspannung Defekte Lampe
Abhilfe	Mangelhafte Kontaktgabe Netzspannung, Stromkreis und Lampe (separat in fremdem Stromkreis) überprüfen. Nach Prüfung der Netzspannung und des Stromkreises Lampenelektroden einzeln auf Durchgang prüfen. Am besten wird die Betriebsprüfung der Wendel mit einer in Reihe liegenden Glühlampe 100 W/220 V vorgenommen. Die arbeitsfähige Wendel glüht bei leuchtender Prüflampe. Hat die Leuchtstofflampe Luft gezogen, so blitzt die Wendel nur kurz auf.

Lampe zündet schlecht

Ursachen	Netzspannung zu gering Umgebungstemperatur zu niedrig oder zu hoch Falscher Starter
Abhilfe	Netzspannungskontrolle. Bei zu niedrigen Temperaturen kältefesteste Lampen verwenden, die bis zu $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ noch bei 215 V sicher zünden. Starteraustausch.

Lampe zündet nicht, Starter arbeitet ununterbrochen

Ursachen	<u>Schaltfehler (Starter liegt in der Zuleitung zwischen Lampe und Drossel)</u> Brennspannung der Lampe zu hoch (Lampe am Ende der Lebensdauer)
Abhilfe	Schaltung ändern – Lampenwechsel

Lampe zündet nicht, Elektroden glühen

Ursachen	Kondensatorkurzschluß im Starter Bimetallkontakt im Glimmzünder klebt
Abhilfe	Nach Überprüfen der Schaltung den Starter entfernen, worauf das Glühen der Elektroden aufhören muß. Starterwechsel. Es ist jedoch fraglich, ob die Lampen nach längerer Glühdauer noch einwandfrei arbeiten. Vermutlich ist bei längerer Betriebszeit dieser Art dann auch das Vorschaltgerät beschädigt worden.

Lampe wirbelt

Ursache

Verunreinigungen in der Lampe. Lampe nicht ganz eingebraunt. Im wesentlichen nur bei neuen Lampen in einigen Fällen gegeben.

Abhilfe

Lampe mehrmals kurz hintereinander mit Pausenintervallen von 4–5 s schalten. Fehler wird schwächer und verschwindet dann ganz.

Schwärzung an den Lampenenden

Ursachen

Lampe am Ende ihrer Lebensdauer
Falsch bemessenes Vorschaltgerät
Große Schalzhäufigkeit
Netzspannung zu gering oder zu hoch

Abhilfe

Durchprüfung des gesamten Stromkreises einschließlich der Zusatzeinrichtungen. Kontrolle der Strom- und Spannungswerte der Lampe. Defekte Teile auswechseln.

Dunkle Streifen im Rohrrinnern

Ursache

Schwärzung durch Quecksilberniederschlag (Quecksilber schlägt sich am kühleren Teil der Lampe nieder).

Abhilfe

Der Niederschlag ist durch einfaches Drehen der Lampe um 180° zu beseitigen bzw. verschwindet darauf nach kurzer Brennzeit. Für eine gleichmäßige Temperaturverteilung sorgen.

Vorschaltgerät brummt

Ursachen

Lockere Bauteile im Vorschaltgerät
Vibrationserscheinungen durch Drosselstreu Feld
Schlechte Montage

Abhilfe

Mechanische Sicherung: Unterlegen dämpfender Materialien
Auswirkungen falsch angeschlossener Vorschaltgeräte
Nicht zur Lampe passende Vorschaltgeräte beeinträchtigen neben den Betriebswerten der Lampe auch die der Vorschaltgeräte. Nachstehend hierzu einige Angaben nach Sturm.

Vorschaltgerät geeignet für	An- geschlossene Lampe	Betriebswerte der Lampe in % vom Nennwert			Leistung im Vorschaltgerät in % der max. zulässigen Verlustlei- stung des entspr. VGs
		Lampenstrom	Leistung	Lichtstrom	
220 V/20 W	40 W	64	67	74	48
220 V/20 W	65 W	34	49	62	44
220 V/40 W	20 W	140	135	117	145
220 V/40 W	65 W	50	60	75	40
220 V/65 W	20 W	236	208	150	225
220 V/65 W	40 W	175	160	130	130

5.9. Verringerung der Funkstörungen beim Betrieb von Leuchtstofflampen an Wechselspannung

Grundsätzlich lassen sich Funkstörungen beim Betrieb von Leuchtstofflampen hinsichtlich ihres zeitlichen Erscheinens in 2 Gruppen einteilen als Startstörungen und Brennstörungen.

Für die Übertragung der Funkstörungen kennt man folgende Möglichkeiten:

1. Die Leuchtstofflampe wirkt direkt als Sender, wobei mit zunehmender Entfernung zum Empfangsgerät die Störung abnimmt bzw. ganz aufhört (ab etwa 2 m).
2. Die erzeugten Störimpulse gelangen als leitungsgebundene Störungen über die Stromversorgungsaggregate direkt in das Empfangsgerät.
3. Kopplung zwischen Lichtnetz und Empfangsantenne. Besonders kritisch kann eine Resonanz zwischen Lichtleitung und Innenantenne werden. Grundsätzlich soll jedoch die Antenne die Lichtleitung nur rechtwinklig kreuzen.

Startstörungen

Die nur bei der Lampenzündung in Erscheinung tretenden Startstörungen haben ihre Ursache in der Glimmzunderfunktion (Schließen und Öffnen des Heizstrom-

kreises). Jedes Aufreißen des Glimmzünderkontaktes hat einen einmaligen Stör-impuls zur Folge, der in den interessierenden Wellenlängenbereichen Langwelle, Mittelwelle, Kurzwelle, Ultrakurzwelle und Fernsehen nachweisbar ist. Eine Minderung der Startstörungen erfolgt durch den im Starter befindlichen Kondensator, der die hochfrequenten Störungen kurzschließt. Die bisher beste Herabsetzung der Startstörungen wird durch eine Kombination von zwei symmetrisch zum Starter angeordneten Ferritkerndrosseln erreicht (Anordnung geschützt durch DDR-Gebrauchsmuster Nr. 13 283 vom 20. Juni 1961).

Brennstörungen

Die beim Betrieb der Lampe entstehenden hochfrequenten Schwingungen sind bedingt durch die Wiedertzündung nach jeder Halbwelle. Eine Minderung dieser Störungen, die besonders in den Wellenlängenbereichen Langwelle, Mittelwelle und Kurzwelle auftreten, erreicht man durch die vornehmliche Verwendung äußerer Entstörglieder. Hierunter versteht man eine Kondensatorkombination bzw. Kombination von Kondensatoren und Drosseln (LC-Glieder). Von der Industrie werden bereits geeignete Entstörglieder geliefert, die bei entsprechendem Einbau recht wirksam sein können. Grundsätzlich erfolgt die Anordnung von Kondensatoren und LC-Gliedern am Netzeingang.

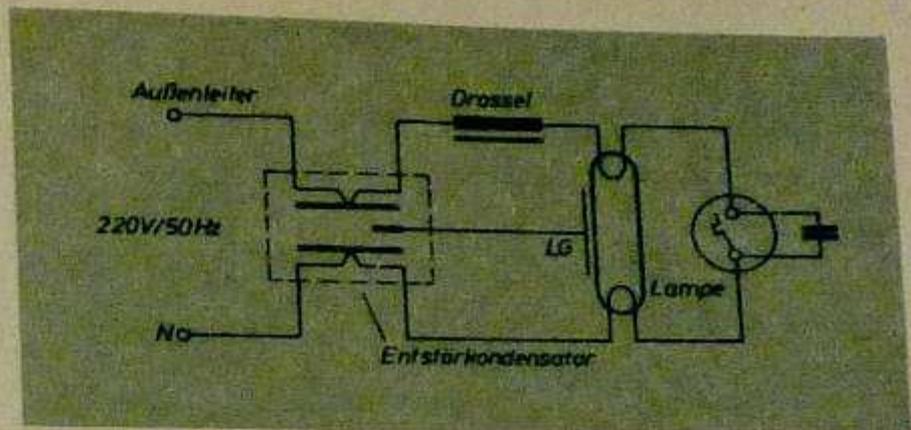
1. Entstörkondensator $0,1 \mu\text{F} + 2 \times 2500 \text{ pF}$ für $220 \text{ V} \sim$ Nennspannung
 - a) für $2,25 \text{ A}$ Maximalstrom und
 - b) für 10 A Maximalstrom
2. Entstörkondensator $0,06 \mu\text{F} + 2 \times 2500 \text{ pF} + 10 \mu\text{H}$ für $220 \text{ V} \sim$ Nennspannung
 $1,5 \text{ A}$ Maximalstrom
3. Erwähnt werden kann noch die Parallelschaltung eines Kondensators von 8 nF zum Netz. Dieser Kondensator kann entfallen beim Einbau eines Kompensationskondensators in die Anlage.

Das unter 1 angeführte Entstörglied dürfte den hauptsächlichsten Forderungen nach einem guten Entstören entsprechen.

Einbau der Entstörglieder

Ein Maximum an Wirksamkeit erreicht man, wenn das Entstörglied möglichst nahe an die Störquelle gebracht wird. Bei der Verwendung von Entstörgliedern ist bei der Ermittlung der Lampenzahl nach dem Kurzschlußstrom der Drossel für den Lampentyp zu rechnen. Es ist jedoch empfehlenswert, bei der Entstörung mehrerer Lampen einer Leuchte auf kürzeste Leitungswege zu achten. Dabei soll der Masseanschluß der Kondensatorkombination mit dem Metall der Leuchte bzw. mit den Erdungsklemmen der Drosseln verbunden sein.

Abb. 5/41
Schaltbild für die
Anordnung des
Entstörkondensators im
Lampenkreis
(LG = Leuchtgehäuse)



Grundsätzlich erweist sich die Einzelentstörung günstiger als die Gruppenentstörung.

5.10. Allgemeine Installationshinweise für Leuchtstofflampen

1. Auf passende Vorschaltgeräte und Starter achten.
2. Nur vom Lampenhersteller zugelassene Vorschaltgeräte verwenden.
3. Vorschaltgeräte müssen auf Abstand montiert werden, des weiteren ist für eine Entlüftung zu sorgen.
4. In der Nähe des Vorschaltgerätes dürfen keine brennbaren Materialien vorhanden sein.
5. Bei Verwendung einpoliger Schalter diese in die jeweilige spannungsführende Zuleitung (Außenleiter) legen.
6. Kompensationskondensator nur netzseitig zwischen Außenleiter und Mittelpunktleiter schalten. Die Anordnung des Schalters muß so erfolgen, daß mit der Lampe auch der Kompensationskondensator ein- und ausgestellt wird.
7. Kompensationskondensatoren müssen mit Entladewiderständen versehen sein.
8. Bei der Drei-Phasen-Schaltung müssen die Lampenstromkreise dreipolig abschaltbar sein.
9. Bei Montage in feuchten Räumen nur feuchtigkeitsgeschütztes Zubehör verwenden.
10. In explosions- und schlagwettergefährdeten Räumen dürfen nur hierfür zugelassene Leuchten verwendet werden.
11. Separate Anordnung der Vorschaltgeräte, s. Kapitel „Lichtarchitektonische Gestaltung“.

5.11. Keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Leuchtstofflampen und deren Licht

Verschiedene Anfragen an das Kombinat VEB NARVA sowie Diskussionen in Zeitschriften berühren von Zeit zu Zeit das Thema der angeblichen Schädlichkeit von Leuchtstofflampen.

Leuchtstofflampen haben sich heute auf allen Beleuchtungsgebieten durchgesetzt. Durch sie konnte überhaupt erst ein gewisses Maß an Wirtschaftlichkeit von Beleuchtungsanlagen mit hohem Beleuchtungsniveau erreicht werden.

Viele Untersuchungen arbeitsphysiologischer Art basieren auf der Beleuchtung mit Leuchtstofflampen. Durch die heute gegebene Vielzahl an Farbtypen kann eine echte Annehmlichkeit erreicht werden.

Anfangs wurden auch dieser neuen Lichtquelle gegenüber Bedenken geäußert, inwieweit ihre Verwendung mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen verbunden ist. Diese Meinung ergab sich für viele Personen auch durch Milieuänderung, die mit der Umstellung von Glühlampen- auf Leuchtstofflampenlicht erfolgte und sich besonders bei psychologisch leicht beeinflussbaren Personen auswirkte.

Unsere seit Jahrzehnten an das Glühlampenlicht gewöhnten Augen nehmen den Übergang zum Leuchtstofflampenlicht deutlich wahr. Bekanntlich sendet die Glühlampe im gelblich-rötlichen Bereich wesentlich mehr Energie als im blau-grünlichen. Der Übergang zum Entladungslampenlicht bringt die Notwendigkeit mit, sich an eine völlig andere Lichtfarbe zu gewöhnen. Die spektrale Zusammensetzung des Leuchtstofflampenlichtes der einzelnen Lichtfarben ist unterschiedlich, wobei aber auf jeden Fall der Anteil im gelblich-rötlichen Bereich geringer als bei Glühlampen ist, was auch für Warmton-Leuchtstofflampen zutrifft. Der stärkere Blauanteil von Leuchtstofflampen, der je nach Lichtfarbe unterschiedlich ist, bringt jedoch für das normalsichtige Auge keine Anpassungsschwierigkeiten, wobei das vergleichsweise noch unterstrichen wird durch den täglichen Unterschied zwischen Glühlampenlicht und Tageslicht. Allerdings können Brillenträger, vor allem mit weit- und alterssichtigem Auge, Akkommodationsschwierigkeiten beim Leuchtstofflampenlicht haben. Diese Akkommodationsschwierigkeiten haben ihre Ursache darin, daß die Brillen gewöhnlich bei gelblich-rötlichem Glühlampenlicht angepaßt werden. Das Auge versucht nun, den Ausgleich der Fehlanpassung durch eine stärkere Augenlinsenkrümmung auszugleichen, was auf die Dauer zu Kopfschmerzen führen kann. Arbeitsbrillen sollten daher für die am Arbeitsplatz vorherrschende Lichtfarbe der Lichtquellen angepaßt werden.

Es ist bekannt, daß zur Lichterzeugung in der Leuchtstofflampe die entstehende ultraviolette Strahlung herangezogen wird. Mit dieser Gegebenheit sind jedoch leider solche Vorstellungen verknüpft, daß die im Rohrrinnern entstehende UV-Strahlung im verstärkten Maße auch nach außen treten und somit neben anderen Schäden eine Bindehautentzündung (Conjunctivitis) bewirken könne. Neuere Messungen haben jedoch ergeben, daß derartige Behauptungen nicht zu Recht bestehen. Der Anteil der auftretenden UV-Strahlung ist äußerst gering, gerade weil ja Leuchtstoff und Lampenglas UV-Strahlung absorbieren. Medizinisch kann diese Behauptung dadurch erhärtet werden, daß bei einer Schädigung durch UV-Strahlung in der Tränenflüssigkeit des Auges charakteristische Zellen vorhanden sein müssen. Vielfach waren Sehbeschwerden bei Leuchtstofflampen auf eine beleuchtungs-

technisch fehlerhafte Anordnung der Lampen bzw. Leuchten zurückzuführen, die nach Hinzuziehung eines Fachmannes und Änderung der Anlage beseitigt werden konnten. Obwohl die Leuchtstofflampen mit einer geringen Eigenleuchtdichte behaftet sind, muß in jedem Fall auf eine richtige Anordnung für die jeweiligen Arbeitsplätze geachtet werden.

Sehr unangenehm kann sich z. B. auch eine Reflexblendung auswirken, die ihre Ursache in einer Spiegelung der Lampe an glänzenden Materialien bzw. Flächen hat. Das Ergebnis sind Nervosität und Ermüdungserscheinungen. Auch kann eine falsche Licht- und Schattenverteilung die Ursache für Sehbeschwerden sein. Auf Grund der Linienförmigkeit der Leuchtstofflampen ist eine andere Anordnung der Leuchten erforderlich, als wir sie von Leuchten mit Glühlampen her kennen. Besonders ist hier auf das nötige Maß an Schattigkeit zu achten, da diese sehr mit dem für die Wahrnehmung notwendigen Erkennen der Gegenstände in ihrer Körperlichkeit zusammenhängt.

Klagen können auftreten, wenn die ausgeführte Beleuchtungsanlage aus freistrahrenden Leuchtstofflampen besteht, die ungünstig angeordnet sind. Das gilt besonders für Leuchtstofflampen in Queranordnung. Obwohl die Leuchtdichte von Leuchtstofflampen geringer ist als die von Glühlampen, können Blenderscheinungen auftreten, da die Blendung nicht nur proportional zur Leuchtdichte der Lichtquelle verläuft, sondern noch bestimmt wird durch die dem Auge dargebotene Fläche der Blendlichtquelle sowie durch die Leuchtdichteverhältnisse des Hintergrundes.

Freistrahkende Leuchtstofflampen in Längsaufhängung zur Dauer-Sehrichtung sind günstiger als in Queranordnung.

Ein weiteres physiologisches Problem bei Leuchtstofflampenanlagen ist das Nebeneinander verschiedener Farbtypen in direkter Sicht, das vom Auge als recht unangenehm empfunden wird, da die Akkommodation dauernd zwischen den Farben schwankt. Durch diese dauernde Umakkommodation können Ermüdungserscheinungen eintreten. Entsprechend den Gegebenheiten und der Art der zu verrichtenden Arbeiten sind in einem Raum jeweils nur Lampen einer Lichtfarbe zu installieren. Bei der Verwendung von Leuchtstofflampen der Lichtfarbe „Tageslicht“ ist jedoch zu beachten, daß den physiologischen und psychologischen Gesetzmäßigkeiten entsprechend eine höhere Beleuchtungsstärke zugrunde gelegt werden muß, da unser Auge nach Lichtquellen höherer Farbtemperaturen auch ein höheres Beleuchtungsniveau fordert.

Räume, die mit derartigen Tageslicht-Leuchtstofflampen ausgeleuchtet werden, sollten in ihrem Beleuchtungsstärkewert nicht unter 500 lx projektiert werden.

Dank der Wahl der Lichtfarben gestatten jedoch Leuchtstofflampen im Vergleich zu Glühlampen das Vermeiden von Zwiellichterscheinungen, wenn zusätzlich zum Tageslicht künstliche Beleuchtung im Raum erforderlich wird. Wir können diesen Komplex wohl am besten mit einer Äußerung von berufener Seite durch Herrn Prof. Dr. P. A. Jaensch beschließen, der in seiner Publikation „Augenschädigungen in Industrie und Gewerbe“ folgendes sagt: „Alle mir bisher über Leuchtstofflampen bekannt gewordenen Arbeiten stimmen darin überein: sie bedingen keine Augenschädigungen.“

Vielfach wird noch argumentiert, daß sich in der Leuchtstofflampe „giftige Edelgase“ befinden, die sehr schädlich sind. Derartige, den physikalischen Erkenntnissen wider-

sprechende Mitteilungen sind völlig aus der Luft gegriffen und entbehren jeder Grundlage. Das zur Füllung verwendete einzige Edelgas Argon (2 . . . 3 Torr) ist in keiner Weise giftig, da es als Edelgas keinerlei chemische Verbindungen eingeht und somit auch nicht giftig bzw. schädlich sein kann. Auch der heute verwendete und auf der Innenseite der Lampen befindliche Leuchtstoff ist nicht gesundheitsschädlich. Der beste Beweis für die Unschädlichkeit der zur Verarbeitung gelangenden Materialien dürfte heute darin bestehen, daß die in der Lampenfertigung tätigen Personen keine Beschwerden über eine gesundheitliche Beeinträchtigung führen.

In diesem Zusammenhang ist auch abwegig zu behaupten, daß Leuchtstofflampen nur mit Handschuhen ausgewechselt werden dürfen, um angeblichen Verletzungsgefahren zu begegnen.

Es ist durchaus verständlich, daß man sich vor Schnittwunden bei zerbrochenen Leuchtstofflampen vorsieht, wobei die Schutzmaßnahmen gegenüber Schnittwunden die gleichen sind wie bei anderen Glasgegenständen.

Fast einer Kuriosität gleich ist die zum Teil vertretene Meinung, daß defekte Leuchtstofflampen zu vergraben sind, da sie mit einer angeblichen Radioaktivität behaftet sind. Auch diese Behauptung kann entkräftet werden, da der hierfür in Frage kommende Leuchtstoff keinerlei radioaktive Substanzen aufweist.

Diese kurzen Darlegungen erheben keinerlei Anspruch auf Erfassung aller mit dem Thema in Zusammenhang stehenden Probleme, dürfen jedoch evtl. einige auftretende Bedenken zerstreuen helfen.



6. QUECKSILBER-HOCHDRUCKKLAMPEN

6.1. Strahlungserzeugung

Auf Grund physikalischer Zusammenhänge der Quecksilberentladung wird bei hohem Betriebsdruck im Entladungsgefäß eine starke Linienstrahlung im sichtbaren Gebiet des Spektrums erzeugt, der ein schwaches Kontinuum überlagert ist. Der Betriebsdruck im Entladungsgefäß beträgt dabei einige Atmosphären.

Während bei der Leuchtstofflampe (Quecksilber-Niederdruckentladung) im Innern der Lampe vornehmlich Strahlung der Wellenlänge 253,7 nm erzeugt wird, ist die stärkste Linie der Quecksilber-Hochdruckentladung die Linie 365/6,3 nm.

Die hauptsächlich interessierenden Linien der Quecksilber-Hochdruckentladung sind hinsichtlich der im UV-Gebiet liegenden nur für den Brenner verwendbar, also nicht für die fertige Lampe.

Sichtbares Gebiet	UV-Gebiet
404,7 nm violett	390,6 nm
407,8 nm violett	365 nm
435,8 nm blau	366,3 nm
491,6 nm blaugrün	334,1 nm
546,1 nm grün	312,6 nm
577/579 nm gelb	313,2 nm
	302,2 nm
	302,6 nm
	296,7 nm
	289,4 nm
	280,4 nm
	264,0 nm
	265,2 nm
	253,7 nm

Die starken Linien bzw. Liniengruppen im UV-Gebiet sowie im sichtbaren Gebiet sind hervorgehoben. Aus der Aufzählung der Linien im sichtbaren Gebiet geht hervor, daß der Quecksilber-Hochdruckentladung jegliche Strahlung mit ausreichender Intensität im langwelligen Teil (> 600 nm) des sichtbaren Spektrums fehlt. Dieser Mangel wird ausgeglichen durch die Verwendung eines vornehmlich rot emittierenden Leuchtstoffes, der von den Linien im UV-Gebiet angeregt wird. Dieser Leuchtstoff befindet sich auf der Innenseite des Außenkolbens der Lampe bei den Ausführungsformen der HQL-Reihe (Quecksilber-Hochdrucklampen mit Leuchtstoff).

6.2. Aufbau der Lampe

6.2.1. Entladungsgefäß

Das Entladungsgefäß (auch Brenner genannt) stellt das Herzstück der Lampe dar. Die hohe Leistungskonzentration im Entladungsgefäß erfordert ein Material mit einer sehr hohen Erweichungstemperatur. Quarz weist diese Eigenschaften auf (die Erweichungstemperatur liegt bei etwa $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$) und besitzt außerdem für die UV-Strahlung einen hohen Transmissionsgrad.

Das Entladungsgefäß besitzt zwei speziell ausgebildete Hauptelektroden, die mit Emitterstoffen aktiviert sind, sowie noch Zündelektroden zur Einleitung der Entladung. Beim Einschalten der Lampe wird zunächst zwischen der Hauptelektrode und der Zündelektrode eine Hilfsentladung eingeleitet, die zur Bildung einer hinreichenden Zahl von Ladungsträgern dient zwecks Ausbildung der Entladung zwischen den beiden Hauptelektroden. Dadurch ergibt sich eine Lampenzündung ohne äußere Zündmittel. Die Zündelektroden sind mit der jeweiligen Hauptelektrode der gegenüberliegenden Seite über Hochohmwiderstände verbunden, die das Auftreten großer Ströme über die Zündelektroden verhindern.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen das jeweilige Entladungsgefäß der Lampen 125 und 250 W.

Abb. 6/1 F Entladungsgefäß der Lampe 125 W

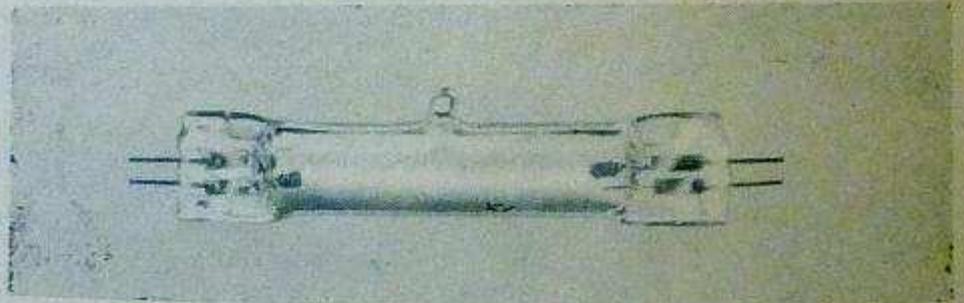


Abb. 6/2 F Entladungsgefäß der Lampe 250 W



Zur vakuumdichten Stromdurchführung durch das Quarzglas dienen Molybdänfolien mit einer Stärke von etwa 0,02 mm. Trotz unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten zwischen Molybdän und Quarz wird durch eine geeignete Folienausbildung auch bei wechselnden Temperatureinflüssen und hohen Betriebsdrücken die erforderliche Dichtheit erreicht.

Das Entladungsgefäß enthält eine dosierte Quecksilbermenge sowie Argon, wobei letzteres Zündfunktionen besitzt.

6.2.2. Außenkolben

Das Entladungsgefäß und die Zündwiderstände werden mit dem Gestell verbunden, welches über den Lampenfuß mit dem Außenkolben verbunden ist. Der Außenkolben macht die Hochdruckentladung weitgehend temperaturunabhängig und absorbiert die aus dem Entladungsgefäß austretende UV-Strahlung. Er dient weiterhin als Träger der Leuchtstoffschicht, wobei die UV-Strahlung den Leuchtstoff zu einer Rotstrahlung anregt. Die Mischung der primär erzeugten Linienstrahlung im Bereich 400–600 nm mit der sekundär erzeugten Rotstrahlung ergibt je nach Art des verwendeten Leuchtstoffes eine weiße Lichtfarbe (Silberweiß, Goldweiß). Aus den Darlegungen zur Funktion des Außenkolbens geht hervor, daß es höchst unzweckmäßig und außerdem auch gefährlich ist, Lampen mit beschädigtem Außenkolben zu betreiben. In solch einem Falle ist kein Schutz gegen die Berührung spannungsführender Teile der Lampe gegeben. Außerdem sei auf die UV-Strahlung hingewiesen, besonders auf die kurzwellige (Augengefährdung) Strahlung dieser Art.

Die Form des Außenkolbens ist so gewählt, daß günstige Temperaturverhältnisse erreicht werden. Für den Außenkolben wird Hartglas verwendet. Hartglas weist eine günstige Temperaturwechselbeständigkeit auf und ist gegen geringe Wasserspritzer nicht empfindlich. Auch zeichnet sich Hartglas durch eine bessere hydrolytische Beständigkeit aus.

Die Füllung des Außenkolbens erfolgt mit einem sauerstofffreiem Gas, um die Oxydation der empfindlichen metallischen Teile zu verhindern.

6.2.3. Sockel

Der Sockel der Lampe ist vernickelt, so daß eine ausreichende Resistenz gegenüber atmosphärischen Bedingungen normaler Art auch bei den relativ langen Betriebszeiten von mehreren tausend Stunden gegeben ist.

6.2.4. Leuchtstoffschicht

Zur Farbkorrektur der Quecksilber-Hochdruckentladung erfolgt die Verwendung einer Leuchtstoffschicht. Diese auf der Innenseite des Außenkolbens befindliche Schicht beeinflusst je nach ihrer Zusammensetzung Lichtfarbe und Farbwiedergabe.

An derartige Leuchtstoffe werden hohe Anforderungen gestellt, die man wie folgt zusammenfassen kann:

- Anregung mit UV-Strahlung in einem weiten Bereich bei hoher Quantenausbeute
- Emission speziell im roten Spektralbereich
- Hohe Temperaturbeständigkeit
- Beständigkeit gegen intensive UV-Strahlung

Die für NARVA-Quecksilber-Hochdrucklampen verwendeten verschiedenartigen Leuchtstoffe führen zu den Farbtypen

Silberweiß und
Goldweiß sowie
Deluxeweiß (siehe Nachtrag)

6.3. Bezeichnungen

Das Sortiment der NARVA-Quecksilber-Hochdrucklampen umfaßt folgende Gruppen an Quecksilber-Hochdrucklampen:

HQA	Quecksilber-Hochdrucklampen mit klarem Außenkolben (ohne Leuchtstoff) Lichtfarbe: bläulichweiß
HQLS	Quecksilber-Hochdrucklampe mit Leuchtstoff, Farbtyp Silberweiß Lichtfarbe: silberweiß
HQLG	Quecksilber-Hochdrucklampe mit Leuchtstoff, Farbtyp Goldweiß Lichtfarbe: goldweiß
HQRS	Quecksilber-Hochdrucklampe mit Leuchtstoff und Innenreflektor als Farbtyp Silberweiß Lichtfarbe: silberweiß
HQRG	Quecksilber-Hochdrucklampe mit Innenreflektor als Farbtyp Goldweiß Lichtfarbe: goldweiß
HQKRG	Quecksilber-Hochdrucklampe mit Leuchtstoff und Innenreflektor unter Verwendung eines normalen Außenkolbens, Farbtyp Goldweiß Lichtfarbe: goldweiß

Die früher übliche Bezeichnung HQL ist nach Einführung von 2 Farbtypen nur noch als Oberbegriff für Quecksilber-Hochdrucklampen mit Leuchtstoff zu sehen. Hinter der Bezeichnung ist die Leistungsaufnahme angegeben, wie z. B.

HQLG 400	Quecksilber-Hochdrucklampe Goldweiß 400 W
-----------------	--

In der Buchstabenkombination sind die beiden Varianten der Ausführung mit Leuchtstoff durch die Buchstaben S und G gekennzeichnet

S = Silberweiß

G = Goldweiß

6.4. Lampendaten

Die Lampendaten werden unterteilt nach elektrischen und lichttechnischen Kennwerten sowie Abmessungen.

6.4.1. Elektrische Kennwerte

Die Werte gelten für alle Leistungstypen unabhängig von der Ausführung mit oder ohne Leuchtstoff.

Betriebsspannung 220 V/50 Hz für die Typen 80–1000 W
 Betriebsspannung 380 V/50 Hz für den Typ 2000 W

		Nennleistungsaufnahme der Lampe ohne Vorschaltgerät in W							
		50 ¹⁾	80	125	250	400	700 ¹⁾	1000	2000
Leistungsaufnahme Lampe und Vorschaltgerät		61	90	138	268	426	740	1055	2080
Lampenstrom	A	0,61	0,8	1,15	2,13	3,25	5,40	7,5	8,0
Anlaufstrom	ca. A · 0,90		1,3	1,7	3,3	5,0	8,0	12,0	13,0
Lampenspannung	V	95 ± 10	115 ± 15	125 ± 15	130 ± 15	135 ± 15	140 ± 15	145 ± 15	270 ± 25
Anlaufdauer	min	3–5	3–5	3–5	3–5	3–5	3–5	3–5	3–5

¹⁾ auf Anfrage

6.4.2. Maßangaben und Sockel

Typ	Durchmesser in mm Größtmaß	Länge	LSA in mm für HQA-Reihe	Sockel
HQ	50	55	94 ± 3	E 27
	80	70	105 ± 5	E 27
	125	75	115 ± 5	E 27
	250	90	150 ± 5	E 40
	400	121	184 ± 5	E 40
	700	150	226 ± 5	E 40
	1000	162	238 ± 10	E 40
	2000	180	380	225 ± 10
		430		

Reflektorlampen

HQR	250	165	267	—	E 40
	400	180	305	—	E 40

Reflektorlampen mit Normalkolben

HQKRG	80	75	175	—	E 27
	125	75	175	—	E 27
	250	120	292	—	E 40

HQ bedeutet Ausführung HQA, HQLS und HQLG
HQR bedeutet Ausführung HQRS und HQRG

6.4.3. Lichttechnische Werte

6.4.3.1. Typenreihe HQA (ohne Leuchtstoff, Klarglaskolben)

Leistungstyp W	Lichtstrom lm	Lampe	Lichtausbeute lm/W	
			Lampe	Lampe und Vorschaltgerät
HQA	80	3000	37,5	33,4
	125	5250	42,0	38,0
	250	11500	46,0	43,0
	400	20500	51,2	48,2
	1000	52000	52,0	49,2

auf Anfrage HQA 50, 700 und 2000

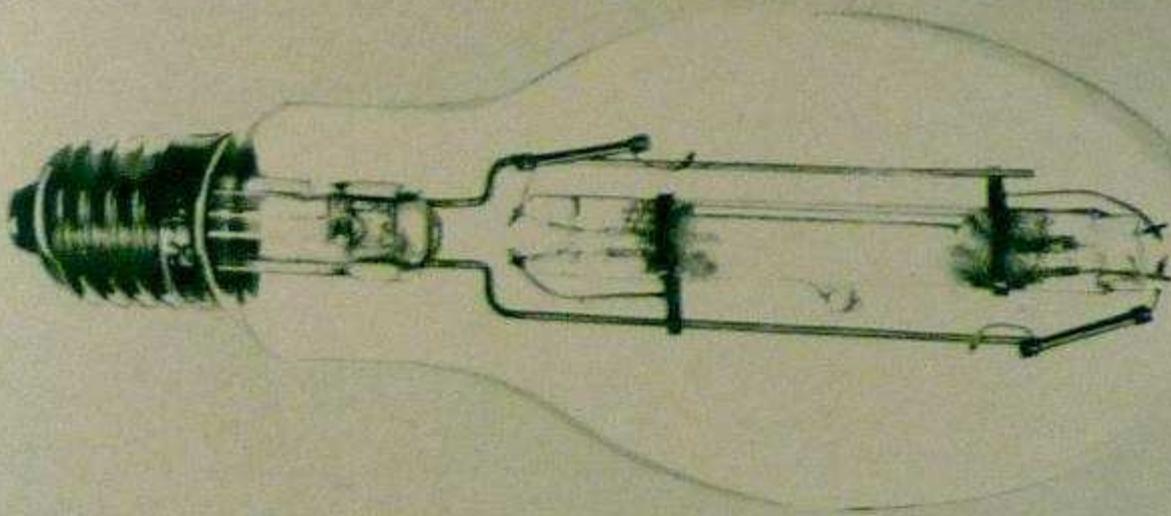


Abb. 6/3 F Quecksilber-Hochdrucklampe HQA

6.4.3.2. Typenreihe HQLS (mit Leuchtstoff, Farbtyp Silberweiß)

Silberweißlampen besitzen einen Leuchtstoff, der den fehlenden Rotanteil der Hochdruckentladung ausgleicht, wobei dieser bei 3% liegt (für den Typ 2000 W liegt dieser Wert etwas höher).

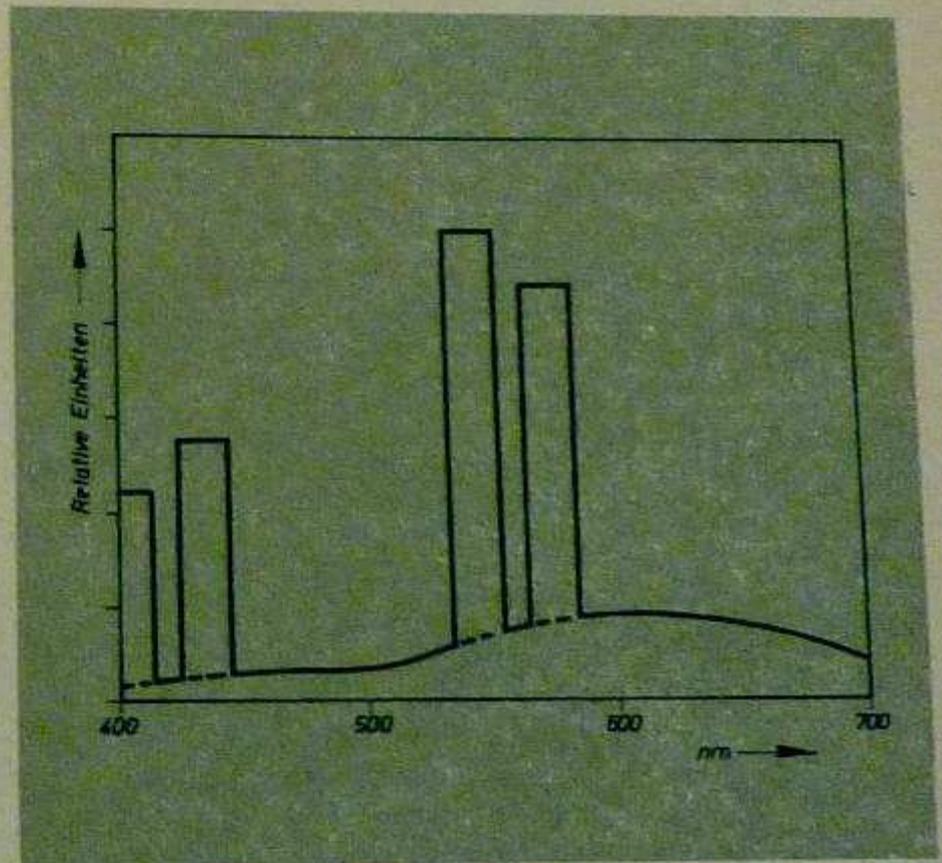


Abb. 6/4
Relative spektrale
Energieverteilung für
HQLS-Lampen

Als Richtwert für die ähnlichste Farbtemperatur wird 5500°K genannt, der allgemeine Farbwiedergabe-Index R_a beträgt 26 (Richtwert).

Leistungstyp W	Lichtstrom lm	Lichtausbeute lm/W	
		Lampe	Lampe und Vorschaltgerät
			34,4
HQLS 80	3 100	38,8	40,6
125	5 600	44,8	45,6
250	12 200	48,8	50,5
400	21 500	53,7	52,0
700 ¹⁾	38 500	55,0	52,1
1 000	55 000	55,0	55,3
2 000	115 000	57,5	

¹⁾ auf Anfrage

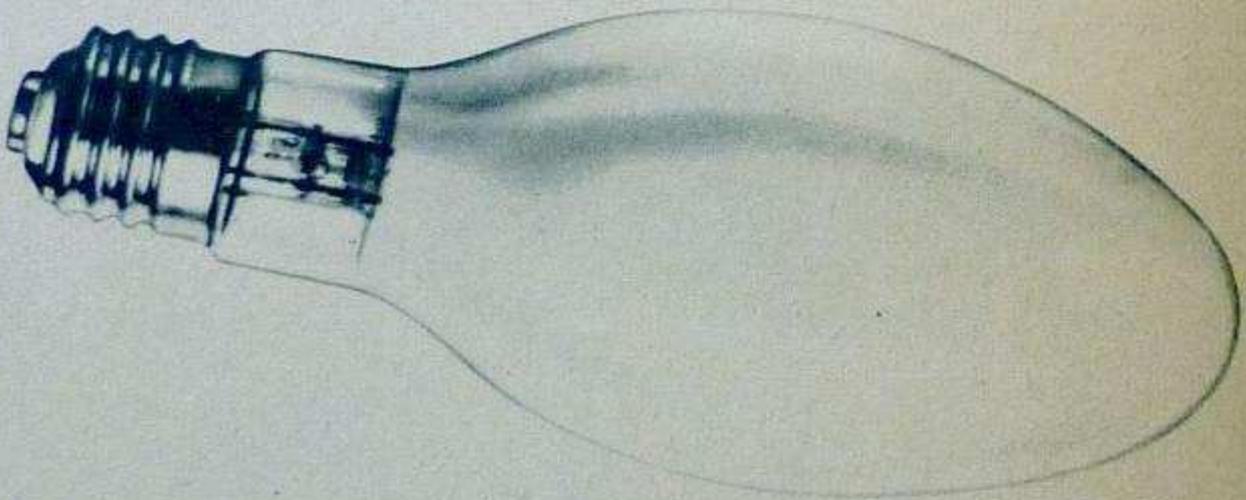
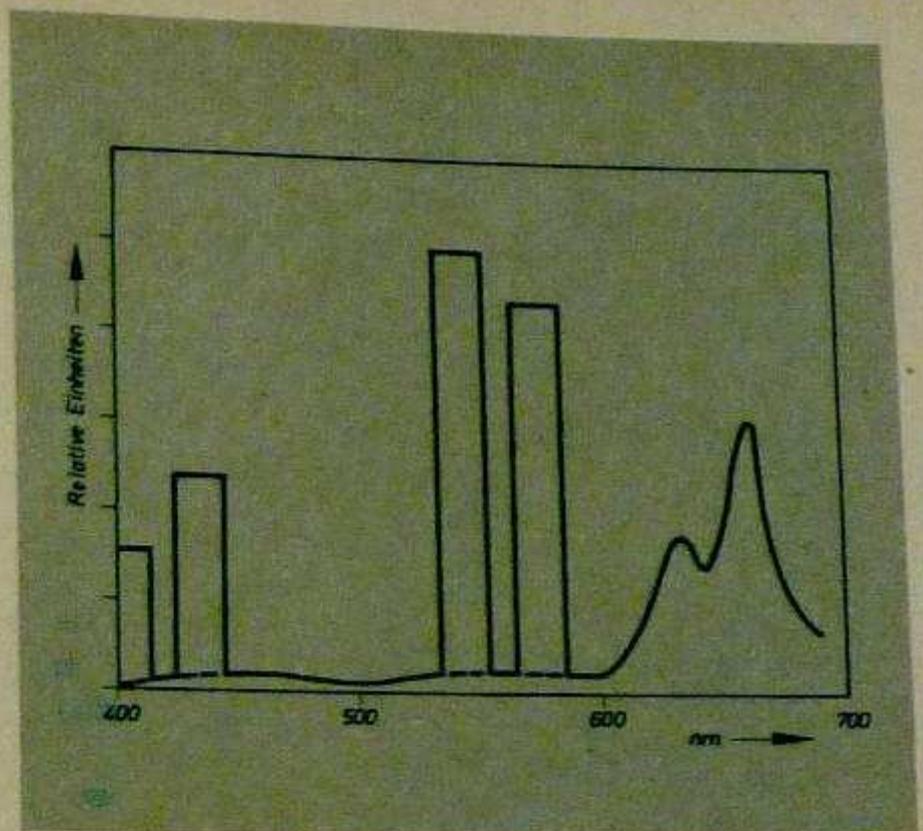


Abb. 6/5 F Quecksilber-Hochdrucklampe HQLS 250

6.4.3.3. Typenreihe HQLG (mit Leuchtstoff, Farbtyp Goldweiß)

Goldweiß-Lampen weisen einen Leuchtstoff auf, der gegenüber Silberweiß-Lampen einen höheren Rotgehalt aufweist, der $\geq 6\%$ ist. Weiterhin zeichnet sich der Leuchtstoff der Goldweiß-Lampen noch dadurch aus, daß er eine teilweise Linienschwächung (speziell die der blauen Linie 435,8 nm) bewirkt, die sich neben dem höheren Rotgehalt auch auf die Farbwiedergabe auswirkt.

Abb. 6/6
Relative spektrale
Energieverteilung
für HQLG-Lampen



Goldweiß-Lampen werden daher überall dort angewandt, wo eine bessere Farbwiedergabe erwünscht ist. Dies gilt besonders für die Innenraumbeleuchtung, für die Gleisfeldbeleuchtung sowie für Teile der Verkehrsbeleuchtung.

Als Richtwert der ähnlichsten Farbtemperatur wird 5000°K genannt, der allgemeine Farbwiedergabe-Index R_a beträgt 38 (Richtwert).

Vergleicht man nebeneinanderliegende Lampen vom Typ Goldweiß und Silberweiß, so kann man für die visuelle Unterscheidung folgenden Hinweis geben

Silberweiß – reinweißes Aussehen der Lampe

Goldweiß – leicht gelbe Einfärbung der Lampe
(leuchtstoffbedingt)

Leistungstyp W	Lichtstrom lm	Lichtausbeute lm/W	
		Lampe	Lampe und Vorschaltgerät
HQLG	50	36.0	29.5
	80	37.5	33.4
	125	42.0	38.0
	250	46.0	43.0
	400	51.2	48.2
	700	52.8	50.0
	1000	52.0	49.2

Mit der Einführung der Goldweiß-Lampen ist speziell in der Innenraumbeleuchtung mit Quecksilber-Hochdrucklampen eine entscheidende Verbesserung der Beleuchtung erreicht worden. Die ausgewogene Farbwiedergabe und die gute Farbunterscheidungsmöglichkeit geben der Innenraumbeleuchtung mit Quecksilber-Hochdrucklampen neue Impulse. Wenn zahlenmäßig die Farbwiedergabe auch nicht so stark unterschiedlich ist in Gestalt der beiden Farbwiedergabe-Indizes R_a 26 (Silberweiß) und 38 (Goldweiß), so ist hierbei zu erwähnen, daß für den allgemeinen Farbwiedergabe-Index R_a im Bereich bis 50 keine lineare Funktion besteht. Der in etwa lineare Bereich für R_a liegt zwischen 50 und 100. Daraus folgt, daß der Unterschied von nur 12 Einheiten (zwischen 26 und 38) wesentlich höher zu bewerten ist.

Auch für gewisse Aufgaben der Pflanzenzucht dürfte durch die hohe Emission im roten Spektralbereich und durch die hohe Leistungskonzentration der Lampe der Typ Goldweiß in Frage kommen.

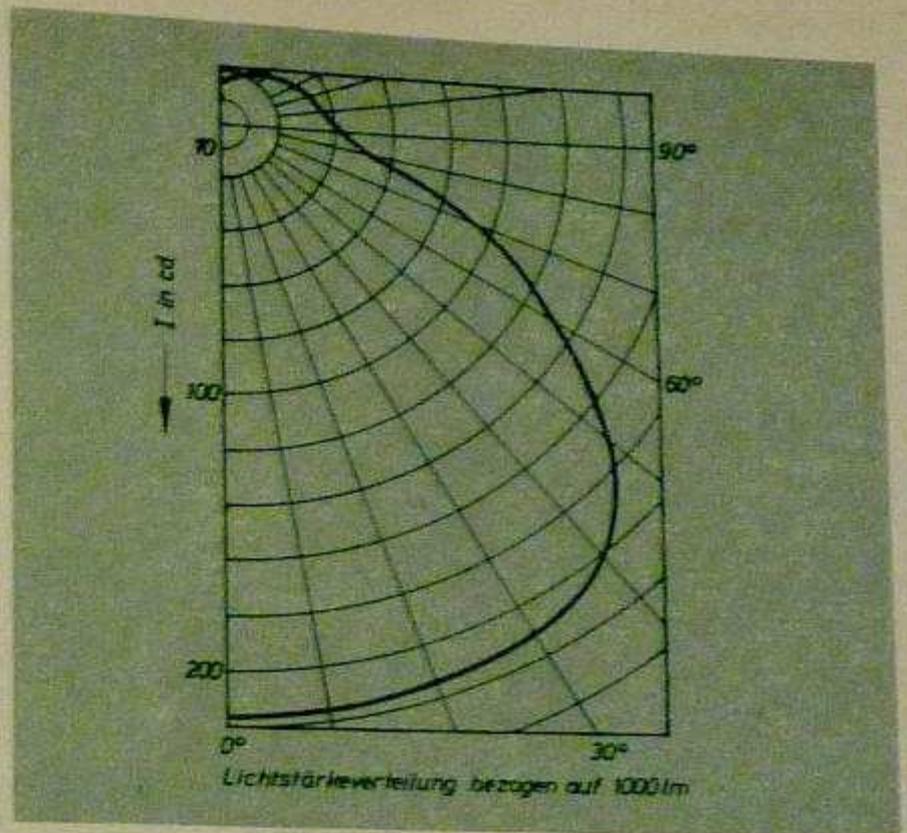
6.4.3.4. Typenreihe HQRS/HQRG (Lampen mit Innenreflektor und Leuchtstoff)



Abb. 6/7 F Quecksilber-Hochdrucklampe mit Innenreflektor 250 W Goldweiß - HQRG 250

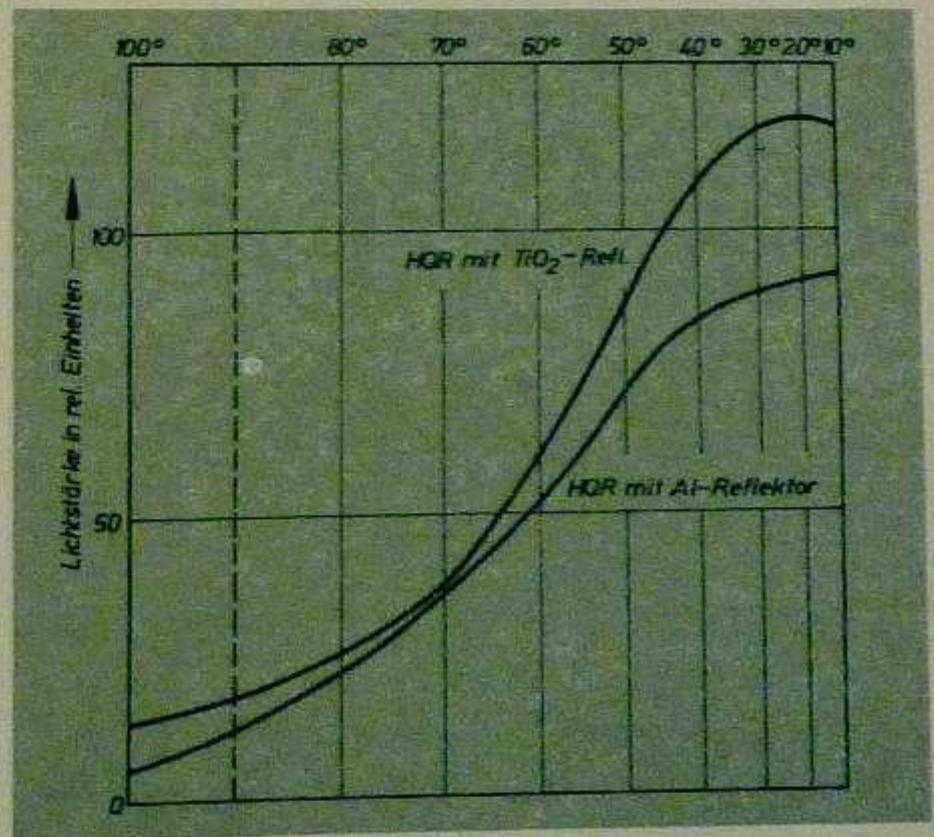
In der Innenraumbeleuchtung werden Quecksilber-Hochdrucklampen mit Innenreflektor in zunehmendem Maße verwendet. Diese Lampen besitzen einen hochwirksamen Innenreflektor, der dem Licht eine Verzugsrichtung gibt. Die Lichtverteilung ist in etwa mit der eines Emaille-Tiefstrahlers zu vergleichen.

Abb. 6/8 F
Lichtstärkeverteilung
einer Quecksilber-
Hochdrucklampe mit
Innenreflektor 250
bzw. 400 W, bezogen
auf 1000 lm



Die Lichtverteilung erhält man durch die Kolbenform und eine an den Seiten befindliche Reflektorschicht. Letztere besteht neuerdings aus Titandioxid im Gegensatz zu der früher aus Aluminium bestehenden Reflektorschicht. Titandioxid besitzt gute Reflexionseigenschaften ($> 90\%$) und eine geringe Lichtabsorption. Mit der Reflektorschicht aus Aluminium wurden dagegen nur Reflexionswerte von $75\text{--}80\%$ erreicht. Durch die Verbesserung der Reflektorschicht gelang eine Steigerung des Nutzlichtstromes der Reflektorlampen um den Faktor 1,25. Die Verbesserung ist auch den nachfolgenden Abbildungen zu entnehmen.

Abb. 6/9
Lichtstärkewerte,
bezogen auf
1000 lm einer
Quecksilber-Hochdruck-
lampe mit Innenreflektor
aus Aluminium (Al) und
Titandioxid (TiO_2).



Nach dem Einbringen der Reflektorschicht wird die Reflektorlampe mit Leuchtstoff versehen.

Bei der Beleuchtung mit Reflektorlampen darf man nicht von dem um 10% geringeren Wert des Lichtstromes ausgehen, sondern muß den Lichtstrom der Reflektorlampe mit dem Leuchtenlichtstrom, wie z. B. an folgendem Beispiel, vergleichen.

Lichtstrom:	normale Lampe HQLG 250 11 500 lm	Reflektorlampe HQRG 250 10 500 lm
Leuchtenlichtstrom	(Bsp. Emailletiefstrahler): 8900 lm mit HQLG 250	

Dieser Vergleich gilt im wesentlichen nur für Emaille-Tiefstrahler, wo die Lichtverteilung der Leuchte und der Reflektorlampe in etwa gleich sind. Tiefstrahler mit Spiegelreflektor und der Verstellbarkeit auf Konzentration und Streuung weisen höhere Werte der Lichtstärke auf und besitzen eine andere Lichtverteilung (tiefstrahlend).

Ein wesentlicher Vorteil der Reflektorlampen besteht jedoch darin, daß sie im Laufe der Betriebszeit einen kaum merkbaren Lichtverlust aufweisen. Das ergibt sich aus der Tatsache, daß in der Regel die Staubablagerung auf der Lampenrückseite erfolgt, also dort, wo die Reflektorlampe ohnehin so gut wie kein Licht aussendet. Die Staubablagerung hat demnach keinen Einfluß auf Lichtaussendung, während bei der normalen Lampe die Staubablagerung auf der Lampe überall erfolgt und somit die Lichtaussendung merklich verringert. Hinzu kommt noch, daß außerdem durch die Leuchtenverschmutzung sich eine weitere Minderung ergibt und somit der Leuchtenlichtstrom erheblich absinken kann. Diese Betrachtung gilt im wesentlichen für offene Reflektorleuchten.

Reflektorlampen besitzen Leuchtenfunktion, daher braucht eine Leuchte für diese Lampen im wesentlichen nur Stromversorgungs-, Schutz- und Haltefunktionen zu besitzen.

Der Einsatz der Reflektorlampen 250 und 400 W erfolgt im wesentlichen in Räumen mit 5–8 m Lichtpunkthöhe.

Leistungstyp W	Lichtstrom lm	Lichtausbeute lm/W	
		Lampe	Lampe und Vorschaltgerät
HQRG 250	10 500	42,0	39,2
HQRS/HQRG 400	18 500	46,2	43,4

Auf Grund der besseren Farbwiedergabeeigenschaften dürfte jedoch zukünftig fast ausschließlich die Goldweißausführung in Frage kommen (HQRG).

Dem neuen Typ HQRG 250 wird für viele Rekonstruktionsmaßnahmen eine besondere Bedeutung zukommen. Ohne Mehraufwand an Elektroenergie können ältere Glühlampen-Anlagen 300 W mit Emaille-Tiefstrahlern durch Zwischenschaltung eines Vorschaltgerätes umgerüstet werden auf Reflektorlampen 250 W (HQRG 250), wobei ein erheblicher Beleuchtungsstärkegewinn erzielt wird.

6.4.3.5. Typenreihe HQKRG

(Lampen mit normalem Kolben und Innenreflektor, Goldweiß-Ausführung)

Diese Lampen HQKRG gehören ebenfalls zur Gruppe der Reflektorlampen mit dem Unterschied, daß für diese Baureihe normale Kolben aus der Reihe der Lampen HQLS bzw. HQLG verwendet werden, die vor der Leuchtstoffbeschlämmung noch eine Reflektorschicht erhalten.

Derartige Lampen eignen sich für die Innenraumbeleuchtung sowie für die Außenbeleuchtung (besonders zur Bestückung älterer Leuchten mit hängender Lampenanordnung, wo der Reflektor durch die Witterungseinflüsse nicht mehr das nötige Reflexionsvermögen besitzt).

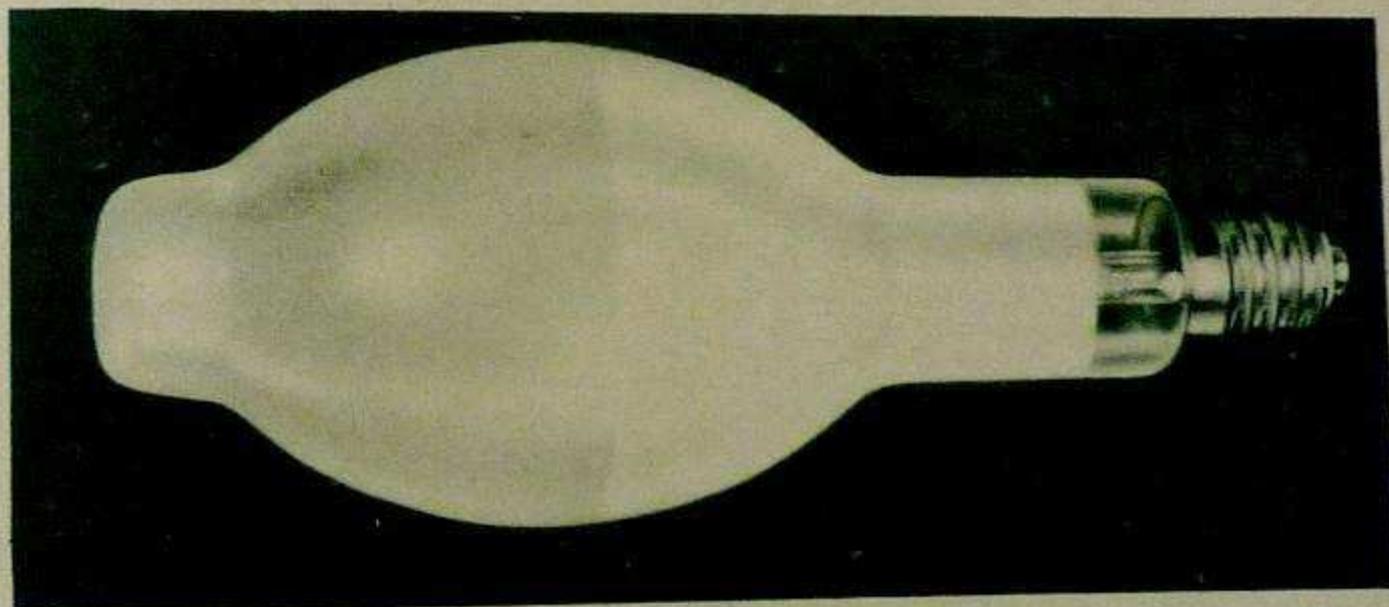


Abb. 6/10 F Quecksilber-Hochdrucklampe mit normalem Kolben und Innenreflektor HQRG 250

Leistungstyp W	Lichtstrom lm	Lichtausbeute lm/W	
		Lampen	Lampen und Vorschaltgerät
HQKRG 80	2700	33,8	30,0
125	4750	38,0	34,4
250	10500	42,0	39,2

Die kleineren Leistungstypen 80 und 125 W dieser Baureihe dürften für eine einfache Außenleuchte interessant sein, die ohne lichtlenkende Bauteile bestehen kann, da der Reflektor bereits in der Lampe ist.

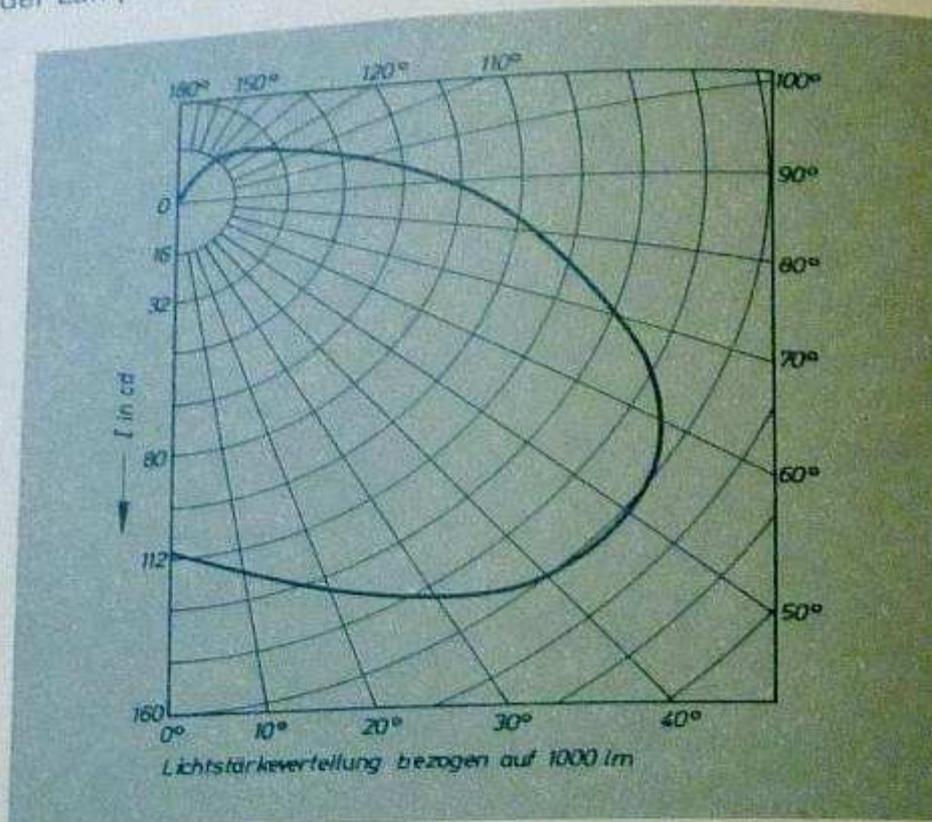


Abb. 6/11
Lichtstärkeverteilung
einer Lampe HQKRG

6.5. Vorschaltgeräte für Quecksilber-Hochdrucklampen

Zum Betrieb der Quecksilber-Hochdrucklampen sind induktive Vorschaltgeräte (Drosseln) erforderlich, wobei diese in die Zuleitung zur jeweiligen Lampe zu schalten sind.

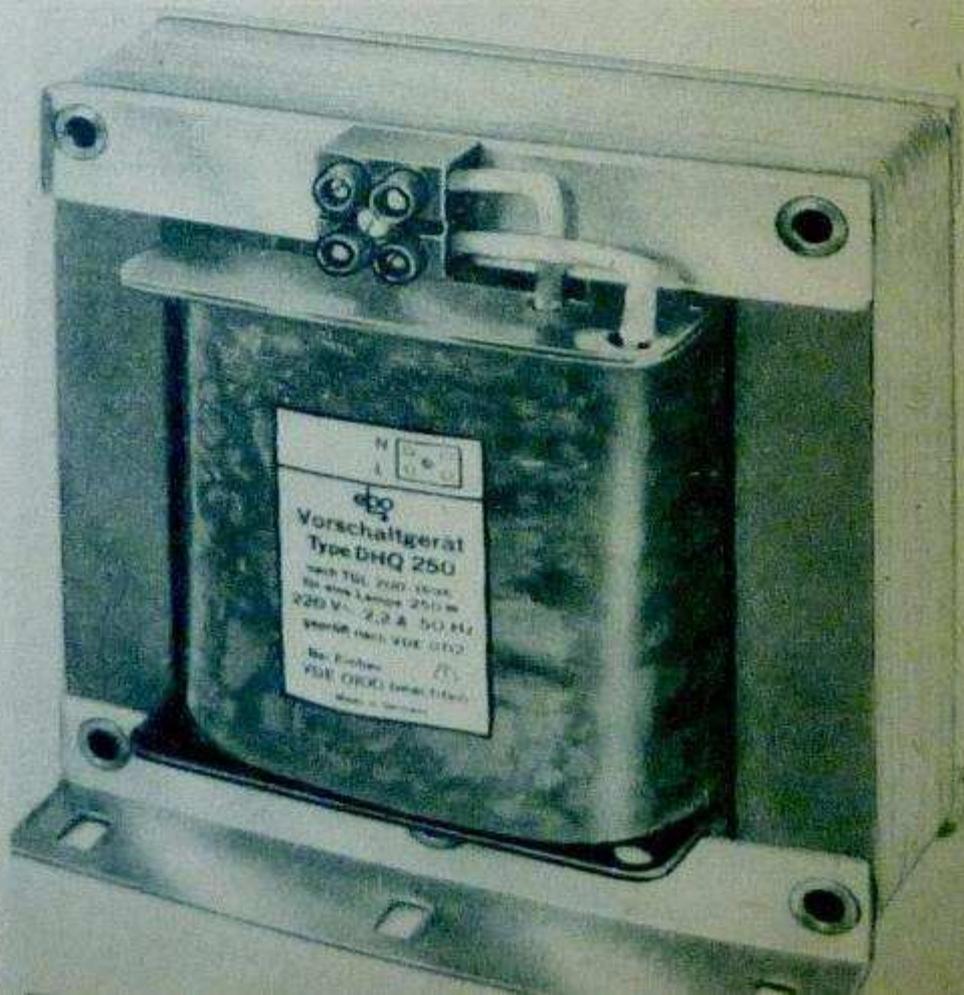
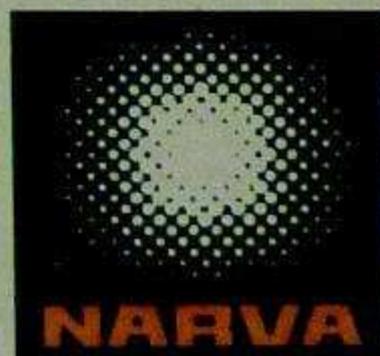


Abb. 6/12 F
Vorschaltgerät für
Quecksilber-Hochdruck-
lampen 250 W,
Fabrikat Elektrobau
Oschetz.

Vorschaltgeräte für Quecksilber-Hochdrucklampen besitzen die nachstehenden Kennwerte:

		Nennleistung der Lampe in W							
		50	80	125	250	400	700	1000	2000
Betriebsspannung	V	220 V/50 Hz							380 V/ 50 Hz
Betriebsstrom I_p 100	A	0,61 ±3%	0,8 ±3%	1,15 ±3%	2,15 ±3%	3,25 ±3%	5,40 ±3%	7,5 ±3%	8,0 ±3%
Prüfstrom I_p 25 ≥	A	0,139	0,185	0,27	0,50	0,76	1,36	1,75	1,92
Kurzschlußstrom I_k 100	A	0,95 ±10%	1,25 ±10%	1,8 ±10%	3,4 ±10%	5,1 ±10%	8,5 ±10%	12 ±12%	13,6 ±12%
Kurzschlußstrom I_k 110 ≤	A	1,3	1,70	2,40	4,60	6,90	12,0	15,80	17,6
Verlustleistung des VG	W	11	10	13	18	26	38	55	80
Scheitelfaktor		≤ 1,6							
Schutzgrad		IP 00							

Das Vorschaltgerät für die 1000-W-Lampe besteht aus 2 Vorschaltgeräten (Halbdrosseln), wird jedoch zukünftig in einer Einheit wie die anderen Vorschaltgeräte 50–400 W gefertigt. Das Vorschaltgerät für die 2000-W-Lampe besteht weiterhin aus 2 Vorschaltgeräten, die in Reihe geschaltet die entsprechende Einheit darstellen. Vorschaltgeräte für 50-W- und 700-W-Lampen z. Z. nicht in TGL 200–1596.



Herstellerübersicht

Hersteller	Vorschaltgerät für Lampentyp [W]								
	50	80	125	80/125	250	400	700	1000	2000
Elektrobau KG Oschatz (Sa.)				X			X		X
VEB Transformatorenwerk Reichenbach				X	X	X			
VEB Transformatorenwerk Falkensee		X	X						
VEB Vereinigte Elektrobetriebe Gera Sitz Weida	X	X	X	X	X				

Gekapselte Vorschaltgeräte 80–1000 W (Gehäuse aus Formstoff) zur Verwendung von Leuchten ohne eingebaute Vorschaltgeräte (z. B. Anstrahler, Emaille-Tiefstrahler) liefert LBL.

Schutzgrad IP 55, Schutzklasse II

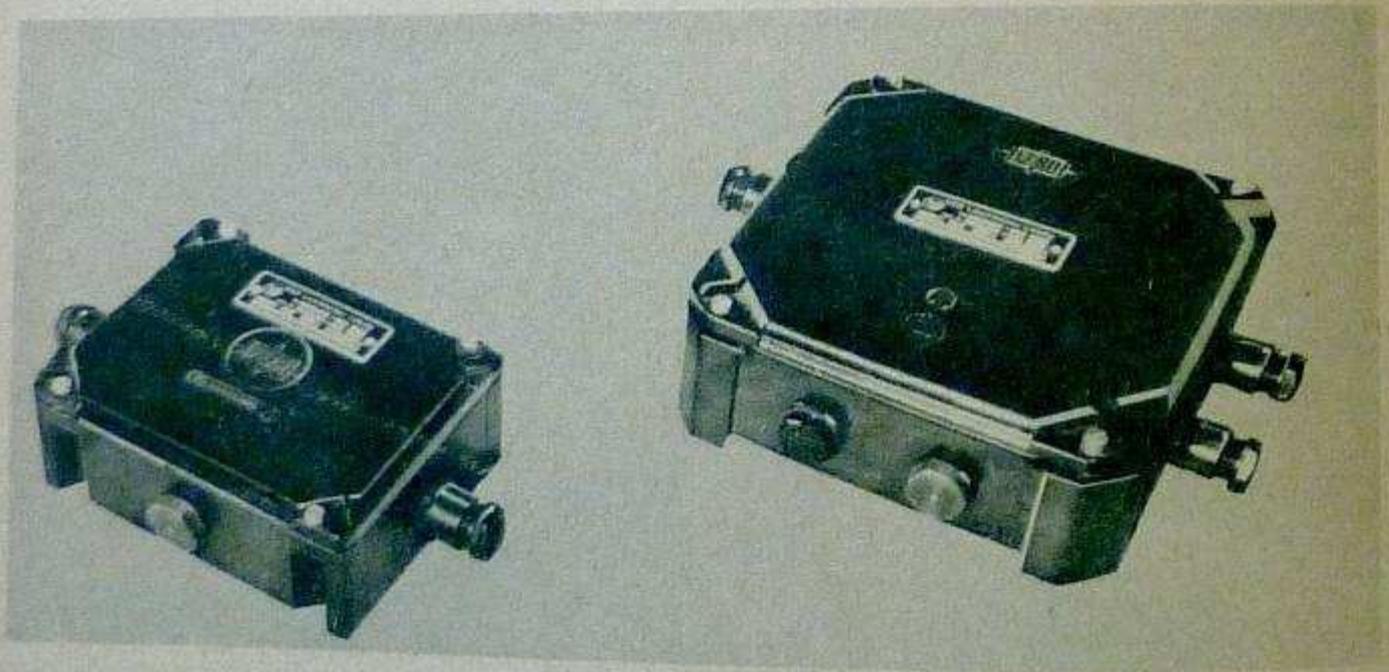


Abb. 6/13 F
Gekapseltes Vorschalt-
gerät für
Quecksilber-
Hochdrucklampen
von LBL

6.6. Schaltung

Die Inbetriebnahme von Quecksilber-Hochdrucklampen erfolgt unter Zwischenschaltung eines Vorschaltgerätes, welches den elektrischen Daten der Lampe entsprechen muß. Die Lampe zündet von selbst.

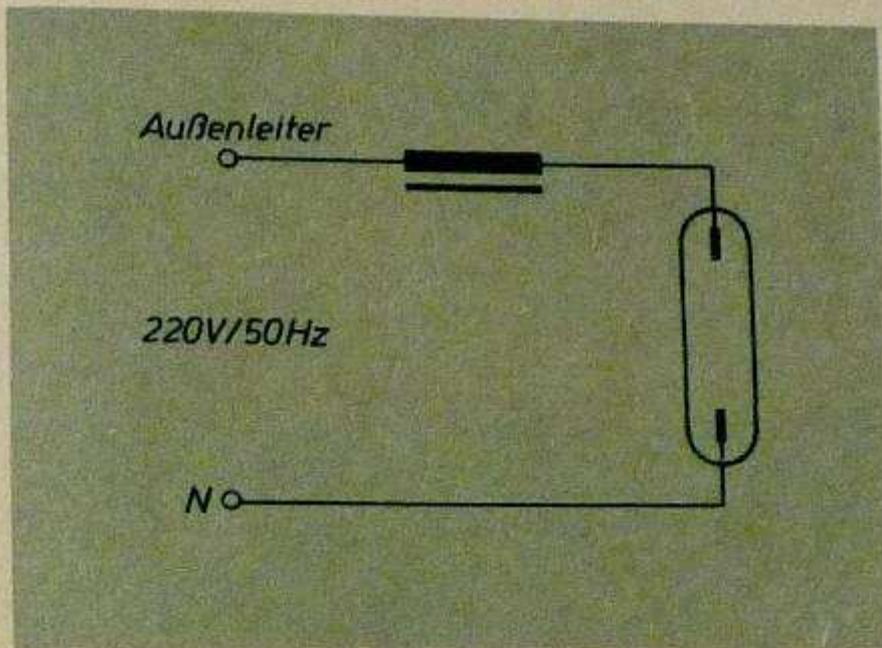
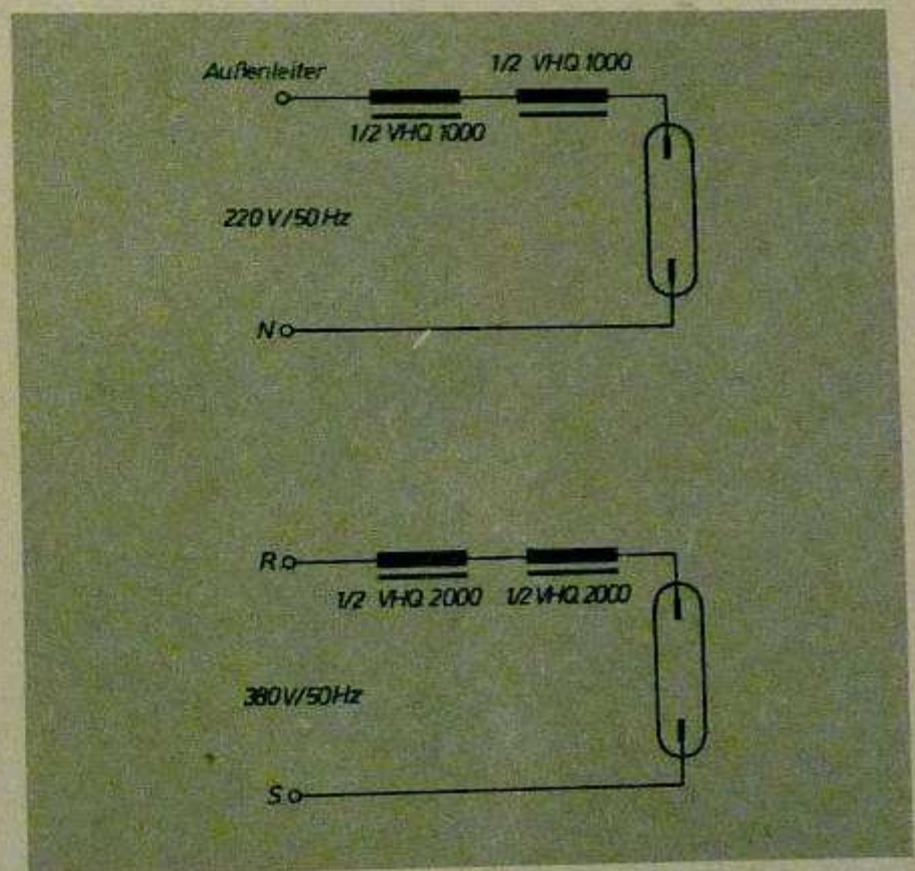


Abb. 6/14
Schaltung von
Quecksilber-
Hochdrucklampen

Abb. 6/15
Schaltung einer
Quecksilber-
Hochdrucklampe
1000 und 2000 W
unter Verwendung von
2 Vorschaltgeräten
(Halbdrosseln).
Die Schaltung gilt für
Lampen 1000 und
2000 W, wenn das
Vorschaltgerät die
Bezeichnung
1/2 VHQ 1000
bzw. 1/2 VHQ 2000
trägt. Zukünftig wird das
Vorschaltgerät für die
Lampe 1000 W als eine
anschlußfertige Einheit
geliefert, so daß die
Schaltung nur noch für
die Lampe 2000 W gilt.
Diese Hinweise gelten
für die Eigenmontage.
Bei Verwendung
handelsüblicher Leuchten
sind die Hinweise des
Leuchtenherstellers
zu beachten.



6.7. Betriebseigenschaften

Auf einige Eigenschaften der Quecksilber-Hochdrucklampen sei hier hingewiesen.

6.7.1. Anlaufperiode

Die elektrischen und lichttechnischen Werte der Lampe stellen sich erst einige Minuten nach dem Zünden ein, bis das Quecksilber restlos verdampft ist. Die Anlaufperiode dauert 3–5 Minuten bei Betriebsspannung, verlängert sich jedoch bei Unterspannung.

Während der Anlaufperiode steigen Lampenspannung, Leistungsaufnahme und Lichtstrom, während der anfangs fließende Anlaufstrom sich auf den Lampenstrom reduziert.

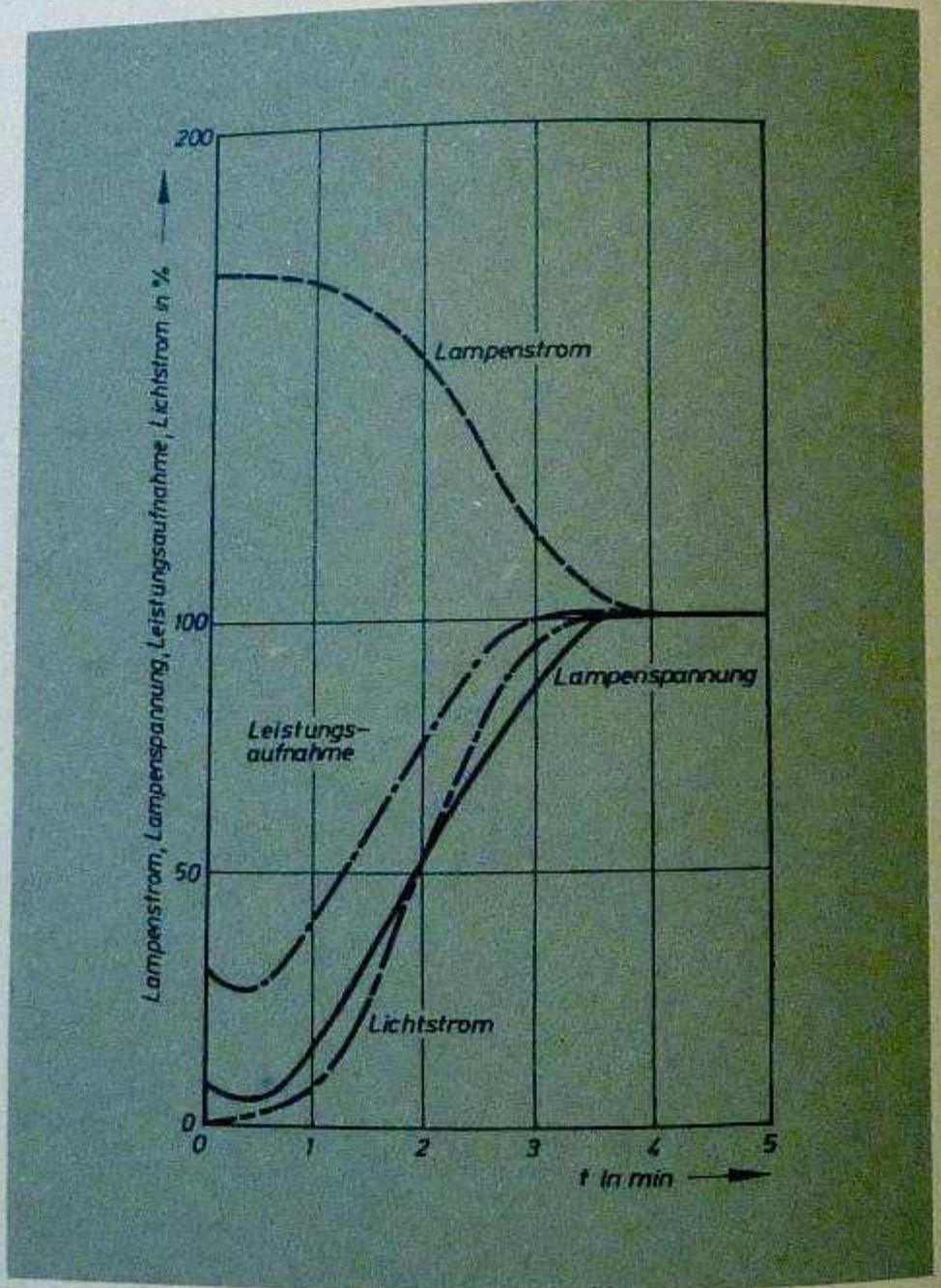


Abb. 6/16
Anlaufcharakteristik
einer Quecksilber-
Hochdrucklampe 400 W

6.7.2. Wiedierzündung

Nach dem Abschalten der Lampe ist eine sofortige Wiedierzündung an Netzspannung nicht möglich, da hierzu erst der Quecksilberdampf im Brenner einen geringeren Wert haben muß. Diese physikalisch bedingte Verzögerung dauert in der Regel 4–5 min, erst dann zündet die Lampe wieder.

6.7.3. Zündspannung

Die Zündspannung der Quecksilber-Hochdrucklampen liegt im allgemeinen bei folgenden Werten (V)

Lampentyp	+ 20 °C bis + 35 °C	– 15 °C	– 20 °C	– 25 °C
50–1000 W	190	200	209	200 ¹⁾
2000 W	300	340	360	–

¹⁾ mit speziellen Vorschaltgeräten

6.7.4. Verlöschen

Als Löschspannung wird diejenige Netzspannung bezeichnet, bei der die Lampe erlischt. Das Verlöschen der Lampe ist von verschiedenen Faktoren abhängig, so u. a. auch von der Brennlage der Lampe und der Lampenleistung. Im allgemeinen gelten hierfür folgende Werte nach Sturm für senkrechte Brennlage:

Lampen bis 250 W	185 V
Lampen ab 400 W	170 V

Es sei auch darauf hingewiesen, daß eine kurzzeitige Unterbrechung der Netzspannung zum Ausfall der Lampe führt, wenn die Dauer der Netzspannungsunterbrechung größer als 15 ms ist.

6.7.5. Einfluß der Netzspannungsschwankungen

Im Interesse der Erreichung optimaler Betriebswerte soll die Betriebsspannung stets 220 V betragen bzw. 380 V für die 2000-W-Lampe. Abweichungen von $\pm 10\%$ sind zulässig. Für die Zündung gelten die Werte unter 6.7.3.

Abweichungen der Netzspannung wirken sich auf die Lampenspannung kaum spürbar aus, jedoch ist eine Zunahme bzw. Abnahme des Lampenstroms, der Leistungsaufnahme und des Lichtstroms bei Änderungen der Netzspannung deutlich feststellbar. Diese Abhängigkeit ist den drei folgenden Abbildungen zu entnehmen, die für Lampen 80–250 W ermittelt wurde.

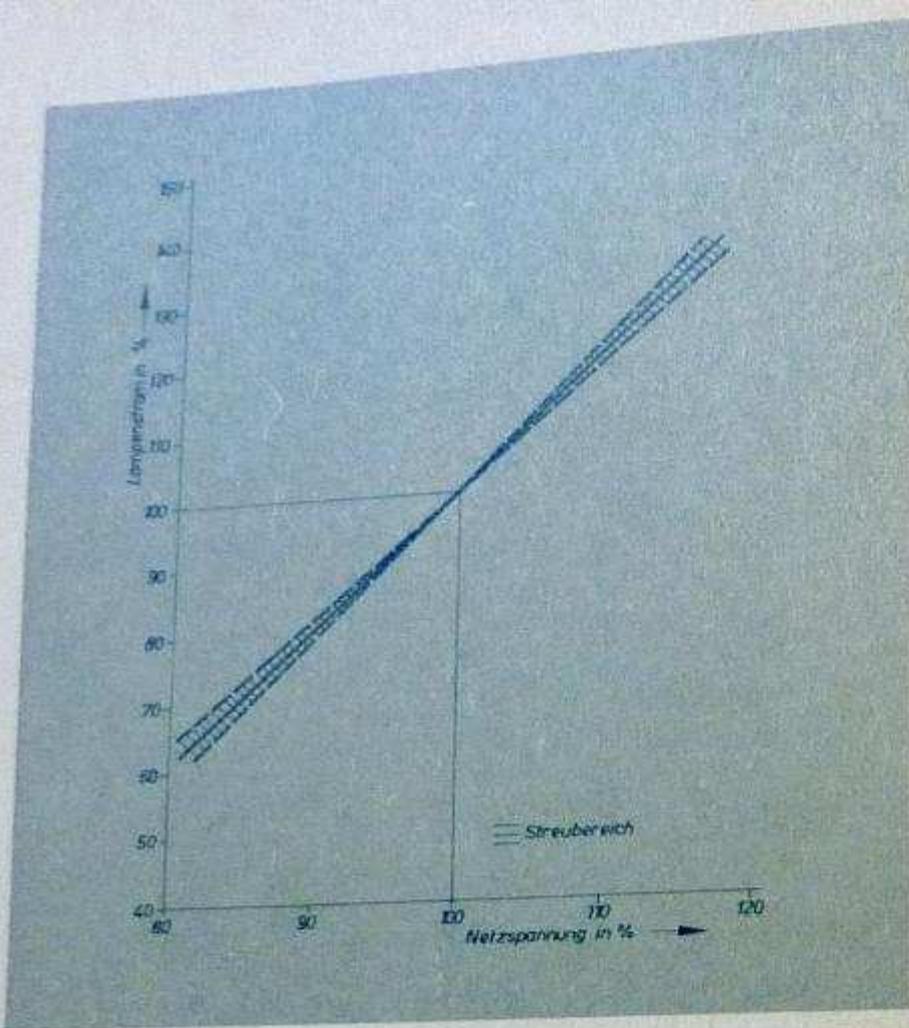


Abb. 6/17
Lampenstrom als
Funktion der
Netzspannung

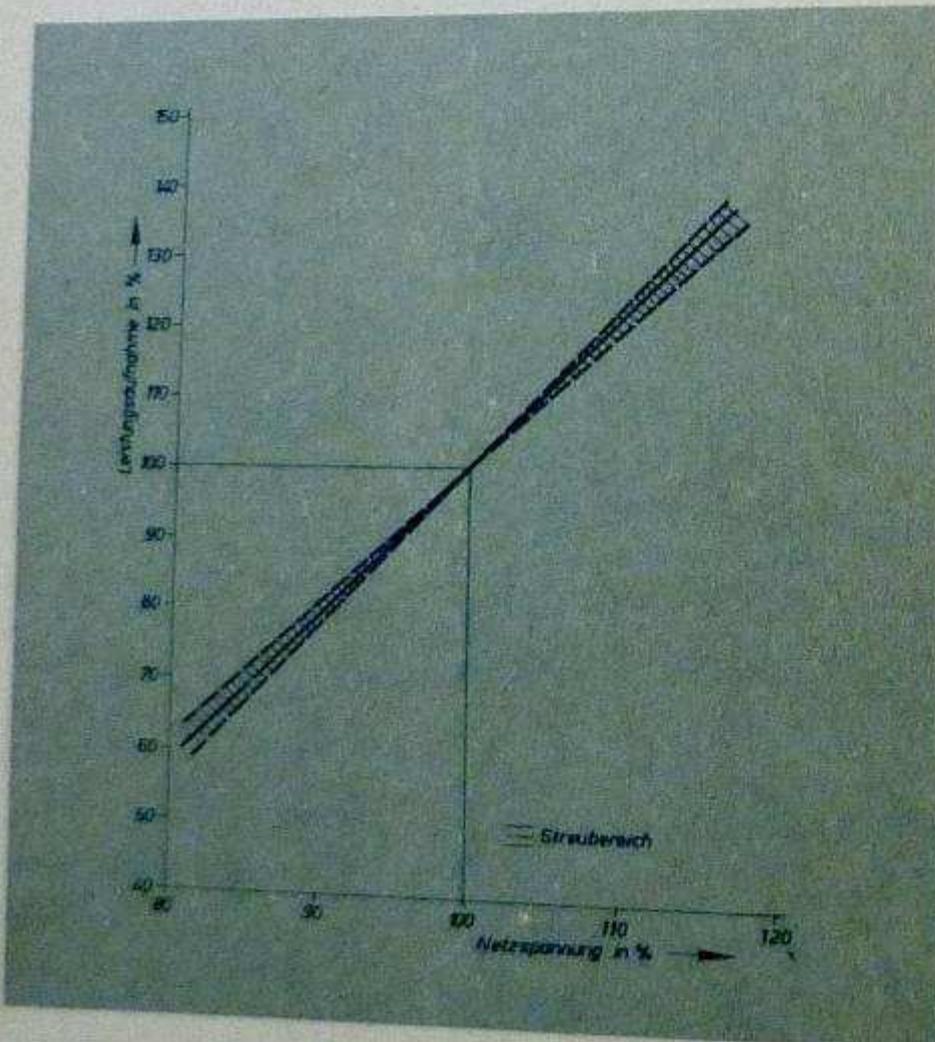
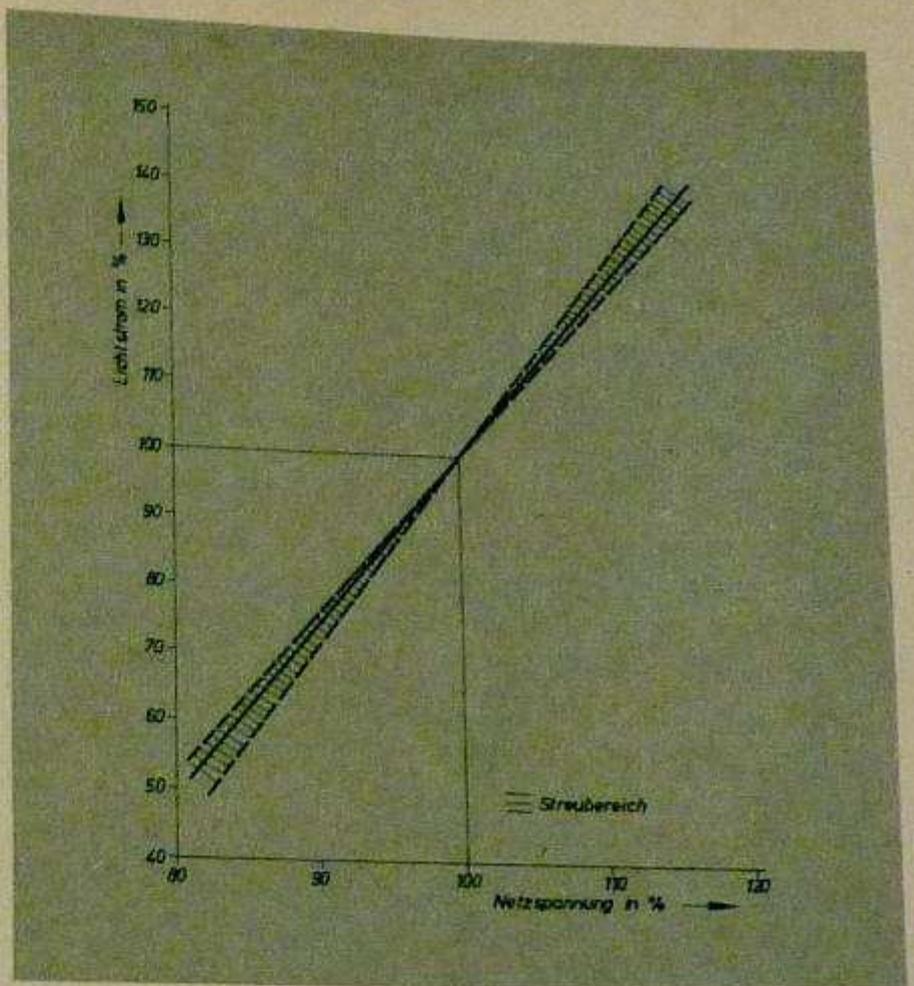


Abb. 6/18
Leistungsaufnahme als
Funktion der
Netzspannung

Abb. 6/19
Lichtstrom als
Funktion der
Netzspannung



6.7.6. Temperaturen an der Lampe

Zur Orientierung seien folgende Temperaturwerte genannt (frei brennende Lampe)
Lampe 125 W

Meßstelle	Brennlage senkrecht Sockel oben	Brennlage waagrecht Oberseite
Sockelrand	135 °C	325 °C
Äquator (größter Durchmesser)	235 °C	60 °C

Lampe 1000 W

Meßstelle	Brennlage senkrecht Sockel oben	Brennlage waagrecht Oberseite
Sockelrand	130 °C	nicht gemessen
Äquator (größter Durchmesser)	285 °C	nicht gemessen

Beim Betrieb der Lampen in der Leuchte darf der Sockelrand der Lampen keine höheren Temperaturen wie angegeben annehmen.

Lampen 50–400 W	180 °C
Lampen 700 und 1000 W und 400-W-Reflektor	220 °C
Lampe 2000 W	240 °C

6.7.7. Brennlage

Die Brennlage der Quecksilber-Hochdrucklampen ist beliebig. Die elektrischen und lichttechnischen Werte gelten für die senkrechte Brennlage (Sockel oben). Bei waagerechter Brennlage ergibt sich ein um ca. 3 % geringerer Wert des Lichtstromes.

6.7.8. Lichtstromverhalten

Nach TGL 9563 müssen Quecksilber-Hochdrucklampen nach 70 % der in TGL 9563 genannten Lebensdauer noch 70 % des Lichtstromes aufweisen. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, daß diese Werte je nach Leistungstyp verschieden unterboten werden, d. h., der Lichtstromabfall liegt unter dem Grenzwert von 30 % bei 70 % der Lebensdauer. Dabei zeigen die Leistungstypen 250 und 400 W günstigere Werte als die kleineren Typen bis 125 W, eine herstellerunabhängige Erscheinung.

6.8. Lebensdauer

Die Lebensdauer der Quecksilber-Hochdrucklampen ist wie bei allen Entladungslampen stark abhängig von den Betriebsbedingungen. Nach TGL 9563 werden für die Lebensdauer der einzelnen Typen folgende Werte angegeben:

Lampentyp der Nennleistungsaufnahme in W	Mittlere Lebensdauer in Std. bei 2 Unterbrechungen in 24 Std.
50	5 000
80, 125, 700	7 000
250, 400	8 000
1 000	6 000
2 000	3 000
Reflektorlampe HQR 250, 400	7 000
Reflektorlampe HQKRG	
80, 125	6 000
250	7 000

6.9. Anwendungsgebiete der Quecksilber-Hochdrucklampen

Die Anwendung der Quecksilber-Hochdrucklampen ist sehr vielseitig. Ausgehend von einigen markanten Eigenschaften wie z. B.

- Hohe Lichtausbeute
- Hohe Lebensdauer
- Hohe Lichtstromeinheit pro Lampe
- Temperaturunabhängigkeit des Lichtstroms
- Kleine, handliche Bauform mit Schraubsockel
- Keine äußeren Zündmittel
- Variable Lichtfarbe

lassen sich drei große Gebiete umreißen

Außenbeleuchtung
Industriebeleuchtung
Sonderanwendungen

Aus der Fülle der Anwendungen seien genannt

Verkehrsbeleuchtung (Straßen und Plätze)
Gleisfeldbeleuchtung
Beleuchtung von Bahnsteigen
Beleuchtung von Verkehrsdepots
Bauplatzbeleuchtung
Tagebaubeleuchtung
Hafen- und Kaianlagen, Schleusen,
Oberdeckbeleuchtung von Schiffen
Parks und Grünanlagen
Durchleuchtete Verkehrszeichen
Flugplatzbeleuchtung (Vorfeld)
Hangarbeleuchtung
Mittelhohe und hohe Werkhallen
Gießereien
Lagerräume
Industriell genutzte Freiflächen
Werkstraßen
Anstrahlung von Gebäuden
Reproduktion, Klischeeherstellung, Pauserei
Pflanzenanzucht

Für die Innenraumbelichtung werden vorwiegend Lampen ab 250 W zum Einsatz gelangen. Die große Palette mit Leistungseinheiten von 1000 und 2000 W gestattet die Realisierung ansprechender Beleuchtungsniveaus auch bei großen Lichtpunkthöhen. Neben den normalen Lampen werden vielfach auch Quecksilber-Hochdrucklampen mit Innenreflektor für die Hallenbeleuchtung verwendet. Dabei dürfte hier zukünftig von der Lichtfarbe her die Goldweiß-Ausführung dominieren. Durch die Einführung der Lichtfarbe Goldweiß wird auch die Mischlichtbeleuchtung hinfällig. Die für Glühlampenbestückung gedachte Brennstelle der zweilampigen Leuchte kann durch Einfügen eines Vorschaltgerätes in die Zuleitung umgerüstet werden für eine weitere Quecksilber-Hochdrucklampe, wobei neben dem Lichtstromgewinn auch noch durch höhere Lebensdauer der Quecksilber-Hochdrucklampe gegenüber der Glühlampe der Wartungsaufwand sinkt.

7. METALL-HALOGENLAMPEN

Metall-Halogenlampen der Typenreihe HQI sind den Quecksilber-Hochdrucklampen verwandt. Der Entwicklung dieser Lampen liegen die Forderungen nach einer hohen Lichtausbeute, einer guten Farbwiedergabe und einer hohen Lichtstromeinheit pro Lampe zugrunde.

Eine höhere Lichtausbeute und eine gute Farbwiedergabe läßt sich durch Auffüllen der Lücken des Spektrums der Quecksilber-Hochdruckentladung mit geeigneten Metallzusätzen erreichen, wobei folgende Voraussetzungen zu erfüllen sind:

1. Strahlungsemission im sichtbaren Spektralbereich
2. Verträglichkeit der Zusätze mit den Materialien des Brenners und der Elektroden
3. Ausreichend hoher Dampfdruck der Zusätze bei den zulässigen Brenntemperaturen
4. Niedrige Anregungsspannung der Linien

Man fand heraus, daß ein Gemisch folgender Jodide in Verbindung mit dem Quecksilber gute Farbeigenschaften (angenehme Lichtfarbe, gute Farbwiedergabe) und eine hohe Lichtausbeute bewirkt:

NaJ – Natriumjodid
TlJ – Thalliumjodid
InJ – Indiumjodid

Die Spektrallinien dieser Zusätze überlagern sich dem Spektrum der Quecksilber-Hochdruckentladung und füllen seine Lücken auf. Dabei ist von Vorteil, daß von den Zusätzen speziell Na und Tl intensive Linien in der Nähe des Maximums des spektralen Hellempfindlichkeitsgrades abstrahlen. Weiterhin ist zu bemerken, daß Natriumjodid (NaJ) im Vergleich zum elementaren Natrium die Quarzwand nicht angreift.

7.1. Spektrum

Metall-Halogenlampen weisen im Bereich 400–700 nm folgende stark ausgeprägte Linien auf, die von folgenden Elementen stammen:

Element	Wellenlänge nm	Element	Wellenlänge nm
Hg	404,7	Na	589,0
	407,8		589,6
	435,8	Tl	535,0
	546,0		
	577,0/579,0		
		In	451,1
			410,2

Dabei ist die Intensität der Hg-Linien geringer auf Kosten der Anregung der Zusätze.

Neben den Linien ist ein gegenüber diesen schwaches Kontinuum vorhanden, welches auch im Bereich über 600 nm neben einigen nicht so intensiven Linien des Thalliums und des Natriums vorhanden ist.

7.2. Ausführung der NARVA-Metall-Halogenlampen HQI

Die Arbeiten an Metall-Halogenlampen führten zu folgenden Leistungstypen:

HQI 2 000

HQI 400

Bei der Lampe HQI 2 000 handelt es sich um einen leistungsfähigen Typ für waagerechte Brennlage in Klarglasausführung. Auf einige Probleme einer solchen 2 000-W-Lampe mit großem Rohrdurchmesser und Elektrodenabstand sei im folgenden hingewiesen. Auf Grund der unterschiedlichen Dampfdrücke und Schwere der verschiedenen Zusätze ergibt sich, daß bei senkrecht brennenden Lampen eine Entmischung der Zusätze eintreten kann, die sich in deutlich erkennbaren Farbunterschieden entlang der Strecke zwischen den Elektroden zeigt. Daher wurde auf eine waagerechte Brennlage der Lampe HQI 2 000 orientiert. Die waagerechte Brennlage bedingt jedoch durch die thermischen Verhältnisse im Entladungsrohr eine Durchbiegung des Entladungskanals nach oben, wodurch die Oberseite des Brenners einer starken Belastung unterzogen wird. Durch geeigneten Lampenaufbau läßt sich unter Ausnutzung des durch die Lampe fließenden hohen Stromes ein Magnetfeld erzeugen, welches den Entladungskanal in die Mitte des Brenners drückt. Dadurch erreicht man einen schnelleren Anlauf der Lampe und eine gute Temperaturverteilung auf der Brennerwand, woraus gute Farbeigenschaften über die gesamte Brennzeit resultieren. Die Lampe HQI 2 000 ist in einer durch die Aufschrift „OBEN“ gekennzeichneten waagerechten Brennlage zu betreiben. Geeignet hierfür ist eine Rinnenspiegelleuchte.

Zur Verwendung im LBL-Flutlichtscheinwerfer 0240.1/1, der im Einsatz eine von der Waagerechten abweichende Betriebslage aufweist, ist ein Sondertyp einer Metall-Halogenlampe 2 000 W unter der Bezeichnung

HQI 2 000b

verfügbar. Diese Lampe ist für eine beliebige Brennlage verwendbar, wobei Lichtstrom, Lebensdauer und Farbeigenschaften zu Lasten der Brennlage gehen. Die Lampe HQI 400 ist ein Typ, der für eine beliebige Brennlage verwendbar ist, da durch den gegenüber dem 2 000-W-Typ wesentlich geringeren Elektrodenabstand merkbare Brennlageneinflüsse nicht gegeben sind. Die Lampe HQI 400 ist ebenfalls in Klarglas ausgeführt.

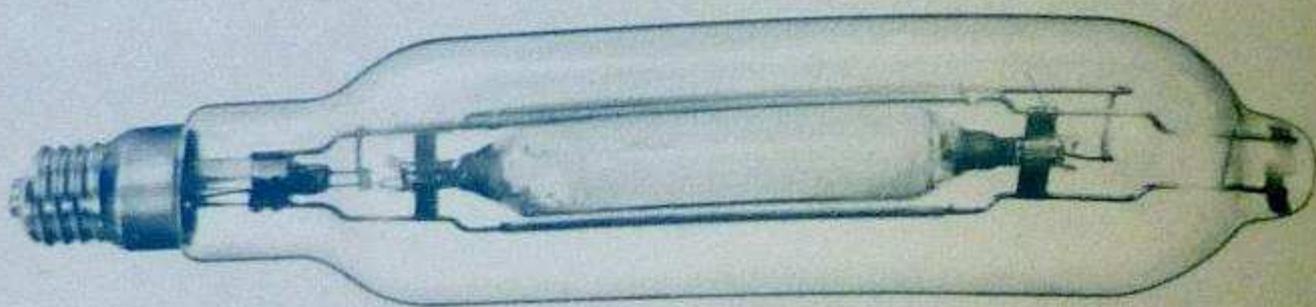


Abb. 7/1F HQI 2000, Ausführung für waagerechte Brennlage

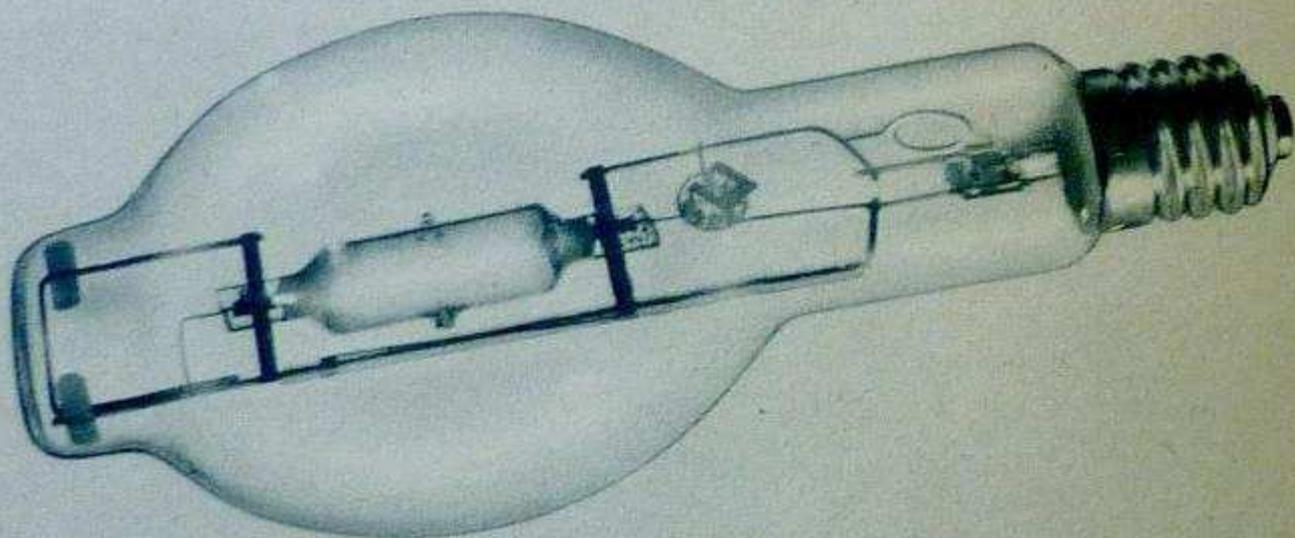


Abb. 7/2F HQI 400



7.3. Kennwerte

Kennwerte		HQI 400	HQI 2 000	HQI 2 000b
Betriebsspannung	V	220	380	380
Frequenz	Hz		50	
Leistungsaufnahme	W	400	2 000	2 000
Leistungsaufnahme mit VG	W	426	2 080	2 080
Lichtfarbe			Weiß	
Lichtstrom	lm	28 000	190 000	180 000
Lichtausbeute	lm/W	70	95	90
Lichtausbeute mit VG	lm/W	65,7	91,3	86,5
Lampenstrom	A	3,8	9,2	8,5
Anlaufstrom	A	5,0	14,0	14,0
Lampenspannung	V	115 ± 15 10	230 ± 15 10	245 ± 15
Anlaufzeit	min		3-5	
Lebensdauer	Std.	1 000	1 000	1 000
Brennlage		beliebig	waagrecht $\pm 10^\circ$	beliebig
Ausführung, Glasart			Klarglas, Hartglas	
Länge (Größtmaß)	mm	292	430	430
Durchmesser (Größtmaß)	mm	121	100	100
Sockel			E 40	

Anmerkung: Kennwerte gemessen bei waagerechter Lage der Lampe HQI 2 000b. Die Wiederezündzeit der HQI-Lampen ist abhängig von der Umgebungstemperatur und der Wärmekapazität der Leuchte. Bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C ergibt sich für die Wiederezündzeit im Mittel ein Wert von 15 min.

7.4. Betriebsbedingungen und Zubehör

Zum Anschluß der HQI-Lampen an das Wechselspannungsnetz ist ein Vorschaltgerät aus der Reihe für Quecksilber-Hochdrucklampen erforderlich. Dabei ist im Interesse speziell von Lichtstrom und Farbeigenschaften zu empfehlen, auf die Einhaltung der Netzspannung zu achten.

Die Zündung der Lampen erfolgt unterschiedlich je nach Lampentyp.

HQI 2 000,
HQI 2 000b

unter Verwendung eines Außenzündgerätes als selbständiges Bauelement,
Typ HQZ 2 000.

HQI 400:

durch in die Lampe eingebauten Thermostarter. Parallel zur Lampe ist zusätzlich ein Kondensator 0,1 bis 0,5 $\mu\text{F}/1\,000\text{ V}$ zu schalten, um die beim Zünden entstehenden Spannungsspitzen zu reduzieren. Die Zündung der Lampe erfolgt infolge der Aufheizung des Bimetalls erst nach einigen Sekunden.

Handelsüblicher Kondensator:

Metallpapierkondensator

0,1 $\mu\text{F}/630\text{ V}$

TGL 10 790

VEB Kondensatorwerk Gera

Hersteller des Außenzündgerätes (Schutzgrad IP 55) ist die Fa. Elektrobau Oschatz. Der Anschluß der Lampen HQI 400, HQI 2 000 und des Sondertyps HQI 2 000b erfolgt unter Zugrundelegung der nachstehenden Schaltbilder:

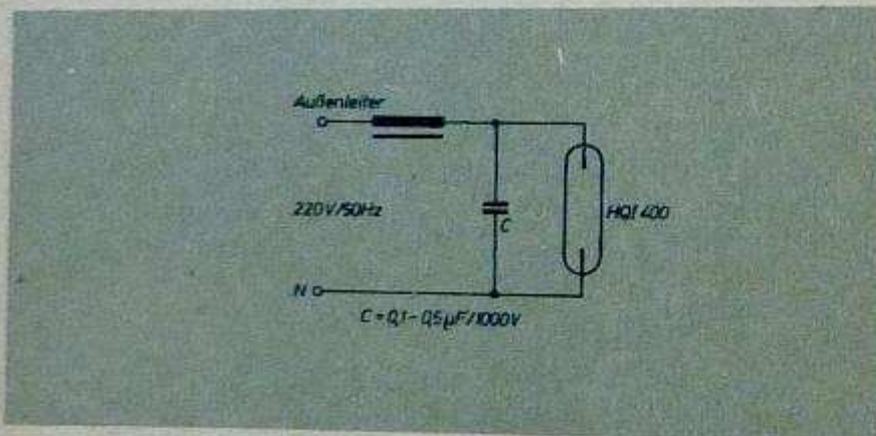


Abb. 7/3
Schaltung einer Lampe HQI (mit eingebautem Thermostarter)

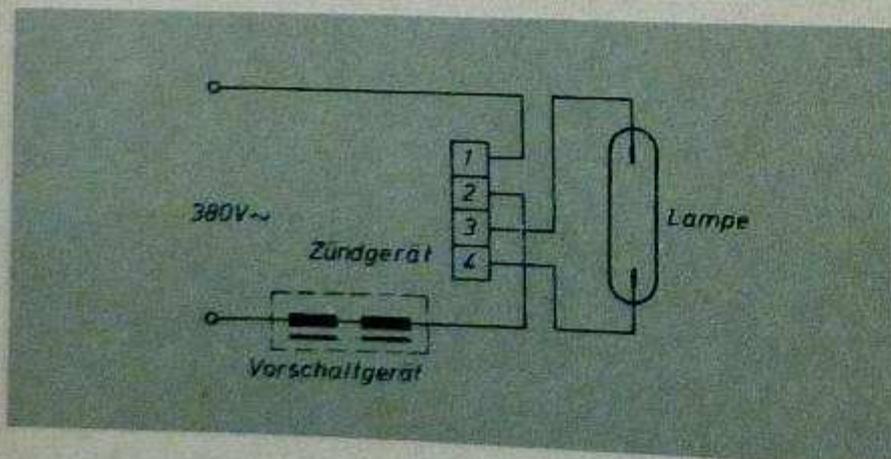


Abb. 7/4
Schaltung einer Lampe HQI 2 000 und HQI 2 000b. Auf die Reihenschaltung der zwei erforderlichen Vorschaltgeräte (Halbdrosseln) 1/2 VHQ 2 000 ist zu achten.

7.5. Anwendungsgebiete

Ausgehend von der hohen Lichtausbeute und der hohen Lichtstromkonzentration ergibt sich besonders für den Typ der Metall-Halogenlampe 2 000 W eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten, die nachstehend aufgeführt sind und im wesentlichen Sonderaufgaben in der Außenbeleuchtung darstellen:

Beleuchtung von Großbaustellen
Tagebaubeleuchtung
Gleisfeldbeleuchtung von großen Lichtpunkthöhen
Fassadenanstrahlung
Vorfeldbeleuchtung von Flughäfen
Beleuchtung industrieller Freiflächen
 z. B. Werften, Lagerplätze
Verkehrsbeleuchtung

Für die Lampe HQI 400 zeichnen sich neben der Innenraumbelichtung Einsatzgebiete in der Außenbeleuchtung ab, so z. B. als Lichtquelle für Anstrahlungen. Hier sei auf mögliche weitere Varianten hingewiesen. So kann man eine Metall-Halogenlampe mit nur einer Komponente von den Zusätzen versehen, um farbiges Licht zu erhalten, so z. B. grün oder blau. Auf diese Weise lassen sich effektvolle Lösungen erreichen. Dieses direkt in der Lampe erzeugte farbige Licht vermeidet das Einsetzen farbiger Anschlußgläser in die Scheinwerfer, die außerdem noch hohe Lichtverluste durch die Absorption bringen.

Weiterhin kann zukünftig eine andere Variante darin bestehen, daß die Lampe HQI 400 mit einem Innenreflektor aus TiO_2 versehen wird, so daß eine Reflektor-Metallhalogenlampe entsteht.

7.6. Ausblick

Metall-Halogenlampen sind vom Aufbau und von der Anwendung her neuartige Lichtquellen. Gemeinsame Versuche mit der Abteilung Verkehrsbeleuchtung der BEWAG Berlin mit Lampen HQI 400 und HQI 2.000 unter Praxisbedingungen in herkömmlichen Straßenleuchten lassen die Verbesserung der lichtwirtschaftlichen Kennziffern nicht ausgeschlossen erscheinen. Ergänzende Angaben enthält der Nachtrag.



8. WIRTSCHAFTLICHKEITSVERGLEICH

Zur Herausstellung der Wirtschaftlichkeit von Entladungslampen läßt sich in vereinfachter Form eine Rechnung durchführen, die die spezifischen Lampenkosten berücksichtigt.

Bei dieser Rechnung werden die Kosten für die Lampenbeschaffung sowie die während der Lebensdauer der Lampe anfallenden Stromkosten auf eine Lichtmenge von 1 Mlmh (1 Megalumenstunde = 1 Million Lumenstunden) bezogen.

Die spezifischen Lampenkosten a in M/Mlmh (Mark pro Megalumenstunde)

$$a = \frac{LP + P \cdot L \cdot E}{\phi \cdot L \cdot 10^{-6}} \text{ M/Mlmh}$$

- LP = Lampenpreis
- P = Leistungsaufnahme der Lampe einschließlich Verlustleistung des Vorschaltgerätes
- L = Lebensdauer der Lampe
- E = Energietarif in M/kWh
- ϕ = Lichtstrom der Lampe

Aus der Durchführung ergeben sich für vier verschiedene Lampen folgende Werte der spezifischen Lampenkosten a

Lampentyp	Spezifische Lampenkosten a
Glühlampe 40 W	11,40
Glühlampe 200 W	7,65
Leuchtstofflampe 40 W Weiß 20	2,57
Quecksilber-Hochdrucklampe mit Leuchtstoff 250 W (Goldweiß)	2,86

9. KOMPENSATION DER INDUKTIVEN BLINDLEISTUNG BEIM BETRIEB VON ENTLADUNGSLAMPEN AN WECHSELSPANNUNG

Die zur Stabilisierung des Betriebes von Entladungslampen bei Wechselspannung erforderliche Drossel bewirkt wegen ihres induktiven Widerstandes eine Phasenverschiebung. Die Drossel entnimmt dem Netz eine induktive Blindleistung, die jedoch durch Parallelschaltung eines Kondensators zum Netz bei entsprechender Bemessung ausgeglichen werden kann. Diese beiden entgegengesetzt gerichteten Blindleistungen heben sich auf. Diese Betrachtung gilt auch für den induktiven und kapazitiven Blindstrom.

Der durch den Drosselbetrieb hervorgerufene Blindstrom dient lediglich zur Aufrechterhaltung des magnetischen Feldes und bewirkt die bereits erwähnte Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Das Produkt aus Strom und Spannung entspricht nicht mehr der wirklichen Leistung, sondern weist einen größeren Wert auf und wird mit Scheinleistung bezeichnet. Entsprechend der Darstellung ergeben sich die nachstehenden mathematischen Verknüpfungen:

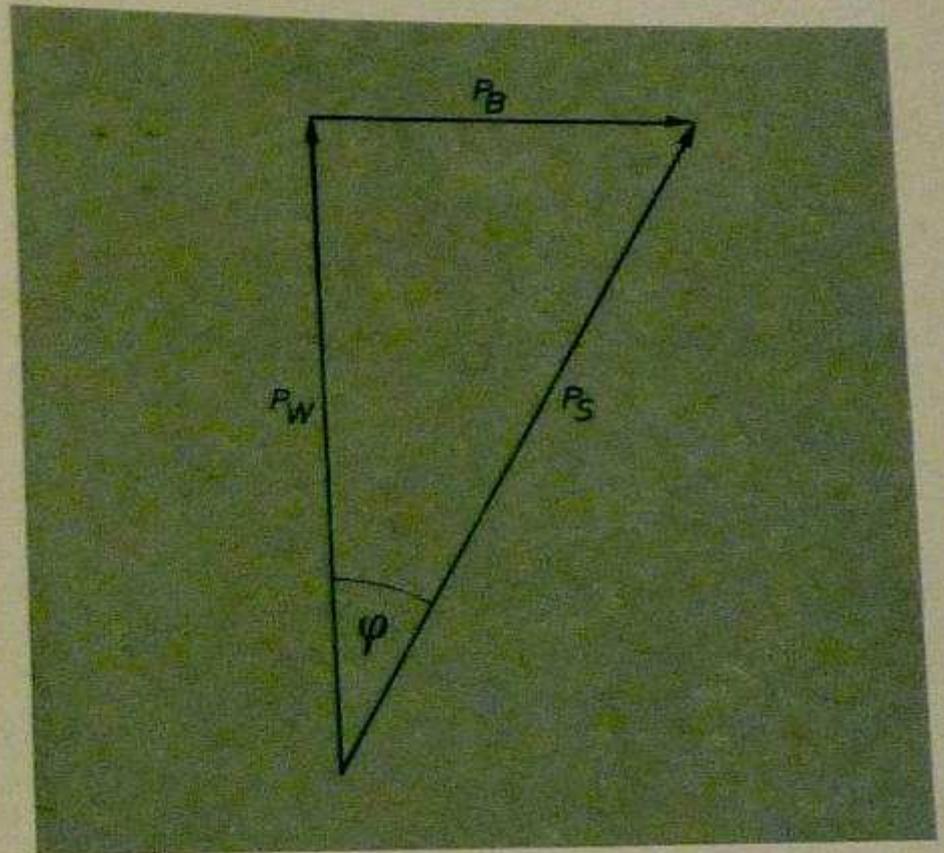


Abb. 9/1
Darstellung
der Leistungsarten

$$\text{Wirkleistung } P_W \quad (\text{W}) = \sqrt{P_S^2 - P_B^2}$$

$$\text{Blindleistung } P_B \quad (\text{Var}) = \sqrt{P_S^2 - P_W^2}$$

$$\text{Scheinleistung } P_S \quad (\text{VA}) = \sqrt{P_W^2 + P_B^2}$$

Der Winkel φ zwischen Scheinleistung und Wirkleistung stellt den sogenannten Leistungsfaktor $\cos \varphi$ dar.

Der mittlere Leistungsfaktor $\cos \varphi$ beträgt bei Entladungslampen 0,5. Durch geeignete Kondensatoren muß nun eine Verbesserung des Leistungsfaktorwertes nahe 1 erreicht werden, das heißt, Blindstrom und Blindleistung werden auf ein Minimum gebracht.

Die Forderung der Kompensation der induktiven Blindleistung resultiert aus der Tatsache, daß hohe Scheinleistungen einen hohen Strom in allen Übertragungsgliedern bewirken und somit eine hohe Verlustleistung infolge Stromerwärmung hervorrufen. Reduzierung der Blindleistung bedeutet gleichzeitig eine Reduzierung der Scheinleistung, woraus wiederum geringere Stromwärmeverluste in den Leitungen resultieren.

Des weiteren erfolgen eine günstigere Ausnutzung der Leitungsquerschnitte und eine Verminderung des unangenehmen Spannungsabfalls.

Unter Verzicht auf die Beweisführung der nachstehend wiedergegebenen Formeln

soll nun die Ermittlung von Kapazität bzw. Blindleistung des Kompensationskondensators für den Betrieb der 65-W-Leuchtstofflampe erfolgen.

9.1. Rechnerische Ermittlung des Leistungsfaktors $\cos \varphi$

$$P_s \text{ (VA)} = I_L \times U_B$$

$$P_s = 0,67 \times 220 \text{ V}$$

$$P_s = 147 \text{ VA}$$

$$P_w \text{ (W)} = P_L + P_D$$

$$P_w = 65 + 13$$

$$P_w = 78 \text{ W}$$

I_L = Lampenstrom
 U_B = Betriebsspannung

P_L = Wirkleistung der Lampe
 P_D = Leistungsaufnahme der Drossel

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_w}{P_s} \qquad \cos \varphi_1 = \frac{75}{147} \qquad \cos \varphi_1 = 0,53$$

Die notwendige Blindleistung des Kondensators in Var zur Erreichung eines vorgegebenen Wertes $\cos \varphi_2$ für die Leistungsfaktorenverbesserung ergibt sich aus der Beziehung

$$P_{BC} \text{ (Var)} = P_w \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

P_{BC} = Blindleistung des Kondensators
 $(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$
 Faktor für die Berechnung der Kondensatorblindleistung aus der Wirkleistung

Anmerkung:

Mit $\cos \varphi_1$ wird meist der vorhandene, mit $\cos \varphi_2$ der gewünschte Leistungsfaktor bezeichnet

$$P_{BC} = 78 \times 1,23$$

Der eingesetzte Faktor ergibt sich aus der nachstehenden Tabelle für $\cos \varphi_2 = 0,95$, wobei der ermittelte $\cos \varphi_1$ zu 0,53 gleich $\cos \varphi_1$ 0,54 (Tabellenwert) gesetzt wurde.

$$P_{BC} = 96 \text{ Var}$$

Die Größe des Kondensators in μF erhält man aus den Beziehungen:

Kondensatorspannung 220 V/50 Hz

$$C \text{ (}\mu\text{F)} = \frac{P_{BC}}{15,2}$$

Kondensatorspannung 380 V/50 Hz

$$C \text{ (}\mu\text{F)} = \frac{P_{BC}}{45,3}$$

Vorhandener Leistungsfaktor ohne Kompensation	Umrechnungsfaktor ($\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2$) für einen gewünschten Leistungsfaktor $\cos \varphi_2$											
	$\cos \varphi_1$	0,70	0,75	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90	0,92	0,95	0,97	1
0,30	2,16	2,30	2,43	2,48	2,56	2,61	2,70	2,75	2,85	2,93	3,18	
0,35	1,66	1,79	1,93	1,98	2,06	2,11	2,19	2,25	2,35	2,43	2,68	
0,40	1,27	1,41	1,54	1,59	1,67	1,72	1,81	1,87	1,96	2,04	2,29	
0,42	1,14	1,28	1,41	1,46	1,54	1,59	1,68	1,74	1,83	1,91	2,16	
0,44	1,02	1,16	1,29	1,34	1,42	1,47	1,56	1,62	1,71	1,79	2,04	
0,46	0,91	1,05	1,18	1,23	1,31	1,36	1,45	1,50	1,60	1,68	1,93	
0,48	0,81	0,95	1,08	1,13	1,21	1,26	1,34	1,40	1,50	1,58	1,83	
0,50	0,71	0,85	0,98	1,03	1,11	1,17	1,25	1,31	1,40	1,48	1,73	
0,52	0,62	0,76	0,89	0,94	1,02	1,08	1,16	1,22	1,31	1,39	1,64	
0,54	0,54	0,68	0,81	0,86	0,94	0,99	1,07	1,13	1,23	1,31	1,56	
0,56	0,46	0,60	0,73	0,78	0,86	0,91	1,00	1,05	1,15	1,23	1,48	
0,58	0,38	0,52	0,65	0,71	0,78	0,84	0,92	0,98	1,08	1,15	1,40	
0,60	0,31	0,45	0,58	0,64	0,71	0,77	0,85	0,91	1,00	1,08	1,33	

9.2. Kompensationsarten

9.2.1. Einzelkompensation

Netzseitig zur Lampe wird der entsprechende Kompensationskondensator geschaltet. Kondensator und Lampe werden zu gleicher Zeit ein- und ausgeschaltet.

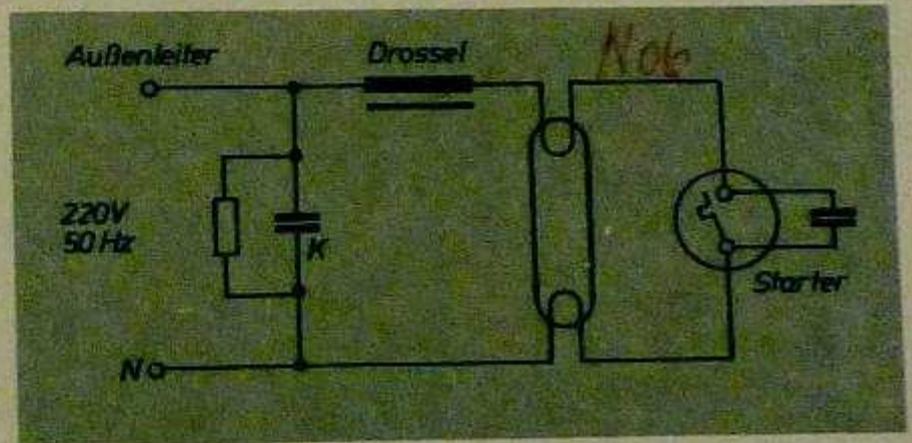


Abb. 9/2 Schaltung bei Einzelkompensation für Leuchtstofflampen

9.2.2. Gruppenkompensation

Mehrere Entladungslampen eines Raumes können gemeinsam kompensiert werden durch einen Gruppenkondensator, dessen Kapazität gleich der Summe der für Einzelkompensation benötigten Kondensatoren sein muß. Lampengruppe und Kompensationskondensator müssen gleichzeitig ein- und ausgeschaltet werden. Verwendet werden hierfür Kleinphasenschieber-Kondensatoren sowie Motorkondensatoren.

9.2.3. Zentralkompensation

Kompensation der induktiven Blindleistung der gesamten Anlage mit einem Kondensator, dessen Kapazitätswert entsprechend ausgelegt ist, bzw. durch Zu- und Abschaltung von Elementen einer sogenannten Kondensatorenbatterie, die in Verbindung mit einem Leistungsfaktormesser steht.

9.2.4. Gruppenkompensation in Drehstromanlagen

Die Kompensation in Drehstromanlagen entspricht der in Wechselstromanlagen, wenn die Betriebsspannung der Lampen mit den Kondensatorspannungen übereinstimmt.

Die Gruppenkompensation in Drehstromanlagen bedeutet

Sternschaltung der Lampen
Dreieckschaltung der Kondensatoren

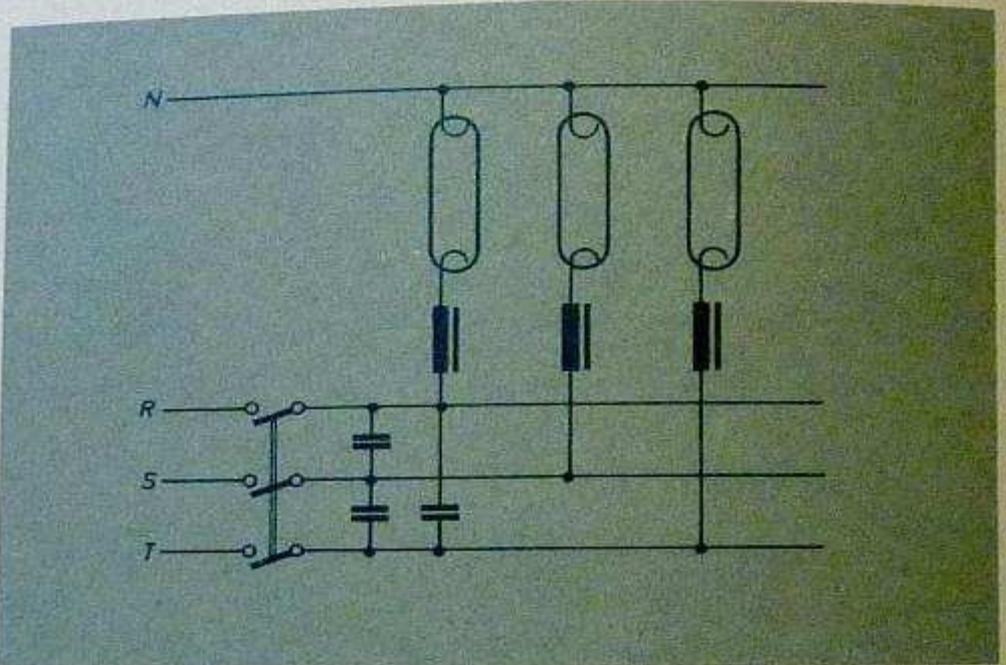


Abb. 9/3
Sternschaltung der
Leuchtstofflampen

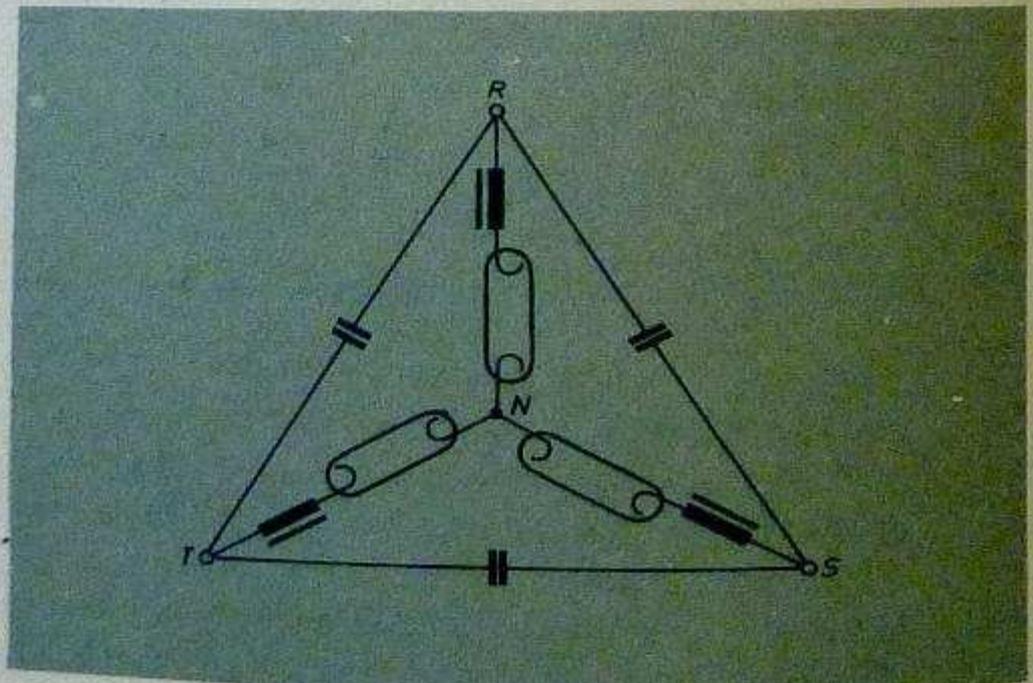


Abb. 9/4
Dreieckschaltung der
Kondensatoren

Da hierbei die Kondensatoren an höherer Spannung liegen (zwischen den Außenleitern, 380 V), ergibt sich ein kleinerer Kapazitätswert im Vergleich mit Kondensatoren, die an 220 V liegen.

9.2.5. Entladewiderstände für Kondensatoren

Aus Sicherheitsgründen muß die noch nach dem Abschalten der Anlage (Lampen, Kondensatoren) vorhandene Kondensatorladung mittels parallelgeschalteter Widerstände beseitigt werden.

Der Widerstand ist so bemessen, daß die Kondensatorspannung nach dem Abschalten innerhalb einer Minute auf ≤ 50 Volt sinkt. Bei Einzelkondensatoren beträgt der Entladewiderstand 1 MOhm/0,25 W.

9.3. Kondensatorwerte für Einzelkompensation

Die empfohlenen Werte berücksichtigen das Angebot des Kombinates VEB Elektronische Bauelemente, Betrieb Kondensatorenwerk Gera.

9.3.1. Leuchtstofflampen

Nennleistung der Lampe in W	8	13	20	25	40	65	120
Kondensatorkapazität in μF	2	2	3	3	<u>4</u>	7	8

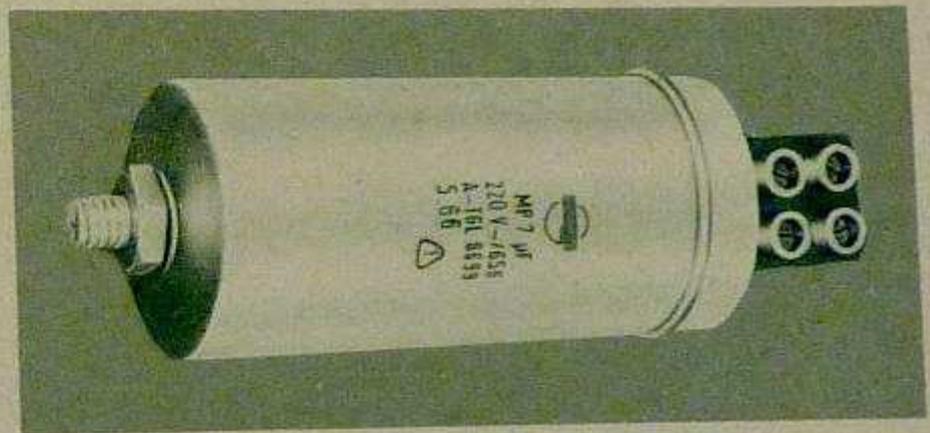


Abb. 9/5F
Kondensator 7 μF

9.3.2. Quecksilber-Hochdrucklampen

Nennleistung der Lampe in W	50	80	125	250	400	700	1000
Kondensatorkapazität	7	8	10	18	25	43 (18 + 25)	50 (2 × 25)

Für den Leistungstyp 2 000 W–380 V/50 Hz wird folgender Kapazitätswert empfohlen: 33 μF



Abb. 9/6F
Kondensator 10 µF

9.3.3. Metall-Halogenlampen

HQI 400 – 25 µF

HQI 2 000 – 33 µF (380 V/50 Hz)

9.3.4. Schaltungshinweis

Kompensationskondensatoren sind parallel zum Netz zu schalten und müssen gemeinsam mit der Anlage abschaltbar sein.

Werden zum Erreichen der Gesamtkapazität mehrere Einzelkapazitäten verwendet, so sind diese parallel zu schalten.

10. BELASTUNG VON LEUCHTSTOFFLAMPEN-STROMKREISEN

Bei der Berechnung der Belastung des Stromkreises ist zu beachten, daß zunächst beim Einschalten der Vorheizstrom (etwa Kurzschlußstrom der Drossel) für die Elektroden fließt.

Ferner ist zu beachten, daß normale Installationsschalter unkompenzierter Anlagen mit einem Strom belastet werden, dessen $\cos \varphi = 0,5$ ist. Daraus ergibt sich nach Sturm folgende zulässige Belastung von Installationsschaltern.

Vorschaltgerät	Leistungsfaktor	Zulässige Schalterbelastung	Zulässige Lampenzahl bei einem Schalter für 10 A Nennstrom	
			40 W	65 W
induktiv, unkompenziert	ca. 0,5	$0,7 \times$ Nennstrom	16	10
induktiv, kompenziert	ca. 1,0	$0,2 \times$ Nennstrom	8	5

11. Richtwerte für die Anlaufströme bei kompensierten Schaltungen für Quecksilber-Hochdrucklampen

Für geläufige Typen aus der Reihe der Quecksilber-Hochdrucklampen wurden Richtwerte der Anlaufströme in kompensierten Schaltungen ermittelt, die nachstehend tabellarisch aufgeführt sind.

Nennleistung der Lampe in W	80	125	250	400	1 000
Kondensatorkapazität in μF	8	10	18	25	50
Mittlerer Anlaufstrom bei 100% U_N $I_{A\ 100}$ in A	0,7	1,1	2,2	3,4	8,6
Maximaler Anlaufstrom bei 100% U_N $I_{A\ 100\ \text{max}}$	0,87	1,4	2,7	4,1	10,1

Abweichungen der Netzspannung wurden nicht berücksichtigt

$I_{A\ 100}$

ist der Anlaufstrom, der bei Nennwerten des Drosselkurzschlußstromes und der Kapazität des Kompensationskondensators (s. Tabelle) bei 100% Nennspannung (U_N) auftritt.

$I_{A\ 100\ \text{max}}$

ist der Anlaufstrom, der bei ungünstigsten Abweichungen für den Drosselkurzschlußstrom (+ 10%) und für die Kapazität (- 10%) bei 100% Nennspannung (U_N) auftreten kann.



12. LEUCHTEN

12.1. Allgemeine Erläuterungen

Zur Erfüllung der unterschiedlichen Beleuchtungsaufgaben können Lichtquellen nicht ohne weiteres eingesetzt werden, hierzu ist die Verwendung einer Leuchte erforderlich.

Die Aufgaben der Leuchte sind im wesentlichen folgende:

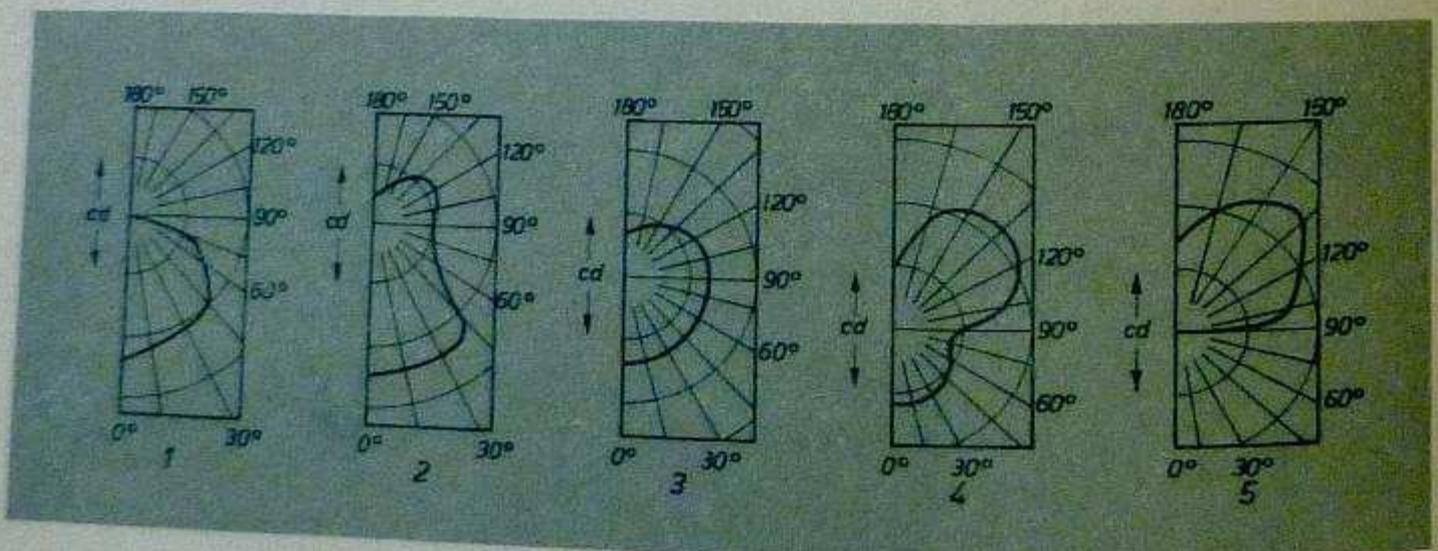
Lichtstromlenkung bzw. -formung, Blendungsschutz, Schutz der Lampen gegen mechanische Beschädigung, Staub bzw. Wasser

Von einer Leuchte wird verlangt, daß sie dem Prozeß des Lenkens bzw. Formens des Lampenlichtstroms mit einem möglichst hohen Wirkungsgrad gerecht wird. Gleichzeitig muß eine Leuchte auch einer gewissen lichtarchitektonischen Funktion gerecht werden und sich in die umgebende Architektur eingliedern.

Bei den hier behandelten Zweckleuchten unterteilt man je nach dem Anteil des in den oberen und unteren Halbraum gestrahlten Lichtstroms in 5 Hauptgruppen.

Leuchtenart	Verteilung des Lichtstroms in %	
	nach unten	nach oben
Direkt-Leuchten	1 90–100%	0– 10%
Vorwiegend-Direkt-Leuchten	2 60– 90%	10– 40%
Gleichförmig-Leuchten	3 40– 60%	40– 60%
Vorwiegend-Indirekt-Leuchten	4 10– 40%	60– 90%
Indirekt-Leuchten	5 0– 10%	90–100%

Abb. 12/1 Einteilung der Leuchten nach ihrer Lichtverteilung



Neben dieser lichttechnischen Einteilung unterscheidet man die Leuchten noch hinsichtlich Schutzklasse und Schutzgrad. Die Einteilung der Leuchten nach ihren Schutzklassen erfolgt in 3 Gruppen:

- Schutzklasse I : mit Schutzleiteranschluß
- Schutzklasse II : schutzisolierte Ausführung (ohne Schutzleiteranschluß)
- Schutzklasse III: Anschluß an Kleinspannung (max. 42 V)

Die Schutzgrade kennzeichnen die Leuchte hinsichtlich des Schutzes gegen Berührung, Fremdkörperschutz sowie Wasserschutz.

Die Definitionen der einzelnen Schutzgrade sind in TGL 15 165 Bl. 1 enthalten.

Die für Zweckleuchten gebräuchlichen Schutzgrade sind nachstehend aufgeführt und mit den Erklärungen (erste und zweite Kennziffer) versehen.

Schutzgrad	Erste Kennziffer		Zweite Kennziffer
	Berührungsschutz	Fremdkörperschutz	Wasserschutz
IP 20	Schutz gegen Berührung mit den Fingern	Schutz gegen das Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 12,5$ mm	Kein Schutz gegen Wasser
IP 21			Schutz gegen schädliche Wirkung senkrecht fallender Wassertropfen bei waagerechter Gebrauchslage des Prüflings
IP 22			Schutz gegen schädliche Wirkung senkrecht fallender Wassertropfen auch bei Neigung des Prüflings um $\pm 15^\circ$ in 2 zueinander senkrechten Ebenen aus der waagerechten Gebrauchslage
IP 23			Schutz gegen schädliche Wirkung von Wasser, das als Regen von allen Seiten in einem Winkel bis zu 60° in bezug auf die Senkrechte fällt
IP 30		Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern mit einem Durchmesser $\geq 2,5$ mm	siehe IP 20
IP 40	Schutz gegen Berührung mit Werkzeugen	Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern mit einem Durchmesser $\geq 1,0$ mm	siehe IP 23
IP 43			Schutz gegen schädliche Wirkung von Spritzwasser aus beliebiger Richtung
IP 44			

Schutzgrad	Erste Kennziffer		Zweite Kennziffer
	Berührungsschutz	Fremdkörperschutz	Wasserschutz
IP 50	Vollständiger Schutz gegen Berührung	Schutz gegen schädliche Staubablagerung im Innern	siehe IP 20
IP 54			siehe IP 44
IP 55			Schutz gegen schädliche Wirkung von Strahlwasser aus beliebiger Richtung
IP 56			Schutz gegen das Eindringen von Strahlwasser aus beliebiger Richtung unter verschärften Bedingungen
IP 65			siehe IP 55
IP 66		siehe IP 56	
IP 67		Schutz gegen das Eindringen von Staub	Schutz gegen schädliche Wirkung von Wasser beim Überfluten mit Wasser unter konstanten Druck- und Zeitbedingungen
IP 68			Schutz gegen Eindringen von Wasser bei zeitlich unbegrenztem Überfluten mit Wasser bei vereinbartem Druck

Leuchten für schlagwetter- und explosionsgefährdete Räume sind besonders gekennzeichnet und unterliegen außerdem speziellen Prüfbedingungen.

Straßenleuchten werden neuerdings nach den „Internationalen Empfehlungen für die öffentliche Beleuchtung“ hinsichtlich ihrer Lichtstärkeverteilung wie folgt klassifiziert:

Leuchtentyp	Maximale Ausstrahlungsrichtung	max. zulässige Lichtstärke unter	
		90°	80°
abgeschirmt (cut off)	0 bis 65°	10 cd/1 000 lm	30 cd/1 000 lm
teilabgeschirmt (semi-cut off)	0 bis 75°	50 cd/1000 lm	100 cd/1 000 lm
nicht abgeschirmt (non-cut off)	0 bis 90°	1 000 cd	

Aus den Fertigungsprogrammen einiger Leuchtenbetriebe ist ein Ausschnitt auf den folgenden Seiten enthalten.
 Detaillierte Angaben sind jedoch den Druckschriften dieser Betriebe zu entnehmen.
 Da aus Gründen des Umfanges heraus nicht alle Leuchten anderer Betriebe aufgeführt werden können, sei orientierend auf Betriebe hingewiesen, die Zweckleuchten für Leuchtstofflampen und Quecksilber-Hochdrucklampen fertigen.

Kombinat LBL Leuchtenbau Arnsdorf	Leuchtstofflampen-Leuchten für Schienenfahrzeuge
VEB Elektroinstallation Oberweimar	Schlagwetter- und explosionsgeschützte Leuchten für Leuchtstofflampen 40 W und Quecksilber-Hochdrucklampen
Fa. Mrosek KG Lutherstadt Wittenberg	Schlagwetter- und explosionsgeschützte Leuchten für Leuchtstofflampen 20 und 40 W, Großraum-Tiefstrahler für Leuchtstofflampen 40 und 65 W
PGH Leuchtenbau Halle	Montageleisten für Leuchtstofflampen 20 bis 65 W, Vitrinenleuchten für U-Form-Leuchtstofflampen, Sonderleuchten
PGH Leuchtenbau Orlamünde	Leuchten für Leuchtstofflampen U-Form
Sächsische Broncewarenfabrik Wurzen (Sa.)	Leuchten für Innenräume auf Schiffen, Außenleuchten für Schiffe (Oberdeckleuchten)
Fa. Wehlte, Halle (Saale)	Leuchten für U-Form-Leuchtstofflampen
Industriewerk Auma	Arbeitsplatzleuchten für Leuchtstofflampen

12.2. Leuchten für Leuchtstofflampen, Arbeitsraumleuchten

12.2.1. Kombinationsleuchten

Diese Leuchtengruppe mit Schutzgrad IP 20 erhält durch verschiedene Umkleidungen eine universelle Verwendbarkeit im Innenraum.

Der sehr klein gehaltene trapezförmige Grundkörper enthält das Lampenzubehör und ist ergänzungsfähig durch Reflektoren, Lamellen, Abdeckungen aus Faltpapier usw.

offen	für 1LS	
offen	für 2LS	
offen	für 2LS	
offen	für 3LS	
Reflektor	für 1LS	
Reflektor	für 2LS	
Reflektor	für 3LS	
Reflektor mit oberem Lichtstromanteil	für 2LS	
Reflektor mit oberem Lichtstromanteil	für 3LS	
Seitenreflektor	für 1LS	
Faltglas	für 1LS	
Faltglas	für 2LS	
Faltglas	für 2LS	
Faltglas	für 3LS	
Raster und Seitenscheiben	für 3LS	
Raster und Seitenscheiben	für 2LS	
Lamellen	für 1LS	
Lamellen	für 2LS	
Lamellen	für 3LS	

Abb. 12/2
Kombinationsleuchtenreihe

Ausführungsformen

Schutzklasse I
TGL 22 852

Ausführung	Licht- verteilung	Bestückung	Leuchtenwirkungsgrad			Her- steller
			1 lampig	2 lampig	3 lampig	
Offen	gleichförmig	1 × LS 20	0,90	0,90	0,92	Kombinat VEB Leuchtenbau Leipzig, Werk Leuchtenbau Berlin (K LBL)
		2 × LS 20				
		1 × LS 40				
		2 × LS 40				
		3 × LS 40				
		1 × LS 65				
		2 × LS 65				
3 × LS 65						
Mit Reflektor	direkt	1 × LS 40	0,73	0,66	0,70	Kombinat VEB Leuchtenbau Leipzig, Werk Leuchtenbau Berlin (K LBL)
		2 × LS 40				
		3 × LS 40				
		1 × LS 65				
		2 × LS 65				
		3 × LS 65				
Mit Reflektor und oberem Lichtstromanteil	vorwiegend direkt	2 × LS 40	-	0,75	0,75	Kombinat VEB Leuchtenbau Leipzig, Werk Leuchtenbau Berlin (K LBL)
		3 × LS 40				
		2 × LS 65				
		3 × LS 65				
Mit Seiten- blende	vorwiegend direkt	1 × LS 40	0,76	-	-	Kombinat VEB Leuchtenbau Leipzig, Werk Leuchtenbau Berlin (K LBL)
		1 × LS 65				

Ausführung	Licht- verteilung	Bestückung	Leuchtenwirkungsgrad			Her- steller
			1lampig	2lampig	3lampig	
Mit Faltglas	gleichförmig	2 x LS 20	0,89	0,90	0,86	
		1 x LS 40				
		2 x LS 40				
		3 x LS 40				
		1 x LS 65				
		2 x LS 65				
3 x LS 65						
Eckleuchte offen	vorwiegend direkt	2 x LS 40	-	0,79	-	
		2 x LS 65				
Eckleuchte mit Faltglas	vorwiegend direkt	2 x LS 40	-	0,66	-	
		2 x LS 65				
Lamellenleuchte	gleichförmig	1 x LS 20	0,83	0,85	0,78	
		2 x LS 20				
		1 x LS 40				
		2 x LS 40				
		3 x LS 40				
		1 x LS 65				
		2 x LS 65				
3 x LS 65						
Leuchte mit Raster und Seitenscheiben	gleichförmig	2 x LS 40	-	0,81	0,75	
		3 x LS 40				
		2 x LS 65				
		3 x LS 65				

Kombinat VEB Leuchtenbau Leipzig, Werk Leuchtenbau Berlin (K LBL)

12.2.2. Flächenleuchten TGL 22 852

Für vielseitige Beleuchtungslösungen im Büroraum, in gesellschaftlichen Bauten, Schulen usw.

Schutzgrad je nach Ausführung:

mit Piacryl-Abdeckung IP 40
mit Lamellenraster IP 20

Schutzklasse: I

Hersteller: Kombinat VEB Leuchtenbau Leipzig (K LBL)

Flächenleuchte mit hoher Piacryl-Wanne zum Deckenanbau

Lichtverteilung: vorwiegend direkt

Flächenleuchte mit Raster zum Deckeneinbau

Lichtverteilung: direkt

Flächenleuchte mit flacher Piacryl-Wanne zum Deckeneinbau

Lichtverteilung: direkt

Flächenleuchte mit Raster zum Deckenanbau

Lichtverteilung: direkt

Flächenleuchte mit flacher Piacryl-Wanne zum Deckenanbau

Lichtverteilung: direkt

Diese vorgenannten 5 Ausführungen der Flächenleuchte sind für folgende Bestückungsmöglichkeiten vorgesehen:

- 1 × LS 40
- 2 × LS 40
- 2 × LS 65
- 3 × LS 65
- 2 × LUn 40
- 3 × LUn 40

Auch einzeln kompensiert lieferbar sowie mit Notlicht (E 14/25 W) bei mehrlampigen Ausführungen.

12.2.3. Feuchtigkeitsgeschützte Leuchten TGL 22 852

Ausführung mit Piacryl-Wanne für 2 × LS 65 von K LBL

Schutzgrad:	IP 55
Schutzklasse:	I
Lichtverteilung:	vorwiegend direkt
Leuchtenwirkungsgrad:	0,68

Ausführung mit Schutzrohr

für 1 × LS 40	—	0,88 (Leuchtenwirkungsgrad)
2 × LS 40	—	0,78
1 × LS 65	—	0,88
2 × LS 65	—	0,78

Schutzgrad:	IP 55
Schutzklasse:	I
Lichtverteilung:	gleichförmig

Hersteller:

VEB Leuchtenbau Arnstadt
VEB NARVA
Leuchten- und Leuchtstofflampenwerk
Brand-Erbisdorf
(Ergänzende Angaben siehe Nachtrag)

Wasserdichte Leuchte

für 2 × LS 40 von Fa. Mrosek

Schutzgrad:	IP 67
Schutzklasse:	I
Lichtverteilung:	gleichförmig
Leuchtenwirkungsgrad:	0,74

12.2.4. Staubgeschützte Leuchten TGL 22 852

Textilleuchte von K LBL

Schutzgrad	IP 20	mit Winkelfassungen
	IP 50	mit staub- bzw. wasser- dichten Fassungen mit oder ohne Schutzrohr

Schutzklasse:	I	
Ausführung:	2 × LS 65	mit Winkel-
	3 × LS 65	fassungen
	2 × LS 65	mit staub-
		bzw. wasser-
		dichten
		Fassungen
		mit oder ohne
		Schutzrohr
Lichtverteilung:	vorwiegend direkt	
Leuchtenwirkungsgrad:	0,74 für 3 × LS 65, ohne Rohr	
	0,80 für 2 × LS 65, ohne Rohr	
	0,63 für 2 × LS 65, mit Rohr	

Braunkohlenleuchte mit unten geschlossener Abdeckscheibe von K LBL

	für 2 × LS 40
Schutzgrad:	IP 54
Schutzklasse:	I
Lichtverteilung:	direkt
Leuchtenwirkungsgrad:	0,51

12.2.5. Großraumtiefstrahler für mittelhohe Hallen von Fa. Mrosek

	TGL 22 852
Schutzgrad:	IP 20
Schutzklasse:	I
Lichtverteilung:	direkt

Bestückung:	Leuchtenwirkungsgrad:
6 × LS 40	0,76
6 × LS 65	0,76
9 × LS 40	0,74
9 × LS 65	0,74

12.2.6. Shedleuchten – ein-, zwei- und dreilampig LS 65 der PGH Leuchtenbau Staßfurt

TGL 22 852

12.2.7. Einbauleuchte für begehbare Zwischendecken dreilampig LS 65 von K LBL in verschiedenen Ausführungen

TGL 22 852	a) offen	IP 20
	b) mit Piacryl-Wanne	IP 54
	c) mit wasserdichten Fassungen	IP 54
	d) mit Raster (Winkelfassungen)	IP 20
	e) mit Raster (Wasserdichte Fassungen)	IP 54

12.2.8. Leuchten für Leuchtstofflampen

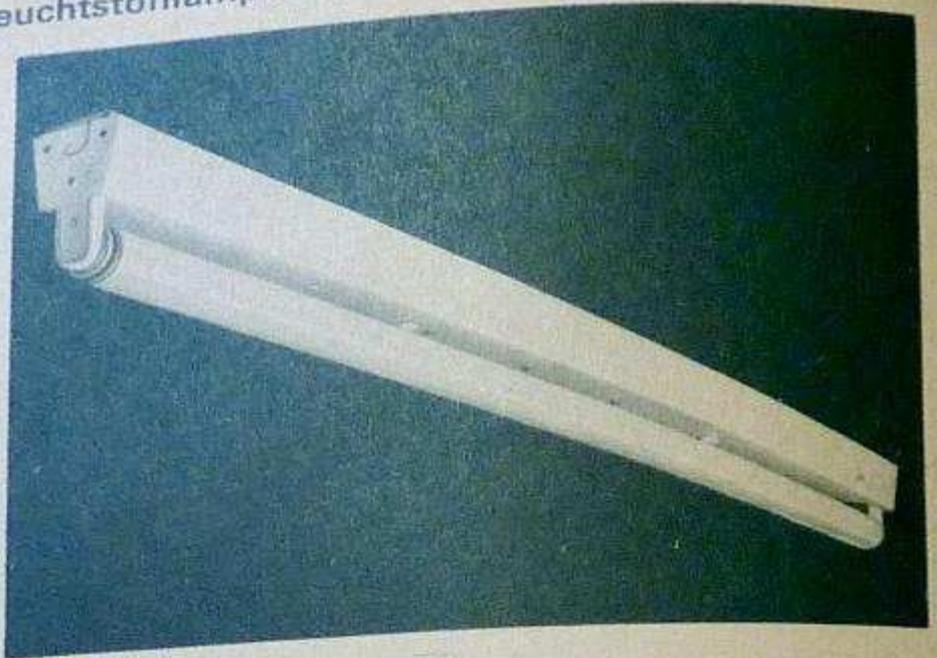


Abb. 12/3F
Deckenleuchte
„Berolina-Leiste“
von K LBL

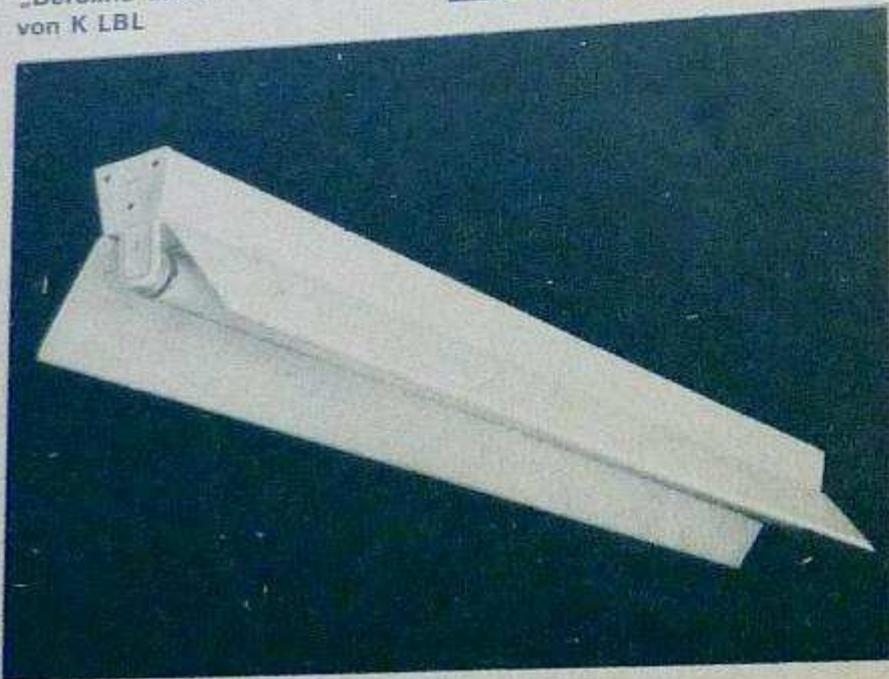


Abb. 12/4F
Deckenleuchte
„Berolina-Leiste“
mit Reflektor von K LBL

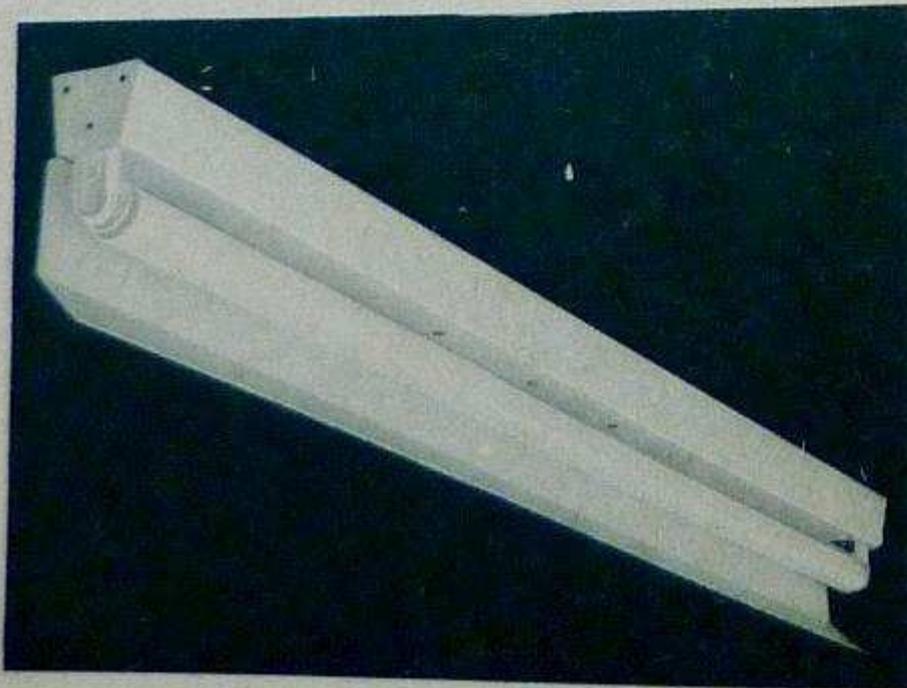


Abb. 12/5F
Deckenleuchte
„Berolina-Leiste“
mit Seitenblende
von K LBL

Abb. 12/6F
Langfeldleuchte
mit Reflektor von K LBL

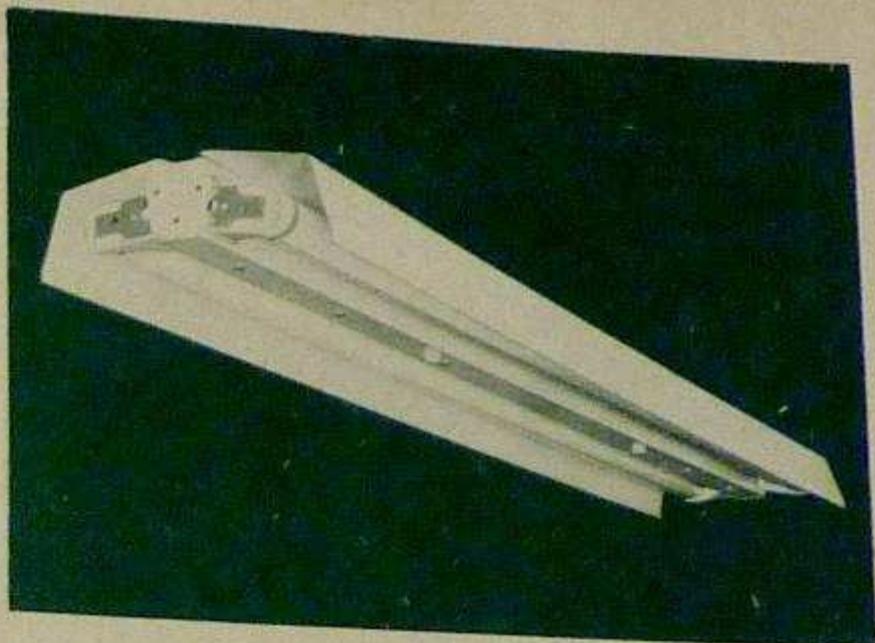


Abb. 12/7F
Langfeldleuchte
mit Reflektor von K LBL

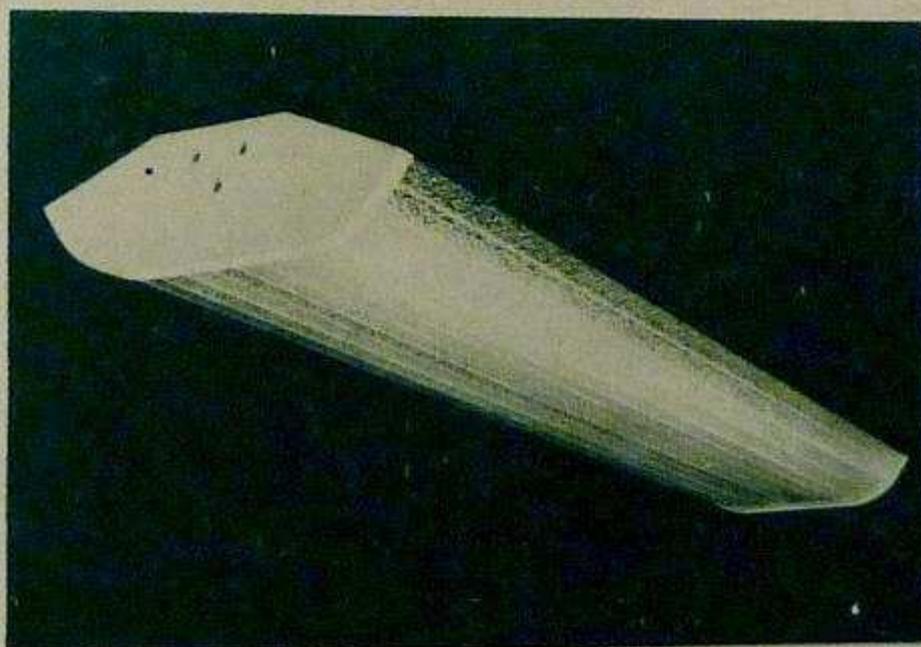
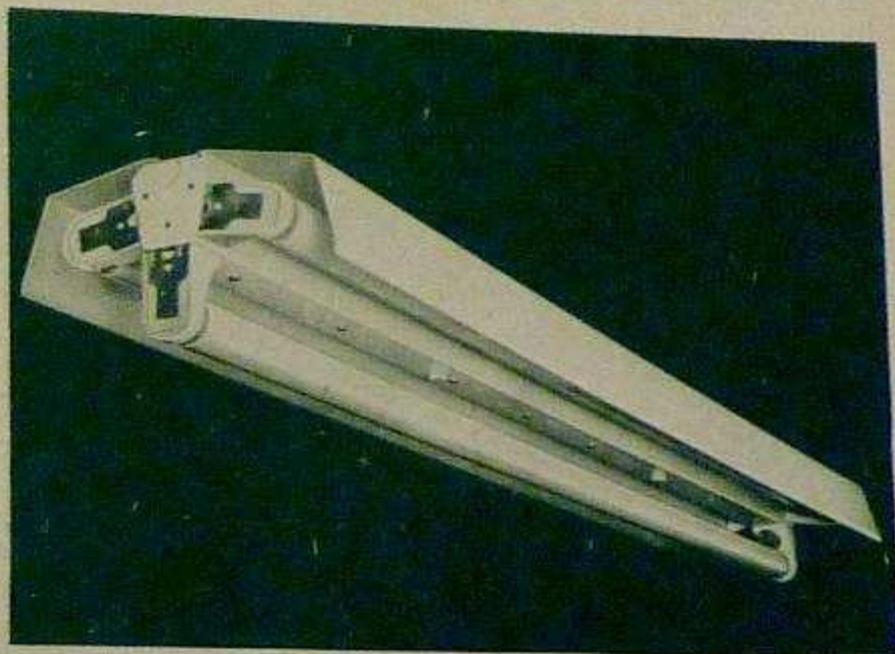


Abb. 12/8F
Langfeldleuchte
mit Faltglas von K LBL

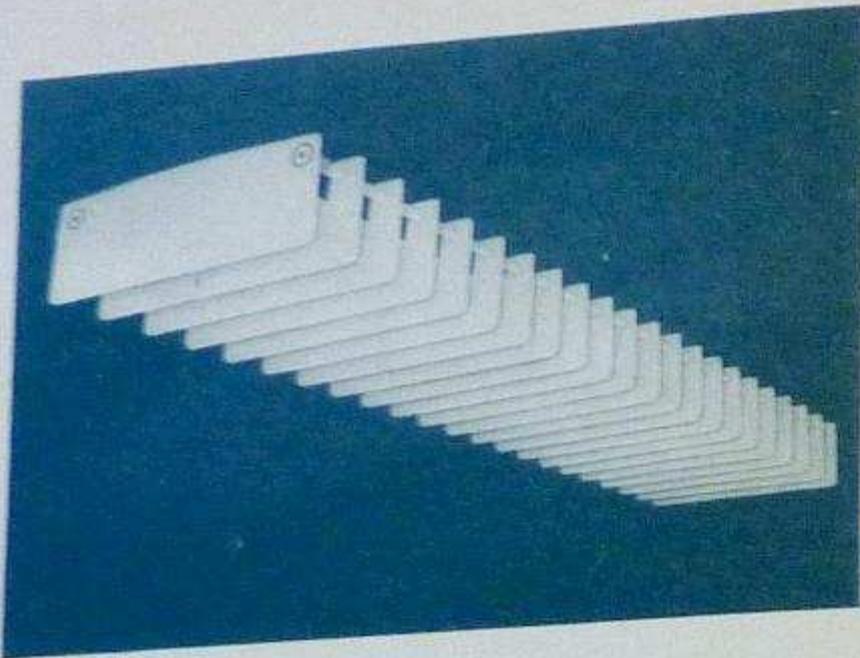


Abb. 12/9F
Langfeldleuchte
mit Lamellenblende
(2lampig) von K LBL

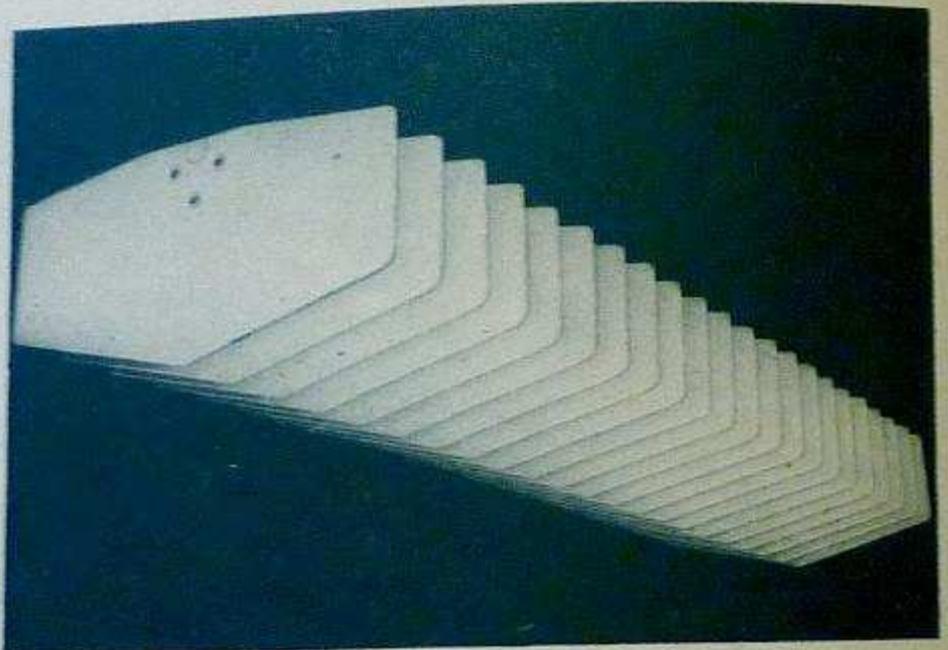


Abb. 12/10F
Langfeldleuchte
mit Lamellenblende (3lampig)
von K LBL

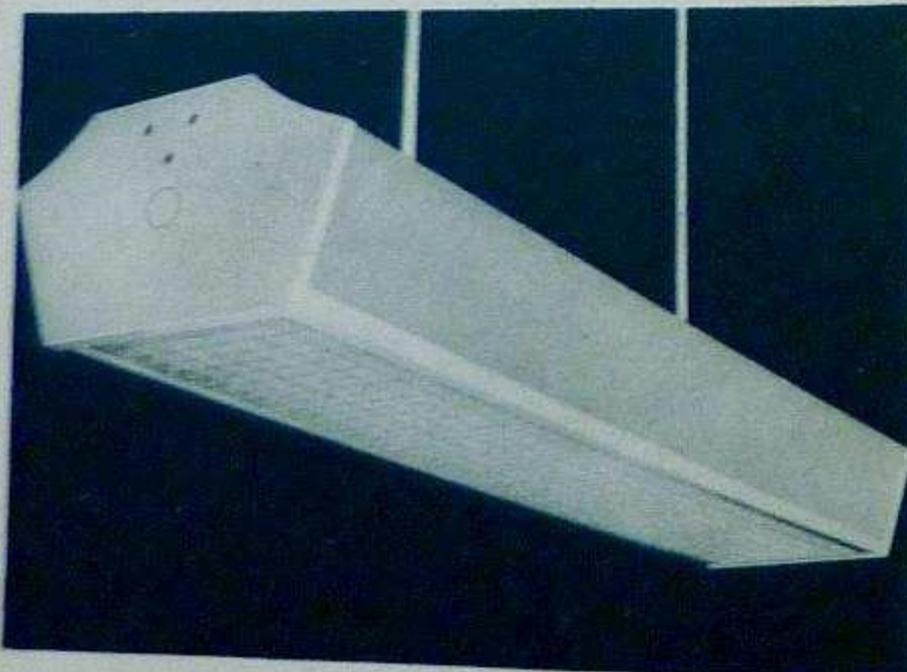


Abb. 12/11F
Langfeldleuchte
mit Raster und
Seitenscheiben
von K LBL

Abb. 12/12F
Eckleuchte mit
Faltglas von K LBL



Abb. 12/13F
Großraumtiefstrahler
von Mrosek

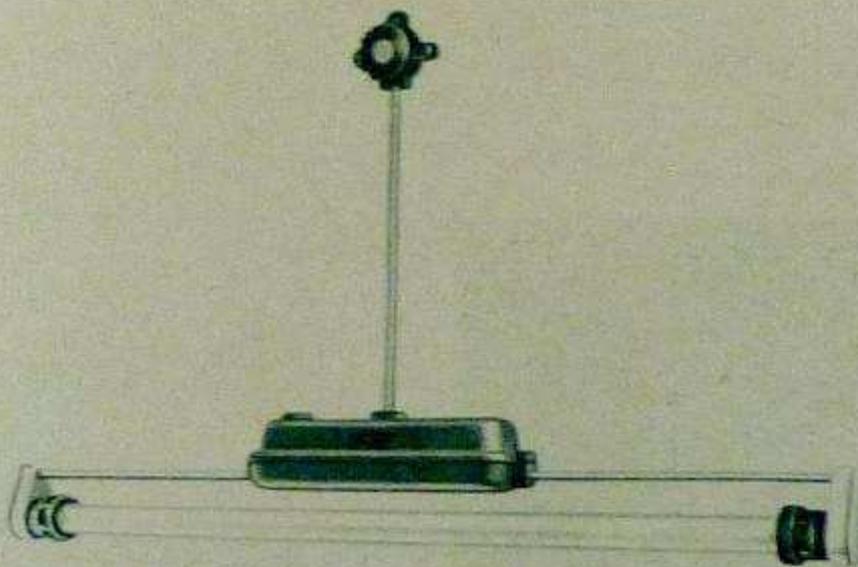
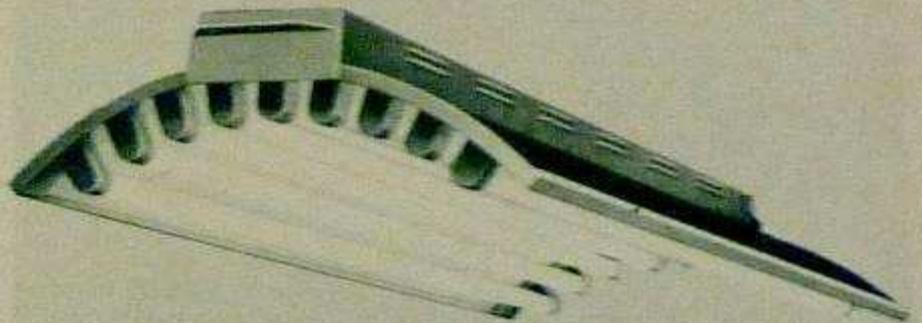


Abb. 12/14F
Feuchtraum-Pendelleuchte
vom LBA

NARVA-Feuchtraumleuchten siehe Nachtrag

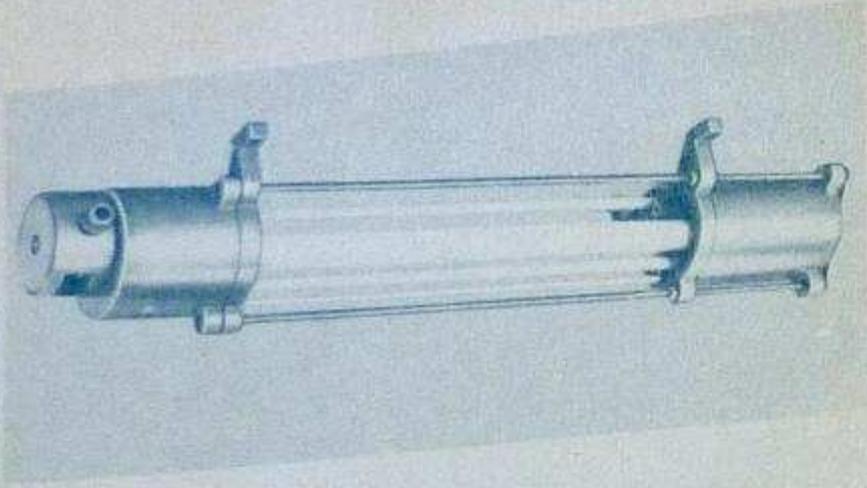


Abb. 12/15F
Explosiongeschützte
Leuchte in druckfester
Kapselung von Mrosek

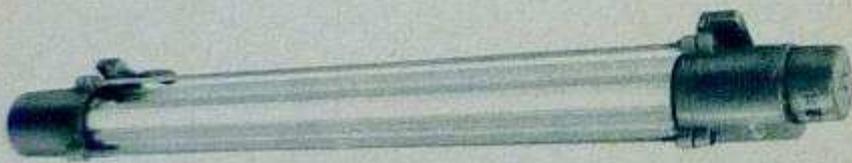


Abb. 12/16F
Wasserdichte Zweckleuchte
(IP 67) von Mrosek

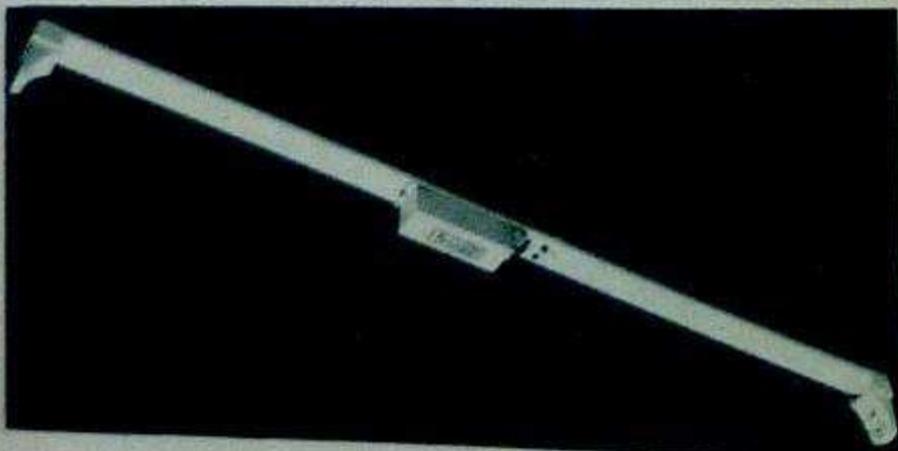


Abb. 12/17F
Montageleiste der
PGH Leuchtenbau Halle



12.3. Leuchten für Quecksilber-Hochdrucklampen und Metall-Halogenlampen

Das Sortiment dieser Leuchtengruppe umfaßt

- Tiefstrahler für die Innenraumbeleuchtung
- Straßenleuchten
- Gleisfeldleuchten
- Flutlichtscheinwerfer

12.3.1. Tiefstrahler

Hersteller: K LBL

Tiefstrahler mit Spiegelreflektor (Hallentiefstrahler) TGL 56-1078

Eine Ausführungsart zur Bestückung mit Quecksilber-Hochdrucklampen 250 bis 1 000 W bei separater Anordnung der Vorschaltgeräte. Fassungsverstellung zur Einstellung auf Streuung bzw. Konzentration

Schutzgrad: IP 21
 Schutzklasse: I
 Lichtverteilung: direkt
 Leuchtenwirkungsgrad:

Leuchtenwirkungsgrad je nach Einstellung und Bestückung

Einstellung	Bestückung		
	250 W	400 W	1 000 W
Konzentration	0.74	0.66	0.69
Streuung	0.80	0.76	0.73

Dieser Tiefstrahlertyp ist auch als Zwillingausführung mit eingebauten Vorschaltgeräten, z. B. 2 x 400 W, lieferbar. Die Zwillingausführung läßt sich zur Vierlingsanordnung durch entsprechende Kombination mit 2 Verbindungsschienen erweitern (Abb. umseitig).

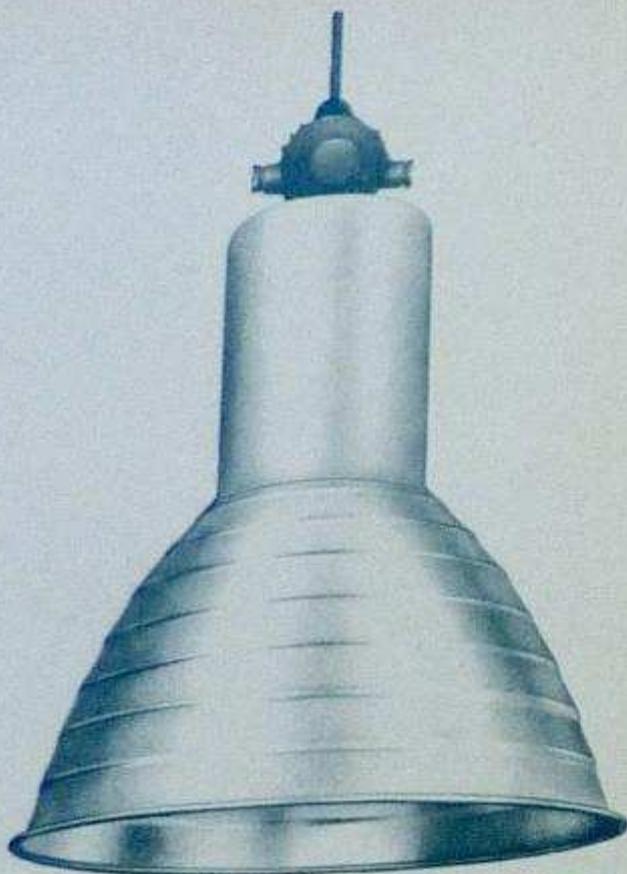


Abb. 12/18F
Tiefstrahler von K LBL

Für besonders hohe Hallen ist der neue Typ für die 2000-W-Lampe geeignet.

Schutzklasse:	I
Schutzgrad:	IP 21 (mit Schutzgitter) IP 51 (mit Abschlußglas und Schutzgitter)
Leuchtenwirkungsgrad:	0,74 (IP 21) 0,66 (IP 51)
Vorschaltgerät gekapselt:	(gehört zum Lieferumfang)

12.3.2. Lampenarmatur

Zur Beleuchtung von Hallen mit Lichtpunkthöhen von etwa 5 bis 8 m unter Verwendung einer Quecksilber-Hochdrucklampe mit Innenreflektor 250 bzw. 400 W Vorschaltgerät eingebaut.

Schutzgrad:	IP 20
Schutzklasse:	I
Lichtverteilung:	direkt
Leuchtenwirkungsgrad:	0,88 (400 W) 0,91 (250 W)

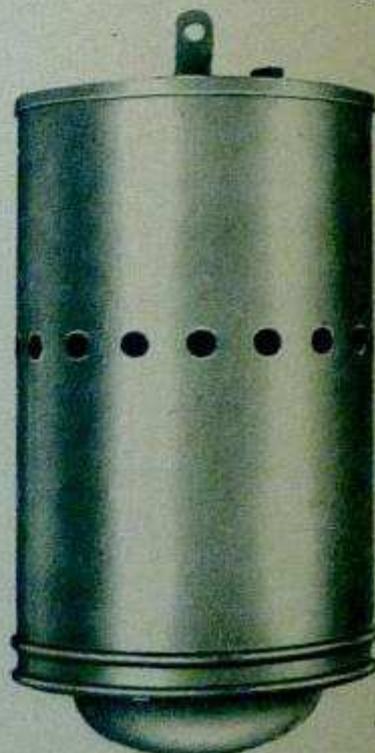


Abb. 12/19F Lampenarmatur von K LBL

12.3.3. Hängeleuchten (Emailletiefstrahler) TGL 200-4522

Diese Leuchtenart ist für mittelhohe Werkstätten sowie auch für Lagerplätze und Baustellen gedacht bei separater Anordnung eines entsprechenden Vorschaltgerätes.

Bestückungsmöglichkeit
der 3 Ausführungen

(verschiedene Abmessungen)

80 bzw. 125 W
250 W
400 W

Schutzgrad: IP 23

Schutzklasse: II

Lichtverteilung: direkt

Leuchtenwirkungsgrad:

	Bestückung	
80/125 W	250 W	400 W
0,78	0,77	0,74

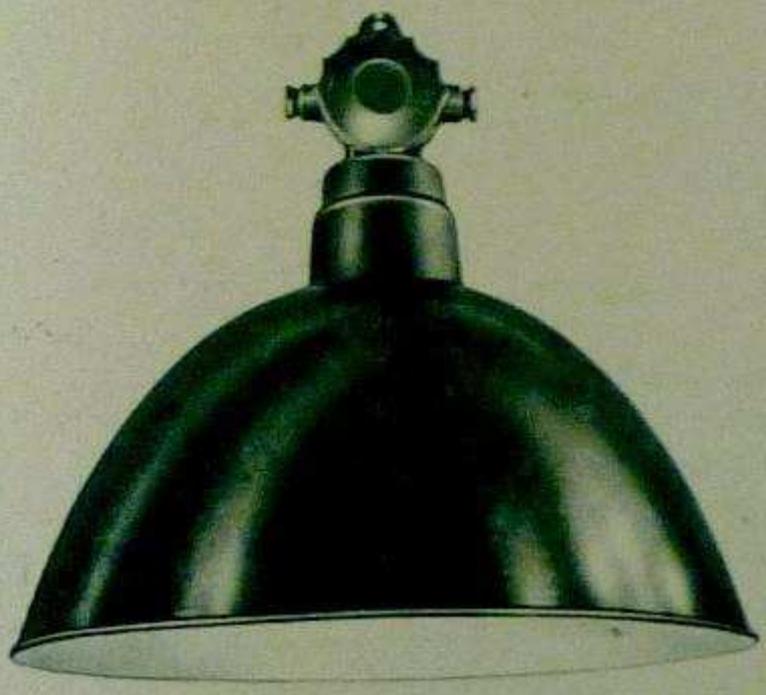


Abb. 12/20F
Hängeleuchte

12.3.4. Vorschaltgeräte TGL 56-1077

K LBL liefert formstoffgekapselte Vorschaltgeräte für Leuchten ohne eingebaute Vorschaltgeräte.

Es handelt sich um Vorschaltgeräte für Quecksilber-Hochdrucklampen folgender Leistungsstufen: 80, 125, 250, 400 und 1 000 W.

Schutzgrad: IP 55

Schutzklasse: II

12.3.5. Straßenleuchten

Das Angebot der Leuchtenindustrie umfaßt 3 Leuchten-
gruppen für Straßen- und Außenbeleuchtung

Ansatzleuchten

Hängeleuchten

Aufsatzleuchten

12.3.5.1. Ansatzleuchten mit Zweirichtungsspiegel

Hersteller: K LBL

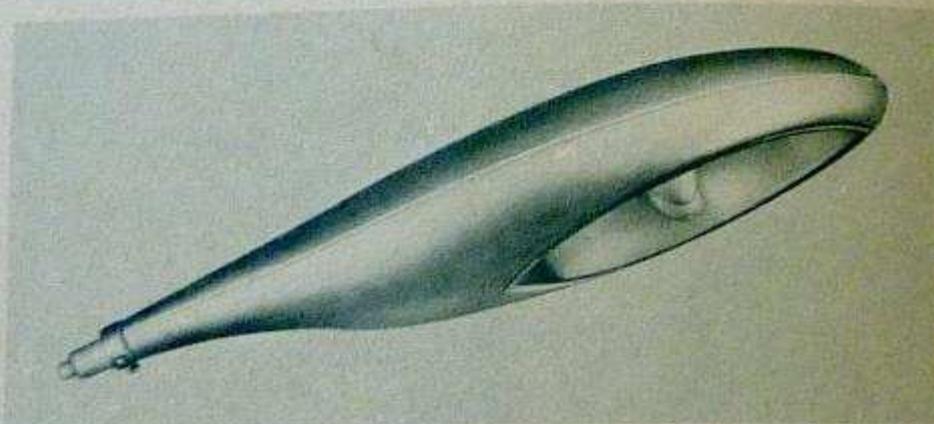


Abb. 12/21F
Ansatzleuchte
von K LBL

Diese Leuchten können auch kompensiert bezogen
werden.

Zur in den Tabellen angegebenen Kenn-Nr. kommt in
diesem Fall dann die Zusatzbezeichnung K. Diese kom-
pensierte Ausführung gilt auch für die Hängeleuchten.

Offene Ausführung (ohne Abdeckung), TGL 8636

Kenn-Nr.	Bestückung	Leuchtenwirkungsgrad
0236.9	1 × 125 W	0,8
0236.10	1 × 250 W	0,76
0236.11	2 × 125 W	0,7
0236.14	1 × 400 W	0,8
0236.16	2 × 80 W	0,7
0236.17	2 × 250 W	0,7
0236.18	1 × 1000 W	0,8
0236.19	1 × 80 oder 125 W (umschaltbar)	0,72

Schutzklasse: I

Schutzgrad: IP 23

Ausführung mit Abdeckung, TGL 8636

Kenn-Nr.	Bestückung	Leuchtenwirkungsgrad
0236.20/1	1 x 80 oder 125 W (umschaltbar)	0,83

Schutzklasse: II

Schutzgrad: IP 54
Bei abgenommener Abdeckung
Schutzgrad: IP 23

Neue Straßenleuchten von K LBL

Zur Beleuchtung von Straßen und anderen Außenanlagen ist die neue Ausführung der Ansatz- und Hängeleuchten von LBL gedacht. Sie wird schrittweise die bisher bekannten Ansatz- und Hängeleuchten ablösen. Neben der veränderten äußeren Gestaltung ist diese neue Serie wahlweise ohne bzw. mit einer glasklaren Kunststoffabdeckung versehen. Weiterhin besteht für beide Varianten auch die Möglichkeit der kompensierten Ausführung. Die zweilampigen Ausführungen sind so gestaltet, daß jeder Lampe ein Spiegelsystem zugeordnet ist. Dadurch ist neben einem hohen Wirkungsgrad auch eine gute Lichtstärkeverteilung bei einlampiger Betriebsweise gegeben.

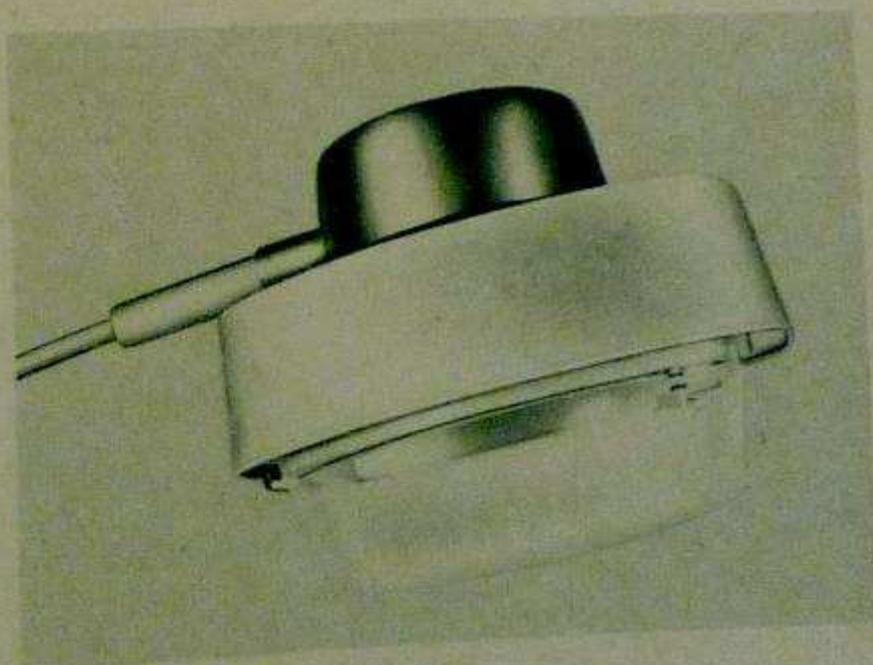


Abb. 12/22F
Neue Ausführung der
K LBL-Ansatzleuchte

Ansatzleuchten			
Kenn-Nr.	Ausführung	Bestückung	Leuchtenwirkungsgrad
0236.32	ohne Abdeckung	2 × 125 W	0.69
0236.32 G	mit Abdeckung	2 × 125 W	0.66
0236.33	ohne Abdeckung	1 × 250 W	0.68
0236.33 G	mit Abdeckung	1 × 250 W	0.65
0236.34	ohne Abdeckung	1 × 400 W	0.7
0236.34 G ¹⁾	mit Abdeckung	1 × 400 W	~0.67

¹⁾ auf besondere Anfrage
 Schutzklasse: I
 Schutzgrad: IP 23 – ohne Abdeckung
 IP 23 – Lampenraum IP 54
 bei der Ausführung mit Abdeckung

Für die aufgeführten Bestückungsmöglichkeiten ist auch die Ausführung als Hängeleuchte in diesem neuen Programm enthalten.

In dieser neuen Ausführung sind in weiteren Etappen noch die Bestückungsvarianten

- 1 × 125 W
- 1 × 80 oder 125 W
- 2 × 250 W
- 2 × 400 W

vorgesehen.

12.3.5.2. Hängeleuchten mit Zweirichtungsspiegel

Hersteller: K LBL

Hängeleuchten sind gedacht zur Anordnung an Seilüberspannungen sowie zur Befestigung an Auslegern mit Muffenanschluß.

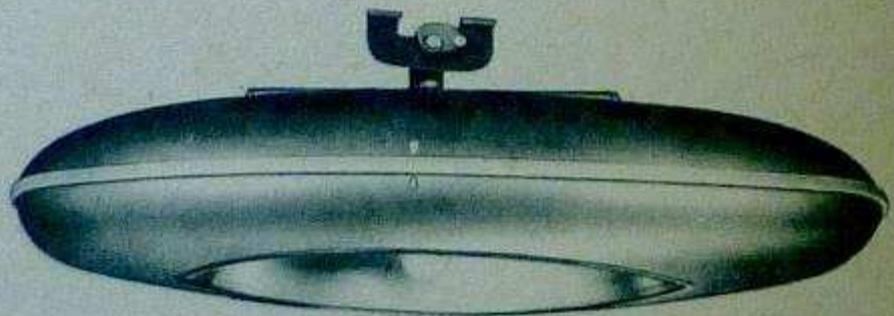


Abb. 12/23F
 Hängeleuchte von K LBL

Offene Ausführung (ohne Abdeckung), TGL 8638

Kenn-Nr.	Bestückung	Leuchtenwirkungsgrad
0231.4	1 × 125 W	0,8
0231.5	1 × 250 W	
0231.6	1 × 400 W	
0231.7	2 × 125 W	

Schutzklasse: I

Schutzgrad: IP 23

12.3.5.3. Aufsatzleuchten

Hersteller: Bergner & Weiser



Abb. 12/24 F

Aufsatzleuchte mit
Bestückung 2 × 125 W

TGL 8634

Typ	Bestückung	Ausführung	Leuchtenwirkungsgrad
RSL 1 e	2 × 80 W	vierteiliges Rippenglas	0,61
RSL 1 e	2 × 125 W	vierteiliges Rippenglas	0,58

Schutzklasse: I

Schutzgrad: IP 23

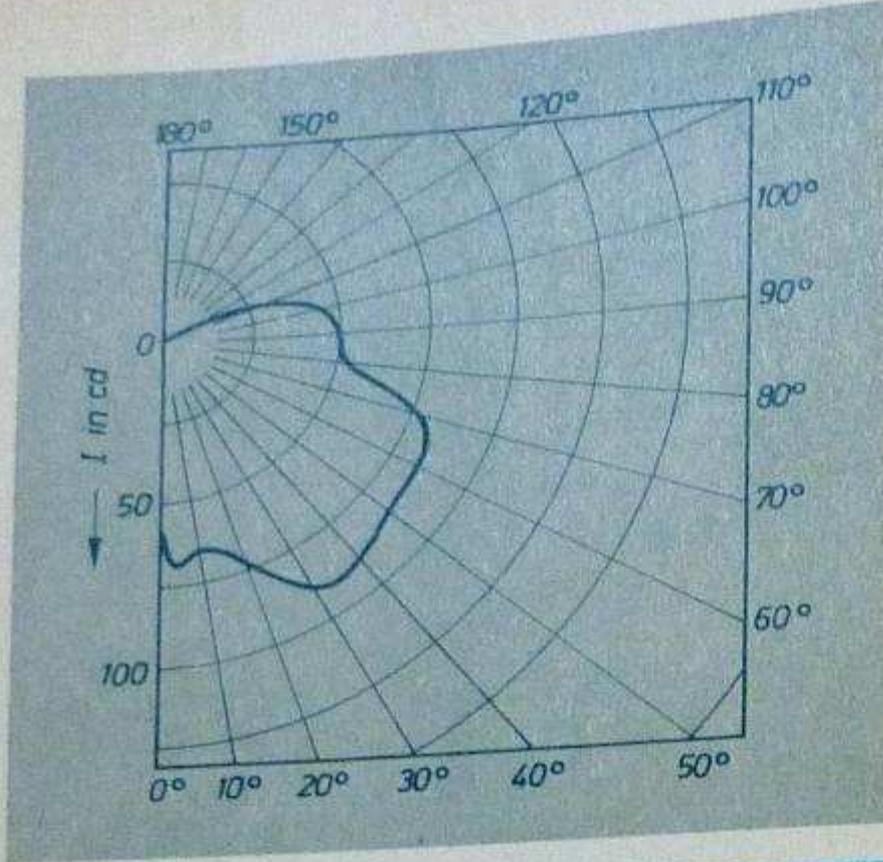


Abb. 12/25
Lichtstärkeverteilung der
Aufsatzleuchte von
Bergner & Weiser

12.3.6. Gleisfeldleuchten

Hersteller: VERA-Apparatebau Peter & Co.
Markkleeberg bei Leipzig

TGL 56-1057

- Bestückung: 1 × 250 W
- 1 × 400 W
- 1 × 1000 W

Schutzklasse: I

Schutzgrad: IP 23

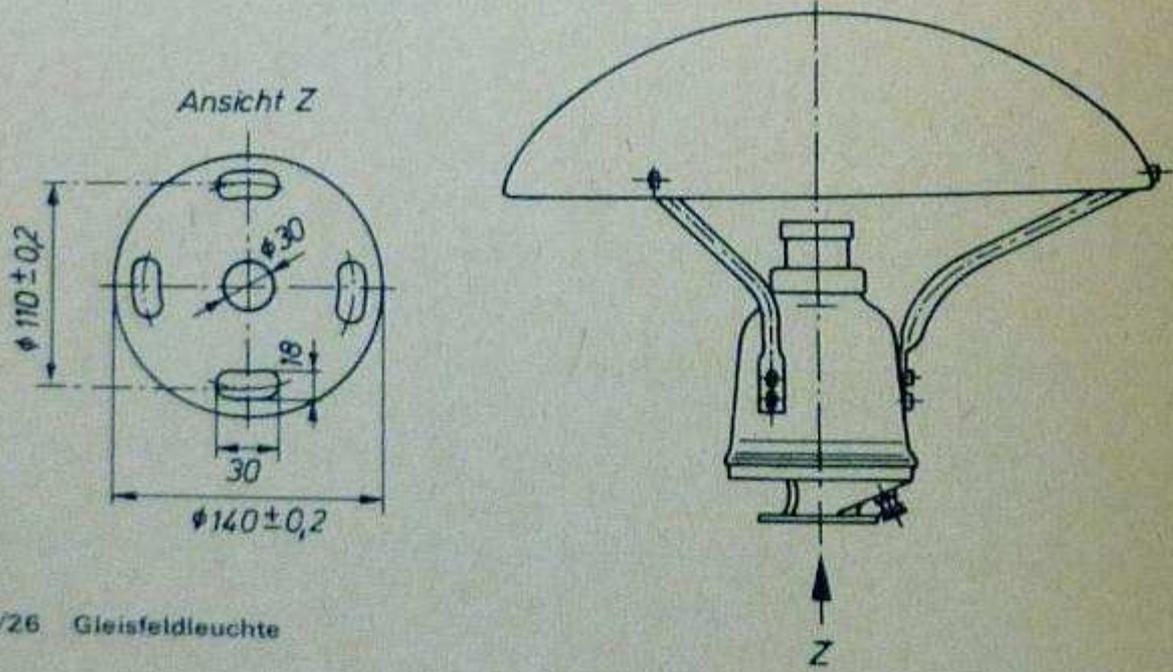


Abb. 12/26 Gleisfeldleuchte

Abb. 12/27
 Lichtstärkeverteilung der
 Gleisfeldleuchte
 1 × 250 W bzw.
 1 × 400 W

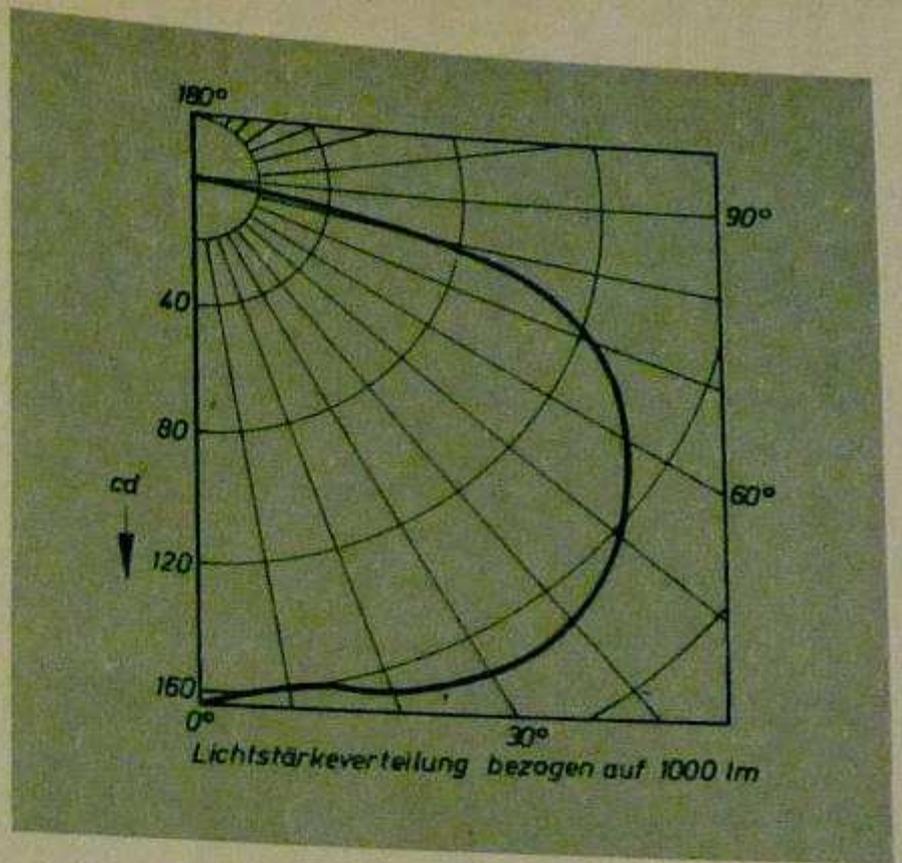
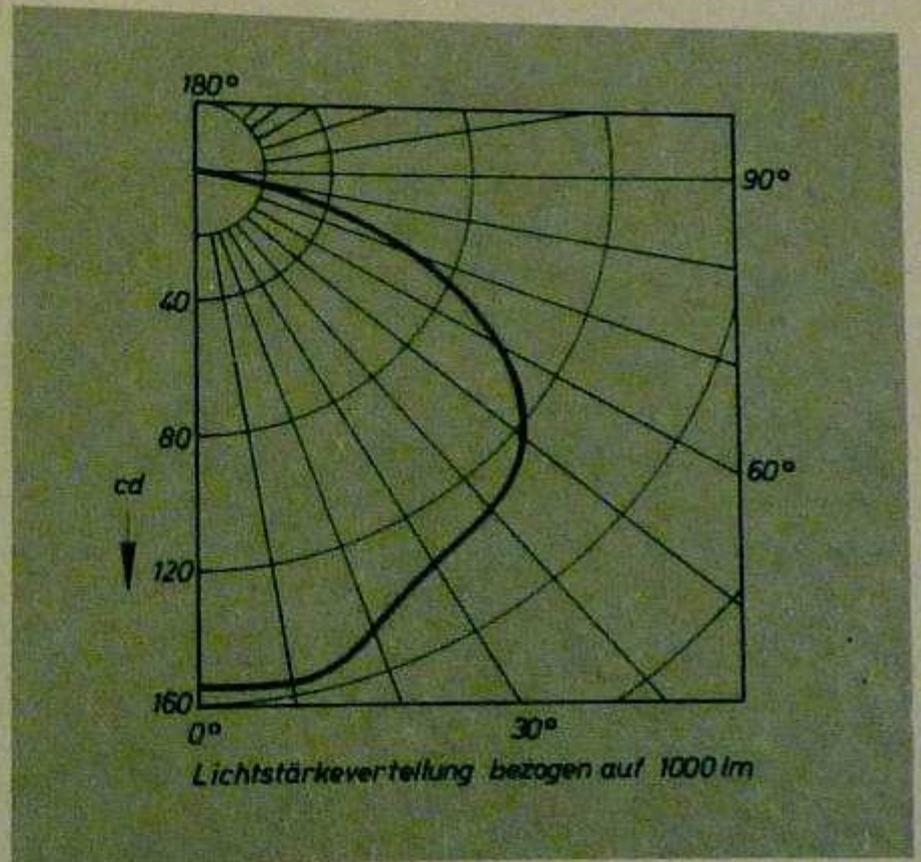


Abb. 12/28
 Lichtstärkeverteilung der
 Gleisfeldleuchte 1 × 1 000 W



12.3.7. Flutlichtscheinwerfer

TGL 200-4646

Hersteller: K LBL

Typenreihe zur Bestückung mit Quecksilber-Hochdrucklampen HQ und Metall-Halogenlampen

K LBL Kenn-Nr.	Bestückung	Schutzgrad	Schutzklasse
0210.6	HQ 80	IP 44	II
0210.7	HQ 125 HQ 250 HQ 400, HQI 400 HQ 700	IP 44	II
0210.8	HQ 250 HQ 400, HQI 400 HQ 700	IP 54	II
0240.1/1 0240.1	HQI 2000 _b HQ 2000	IP 54	II

HQ bedeutet mögliche Bestückung mit den Typen HQA, HQLS und HQLG.

Die Flutlichtscheinwerfer erfordern bei der aufgeführten Bestückungsart die Verwendung eines Vorschaltgerätes.

Derartige Vorschaltgeräte sowie auch Kompensationskondensatoren liefert K LBL formstoffgekapselt IP 55.

Bis auf die Typen 0240.1 und 0240.1/1 sind die Flutlichtscheinwerfer mit einer Fassungsverstellung versehen, so daß auf „Konzentration“ oder „Streuung“ eingestellt werden kann. Die Verwendung einer Dreheinrichtung zur horizontalen Verstellung ist für eine definierte Einstellung zu empfehlen (Kenn-Nr. 0221.51).

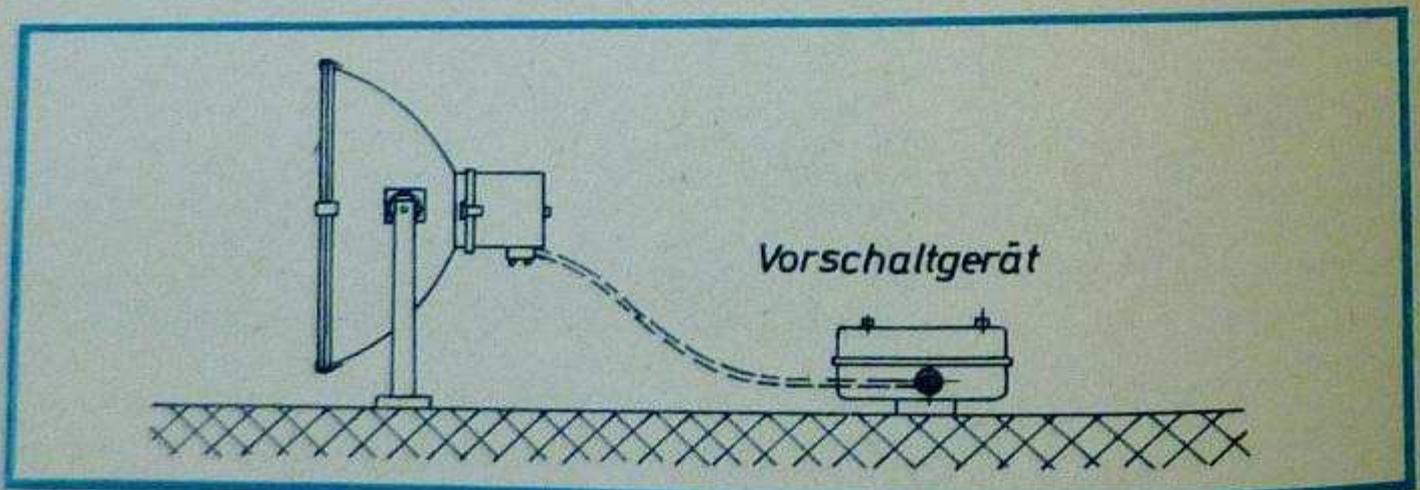


Abb. 12/29 Flutlichtscheinwerfer von K LBL für HQA, HQLS 2000 bzw. HQI 2000 b



13.1. Planungsunterlagen

Voraussetzung für die Planung und Berechnung einer Beleuchtungsanlage ist ein Minimum an Unterlagen. Dazu gehören u. a.

Bauliche Angaben (Größe, Raumhöhe, Fenster usw.)
Raumausstattung (Reflexionsgrad von Decken, Wänden und Einrichtungsgegenständen wie Mobiliar und Maschinen)

Mögliche Gefahrenquellen

Energieversorgung

Jährliche Nutzungszeit der Anlage (Schätzwert) und Angaben zur Größe des kleinsten Sehobjektes (welche Größe besitzt das kleinste wahrzunehmende Detail)

13.2. Beleuchtungssysteme

Allgemeinbeleuchtung

Durch die gleichmäßige Verteilung der Leuchten im Raum kommt dieser in seiner Gesamtheit zur Wirkung. Gute Sehbedingungen bei guter Gleichmäßigkeit

Arbeitsplatzorientierte Allgemeinbeleuchtung

Die Anordnung von Leuchten oder Lichtbändern richtet sich speziell nach der Anordnung der Arbeitsplätze. So läßt sich bei verschiedenen Tätigkeiten im Raum eine besondere Raumzone beleuchtungsmäßig entsprechend den Anforderungen hervorheben.

Beispiel: Beleuchtung von Laborräumen, Fließbändern, Setzereien usw.

Arbeitsplatzbeleuchtung

Beleuchtung von speziellen Arbeitsplätzen, vor allem solchen mit hohem Feinheitsgrad der Tätigkeit

Beispiel: Uhrenindustrie

Kombinierte Beleuchtung

Zusammenwirken von Arbeitsplatzbeleuchtung und Allgemeinbeleuchtung. Die Höhe der Beleuchtungsstärke

für die Allgemeinbeleuchtung ist abhängig von der Höhe der durch die Arbeitsplatzbeleuchtung erzielten Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz, und zwar differenziert nach der jeweiligen Arbeitskategorie:

Arbeitskategorie	Anteil der Allgemeinbeleuchtung an der Arbeitsplatzbeleuchtung
I	IV 10%
II	IV 10%
III	IV 20%

Kombinierte Beleuchtung ist nur bei speziellen Gegebenheiten vorzusehen, so z. B. in solchen Räumen, wo Arbeiten verschiedener Arbeitskategorien verrichtet werden und die Allgemeinbeleuchtung für eine mittlere Arbeitskategorie ausgelegt ist.

13.3. Auswahl von Lampen und Leuchten

Für die Beleuchtung von Innenräumen sind grundsätzlich Entladungslampen zu verwenden (Leuchtstofflampen und Quecksilber-Hochdrucklampen mit Leuchtstoff). Diese Festlegung resultiert aus wirtschaftlichen Erwägungen, da nur Entladungslampen durch die hohe Lebensdauer und Lichtausbeute eine hohe Wirtschaftlichkeit gewährleisten. Außerdem lassen sich die geforderten hohen Beleuchtungsstärken mit Glühlampen kaum erreichen, wobei bei diesen noch die höhere Wärmestrahlung negativ in Erscheinung treten würde. Dominierend unter den Entladungslampen ist für die Innenraumbelichtung die Leuchtstofflampe mit den Variationsmöglichkeiten der Lichtfarbe (Standard- und De-Luxe-Farben).

Vorzugstyp ist neben der stark verbreiteten 40-W-Lampe auch die 65-W-Leuchtstofflampe mit dem Vorteil optimaler Lichtausbeute und hoher Lichtstromeinheit.

Glühlampen sind in Fertigungsstätten nur dort zu verwenden, wo die Technologie Entladungslampen nicht zuläßt, sowie nur in gelegentlich genutzten Räumen (z. B. Kellerräume) mit häufigem Ein- und Ausschalten der Beleuchtungsanlage.

Beleuchtungsanlagen, die vorrangig ästhetischen Gesichtspunkten genügen sollen, können neben mit Warmton- oder De-Luxe-Leuchtstofflampen auch mit Glühlampen ausgerüstet werden.

Die Leuchten sind nach ihrer Lichtstärkeverteilung, nach elektrischen, thermischen und mechanischen (Schutzgrad) Anforderungen auszuwählen. Für Arbeitsräume kommen nur Leuchten mit direkter, vorwiegend direkter oder gleichförmiger Lichtverteilung in Frage. Eine Auswahl geeigneter Leuchten für Entladungslampen enthält das Kapitel „Leuchten“.

13.4. Anforderungen an die Beleuchtungsgüte

Wenn die Beleuchtungsanlage die an sie gestellten Forderungen, z. B.

- Steigerung der Leistungsbereitschaft des Menschen,
 - Verringerung der Ermüdungserscheinungen,
 - Steigerung der Arbeitsproduktivität,
 - Senkung der Unfall- und Ausschußziffer,
- erfüllen soll, so muß sie den nachstehenden abgehandelten Gütegesichtspunkten entsprechen.

Dazu zählen:

- Beleuchtungsstärke und Leuchtdichteverteilung,
- Schattigkeit und Lichteinfall,
- Örtliche Gleichmäßigkeit,
- Zeitliche Gleichmäßigkeit,
- Blendungsvermeidung,
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe.

13.4.1. Beleuchtungsstärke

Die Wahrnehmung aller Dinge unserer Umgebung beruht auf der Leuchtdichte dieser Dinge. Diese läßt sich im allgemeinen aus der Beleuchtungsstärke und dem Reflexionsgrad des jeweiligen Gegenstandes bestimmen. Jedoch ist die Beleuchtungsstärke meßtechnisch leichter zu erfassen, so daß man in der Innenraumbeleuchtung noch nach der Beleuchtungsstärke projiziert und auch mißt.

Angaben für Beleuchtungsstärkewerte werden im allgemeinen auf horizontal liegende Arbeitsflächen bezogen, wobei die im Standard genannten Beleuchtungsstärkewerte für eine Höhe von 0,85 m über dem Fußboden gelten.

Bei Arbeitsplätzen, die von dieser Meßebeine abweichen, ist die angegebene Beleuchtungsstärke auf den Arbeitsplatz (die Arbeitsebene) zu beziehen.

Die erforderliche Beleuchtungsstärke richtet sich nach der Schwierigkeit der Sehaufgabe, die in sechs sogenannte Arbeitskategorien nach der Größe des kleinsten

Sehobjekt eingeteilt ist (kleinstes wahrzunehmendes Detail im Rahmen der ständigen Tätigkeit am Arbeitsplatz) bzw. nach den Ansprüchen der Arbeit an die Beleuchtung.
Die Einteilung der Arbeitskategorien ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

Arbeitskategorien (Tabelle 1 von TGL 200-0617, Bl. 7)

Arbeitskategorie	Größe des kleinsten Sehobjektes in mm	Ansprüche der Arbeit an die Beleuchtung
I	unter 0,1	außergewöhnlich feine Arbeiten
II	über 0,1 bis 0,3	sehr feine Arbeiten
III	über 0,3 bis 1,0	feine Arbeiten
IV	über 1,0 bis 10,0	mittelfeine Arbeiten
V	über 10,0	grobe Arbeiten
VI	—	sehr grobe Arbeiten, Beaufsichtigung von Produktionsprozessen ohne besondere Anforderungen

Neben der Ermittlung des kleinsten Sehobjektes muß der Reflexionsgrad von Oberfläche, Hintergrund und Raumbegrenzungsflächen eingeschätzt werden, da hiervon die Leuchtdichteverhältnisse im Raum abhängen. Diese Einstufung erfolgt hier lediglich nach dunkel und hell, wobei folgende Festlegungen gelten:

dunkel, wenn der Reflexionsgrad $\leq 0,3$,
hell, wenn der Reflexionsgrad $> 0,3$ ist.

Für diese Einschätzung können die folgenden Werte des Reflexionsgrades nach Favié herangezogen werden.



Reflexionsgrade von diffus reflektierenden Flächen

Farbe	hell	mittel	dunkel
Gelb	0,70	0,50	0,30
Beige	0,65	0,45	0,25
Braun	0,50	0,25	0,08
Rot	0,35	0,20	0,10
Grün	0,60	0,30	0,12
Blau	0,50	0,20	0,05
Grau	0,60	0,35	0,20
Weiß	0,80	0,70	—
Schwarz	—	0,04	—

Reflexionsgrade verschiedener Oberflächen

Weißer Putz (frisch, trocken)	0,70 ... 0,80
Weißer Putz (alt)	0,30 ... 0,60
Beton (frisch)	0,40 ... 0,50
Beton (alt)	0,05 ... 0,15
Backstein (neu)	0,10 ... 0,30
Helles Birkenholz	0,55 ... 0,65
Mahagoni- und Nußbaumholz	0,15 ... 0,40
Holzfasерplatte (neu, cremefarb.)	0,50 ... 0,60
Gelbe Vorhänge	0,30 ... 0,45
Silbergraue Vorhänge	0,15 ... 0,25

Als dritte Einflußgröße kommt der Kontrast hinzu, der subjektiv nach folgenden Gesichtspunkten eingeschätzt wird:

- klein,** wenn die Farben des Objekts und des Hintergrunds nur wenig voneinander abweichen;
- mittel,** wenn die Farben des Objekts und des Hintergrunds voneinander abweichen;
- groß,** wenn die Farben des Objekts und des Hintergrunds sich deutlich abheben.

Stehen die drei Größen in der Reihenfolge Größe des kleinsten Sehobjektes in mm Reflexionsgradeinschätzung (dunkel, hell) Kontrastverhältnisse (klein, mittel, groß).

fest, so wird aus der Tabelle 2 der TGL 200-0617 Bl. 7, die nachstehend wiedergegeben ist, der Beleuchtungsstärkewert entnommen.

Beleuchtungsstärkewerte (Tabelle 2 aus TGL 200-0617 Bl. 7)

Mittlere Beleuchtungsstärke E_m
 Mindest-Beleuchtungsstärke E_{min}
 Gleichmäßigkeitsgrad $E_{min} : E_m$

1	2	3	4	5	6	7
Arbeitskategorie	Arbeitsgruppe	Kontrast	Reflexionsgrad	Gleichmäßigkeitsgrad $E_{min} : E_m$	Allgemeinbeleuchtung, arbeitsplatzorientierte Allgemeinbeleuchtung E_m in lx	Arbeitsplatzbeleuchtung E_{min} in lx
I	a	klein	dunkel	1:1,2	3000	6000
	b	klein mittel	hell dunkel		2500	5000
	c	mittel groß	hell dunkel		2000	4000
	d	groß	hell		1500	3000
II	a	klein	dunkel	1:1,2	1500	3000
	b	klein mittel	hell dunkel		1000	2000
	c	mittel groß	hell dunkel		750	1500
	d	groß	hell		500	1000
III	a	klein	dunkel	1:1,5	500	1000
	b	klein mittel	hell dunkel		300	750
	c	mittel groß	hell dunkel		250	500
	d	groß	hell		200	400
IV	a	klein	dunkel	1:1,5	200	—
	b	klein mittel	hell dunkel		175	—
	c	mittel groß	hell dunkel		150	—
	d	groß	hell		100	—
V	unabhängig vom Reflexionsgrad und dem Kontrast			1:2,5	100	—
VI					50	—

Die Tabellenwerte gelten für einen mittleren Betriebszustand der Anlage.

TGL 200-0617 Bl. 7 weist noch eine Tabelle auf, die Hinweise zur Zuordnung von Räumen in Industriebauten zu den einzelnen Arbeitskategorien enthält. Jedoch sollte man stets von der Größe des kleinsten Sehobjektes ausgehen.

Einige Hinweise werden dieser umfangreichen Tabelle entnommen.

Tätigkeit	Arbeitskategorie
Druckerei	
Matrizenherstellung	III
Buchstabengießen	III
Hand- und Maschinensatz	II
Drucken	II
Klischieren	II
Falten, Leimen	IV
Schneiden, Pressen, Nähen	III
Chemische Industrie	
Destillierkessel	IV
Filteranlagen	IV
Labor	II
Meßwarte	II
Elektroindustrie	
mittelfeine Montagearbeiten	IV
Lackieren und Tränken von Spulen	III
Montage kleiner Teile	II
Justieren, Prüfen	I
Gießerei	
Gießen großer Formen, Gußputzen	V
Formen von Hand (grob)	III
Kokillen- und Spritzguß	III
Kontrolle grober Gußteile	III
Kernmacherei	II
Glas- und Porzellanindustrie	
Mischen der Rohstoffe	V
Glasblasen, einfaches Formen	IV
Schleifen, Ätzen und Polieren von Glas	II
Feine Form- und Dekorarbeiten	II
Färben, Glasieren grob	III
Gummifabrik	
Vulkanisieren	IV
Reifenfertigung	III
Strangpreßerzeugnisse	III

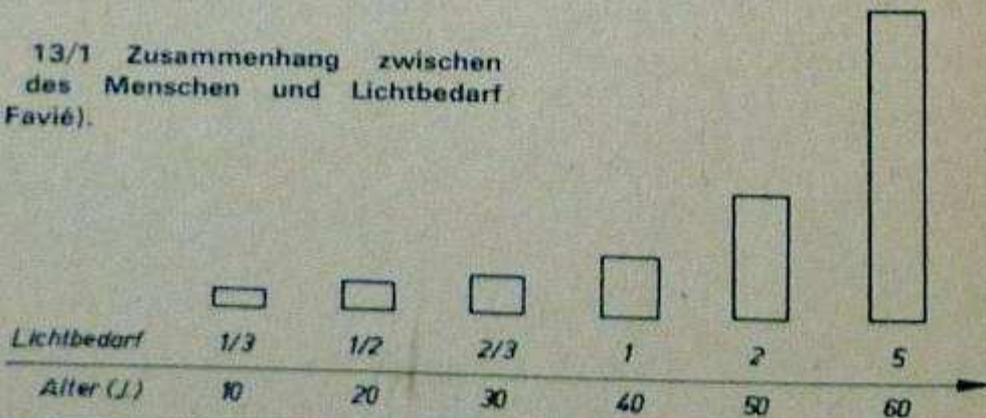
Tätigkeit	Arbeitskategorie
Holzverarbeitung	IV
Grobe Säge- und Tischlerarbeiten	IV
Hobeln, Schleifen, auf Maßsägen	III
Maschinenarbeit	III
Leimen, Furnieren, Zusammensetzen	II
Feinschleifen, Drehsein, Modelitischlerei	
Kraftwerke	IV
Turbinenhalle, Batterieräume	II
Schaltwarte	
Lackierereien	III
Eintauchen, Spritzen, Schleifen	II
Feinlacken	
Lagerräume	VI
Lager für Stückgüter	IV
Sortimentslager, hohe Frequenz	
Lederfabriken	V
Reinigen, Gerben	III
Präparieren, Steppen, Nähen	II
Schuhfabrikation	
Maschinenwerkstätten	V
Grobe Schlosserarbeiten	IV
Mittelfeine Schlosserarbeiten	III
Feine Schlosserarbeiten	II
Sehr feine Schlosserarbeiten	III
Polieren	II
Feinschleifen	IV
Drehen, Bohren, Fräsen	
Hobeln, Ziehen, Grobschleifen, Grobmontage,	
Bigearbeiten, feine Dreh-, Bohr- und	III
Hobelarbeiten, Feinmontage *	
Einrichten von Werkzeugmaschinen	III
Werkzeug- und Vorrichtungsfach	II
Feinmechanische Arbeiten	
Gravieren, Ziselieren	I
Schmiedearbeiten	V
Schweißen	IV
Wäschereien	
Waschraum	V
Bügeln, Zählen, Kennzeichnen	III

Tätigkeit	Arbeitskategorie
Textilfabriken	
Vorspinnen	
Einlegen	III
Krämpeln	III
Feinspinnen	III
Zwirnen	II
Feinheitsgrad a, b, c	
Feinheitsgrad d	II
Farbmustern	III
Weben	II
Stricken, Wirken	II
Nähwirken	II
Kunststopfen, Repassieren	II
Zuschneiden	II
Nähen von Hand	
helle Stoffe	II
dunkle Stoffe	I
Nähen maschinell	
helle Stoffe	II
dunkle Stoffe	I
Veredelung textiler Flächen, Waschen, Imprägnieren	III
Landwirtschaft	
Rinderstall	IV + V
Melkstand	III
Schweinestall	V
Geflügelstall	IV + V
Futterhäuser	IV + V
Gewächshäuser	VI
Werkstatt	III
Großgerätehalle	VI

Tätigkeit	Arbeitskategorie
Allgemeine Räume	III
Verwaltungsräume	IV
Aufenthaltsräume	IV
Konferenzzimmer	
Verkaufsräume	II
Textilien, Feinmechanik	III
Lebensmittel, Industriewaren	IV
Vorbereitungsräume	
Gesundheitswesen	
Arzträume	III
Operationsräume	I
Krankenzimmer	IV
Wartezimmer	V
Labor	II
Stationsnebenräume	V
Gruppen- und Spielräume	III
Schulen	
Unterrichtsräume, Hörsäle	III
Lehrmittelräume	V
Pausenhallen	V
Turnhallen	III
Wohnraum	
Küche	IV
Wohnzimmer, Schlafzimmer	III

Bei der Bemessung der Beleuchtungsstärke ist zu beachten, daß die Sehleistung des Menschen mit zunehmendem Alter abnimmt, so daß dann höhere Werte der Beleuchtungsstärke erforderlich sind. Eine Beleuchtungsplanung muß darum auch die Altersstruktur der Raumnutzer berücksichtigen.

Abb. 13/1 Zusammenhang zwischen Alter des Menschen und Lichtbedarf (nach Favié).



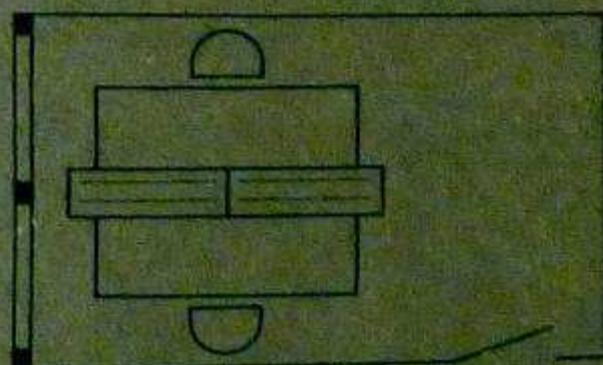
Verkehrszonen in Gebäuden sollen je nach Verkehrs-
dichte Mindestbeleuchtungsstärkewerte von 50 bis
100 lx bei Werten der Gleichmäßigkeit $E_{\min} : E_m = 1 : 2,5$
aufweisen. Auch bei derartigen Anlagen dürfen keine
störenden Schatten und keine Blendung auftreten.

13.4.2. Schattigkeit

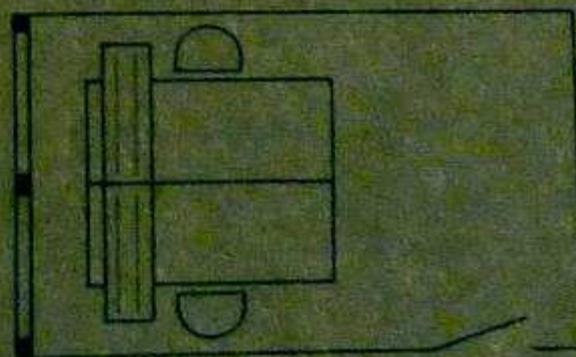
Mit der diffusen Leuchtstofflampen-Beleuchtung hat
auch das Problem der Schattigkeit mehr an Bedeutung
gewonnen, als es früher bei den herkömmlichen punkt-
förmigen Lichtquellen der Fall war. Raumwirkung und
Erkennen der Körperlichkeit sowie der Oberflächen-
beschaffenheit eines Gegenstandes erfordern ein gewis-
ses Maß an Schattigkeit. Die Beleuchtung darf nicht
schattenlos sein, muß aber harte Schatten vermeiden.

Eine vollkommen diffuse Beleuchtung wirkt ermüdend,
weil sie das Erkennen erschwert. Deshalb soll gerichtetes
Licht sinnvoll eingesetzt werden. Man ordnet die Leuch-
ten am besten seitlich vom Arbeitsplatz an, im allge-
meinen links, so daß sich der Lichteinfall schräg von
oben links ergibt. Mit dieser seitlichen Anordnung der
Leuchten lassen sich auch Spiegelungen am Arbeitsplatz
vermeiden.

Sind die Arbeitsplätze nach dem Tageslichteinfall ange-
ordnet, so ist auch die künstliche Beleuchtung dem
Tageslichteinfall anzupassen. Werden Leuchtstofflampen-
Leuchten eingesetzt, so soll die Anordnung seitlich vom
Arbeitsplatz parallel zur Blickrichtung erfolgen. Durch
die Verkleinerung der sichtbaren Leuchtenfläche wird
dabei auch die Blendung reduziert. Das ist besonders
wichtig bei den z. Z. noch stark verbreiteten unabge-
deckten Leuchten für Leuchtstofflampen.



falsch



richtig

Abb. 13/2 und 13/3 Anordnung von Leuchten mit Leuchtstoff-
lampen in Büroräumen

13.4.3. Örtliche Gleichmäßigkeit

Für einen guten Raumeindruck ist eine gleichmäßige Ausleuchtung erforderlich. Örtliche Hell-Dunkel-Unterschiede sind zu vermeiden. Der Helligkeitsunterschied für die verschiedenen Raumzonen darf nicht größer als der in Tabelle 2 (Spalte 5) der TGL 200-0617 Bl. 7 genannte Wert sein.

Benachbarte Räume, die häufig wechselseitig aufgesucht werden, dürfen keine schroffen Beleuchtungsstärkeunterschiede aufweisen (nicht größer als 1 : 5).

Räume, die der Entspannung dienen (Wohnräume, Liegeräume usw.), können zur Unterstützung der Behaglichkeit Beleuchtungsstärkeunterschiede bis zum Verhältnis $E_{min} : E_m$ von 1 : 10 aufweisen.

Die Forderung nach guter Gleichmäßigkeit im Raum resultiert aus der Tatsache, daß größere Helligkeitskontraste im Raum das Auge und damit den Menschen ermüden. Das Auge muß sich bei jedem Blickwechsel auf den gegebenen Wert der Helligkeit im Raum einstellen. Dieses ständige Anpassen an die gegebene Helligkeit überanstrengt das Auge bei großen Helligkeitskontrasten allmählich. Erschwerend ist vor allem der Wechsel von Hell auf Dunkel.

Das Erreichen einer guten örtlichen Gleichmäßigkeit im Raum ist abhängig von der Art der Lichtverteilung der Leuchten und dem Reflexionsgrad von Decke, Wänden und der Raumausstattung. Zur Orientierung sind einige Richtwerte für das Verhältnis der Höhe h (Höhe von Leuchtenunterkante bis Arbeitsebene: 0,85 m über Fußboden) und dem maximalen gegenseitigen Abstand a der Leuchten bzw. Lichtquellen angegeben.

Leuchten- bzw. Lampenart	Verhältnis $h : a$
Tiefstrahlende Reflektorleuchten	1 : 1,35
Reflektorleuchten	1 : 1,5
Leuchten mit Seitenscheiben und Raster, Lamellenleuchten	1 : 1,7 bis 1 : 2
Einfache Pendelleuchten (ohne lichtstreuende Verkleidung)	1 : 2 bis 1 : 2,5
Quecksilber-Hochdrucklampen mit Innenreflektor 250 und 400 W	1 : 1,5
Reflektor-Glühlampen (Breitstrahler)	1 : 1

13.4.4. Zeitliche Gleichmäßigkeit

Auch Schwankungen der Beleuchtungsstärke als Folge von Netzspannungsschwankungen sind zu vermeiden. Daher empfiehlt es sich generell, Beleuchtungsstromkreise nicht anderweitig zu belasten, z. B. durch häufig an- und abzuschaltende Aggregate.

Flacker- bzw. Wirbelerscheinungen, die bei fabrikneuen Leuchtstofflampen mitunter auftreten, lassen sich durch mehrmaliges Ein- und Ausschalten mit Pausenintervallen von 5 bis 10 s mühelos beseitigen.

Eine weitere zeitliche Ungleichmäßigkeit ist die Flimmererscheinung des Wechselstromlichts. Sie ist bei Glühlampen ebenso feststellbar wie bei Leuchtstofflampen, nur ist sie bei letzteren differenziert entsprechend den Lichtfarben. Die Erklärung hierfür liegt in der Tatsache, daß bei allen wechselstromgespeisten Lichtquellen der abgegebene Lichtstrom periodisch mit der doppelten Frequenz der Netzfrequenz schwankt.

Bei Glühlampen ist die Wahrnehmbarkeit infolge der thermischen Trägheit des Leuchtkörpers (Wendel) im Vergleich zu Entladungslampen, bei denen dieses träge Glied fehlt, geringer, so daß der Lichtstrom dem Lampenstrom nahezu proportional ist.

Bedingt durch die hier nicht näher zu erläuternde Betriebsproblematik bei den Entladungslampen ist in der stromlosen Pause, die nach Literaturangaben zwischen 1 und 3% der Gesamtzeit liegt, praktisch keine Strahlungsaussendung vorhanden.

Die ständige Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Leuchtstoffe führte jedoch zu den seit Jahren schon verwendeten Leuchtstoffen mit hinreichender Nachleuchtdauer, so daß die stromlose Pause sowie die stromschwachen Anteile während der Wechselstromperiode in der Lichtaussendung nicht stark in Erscheinung treten.

Die Flimmererscheinung läßt sich durch schaltungstechnische Maßnahmen stark reduzieren bzw. fast ganz aufheben. So lassen sich ohne große Schwierigkeiten benachbarte Leuchtstofflampen an verschiedene Außenleiter des dreiphasigen Wechselstromnetzes schalten. Bei der Dreiphasenschaltung sind die Lichtströme der Einzellampen jeweils um 120° voneinander verschoben (phasenverschoben), so daß das Flimmern nahezu aufgehoben ist. Für die Größe der Lichtwelligkeit gibt es mehrere Definitionen, es soll jedoch für vergleichende Zwecke der Flimmerfaktor (FF) wie nebenstehend definiert sein:

Flimmerfaktor =

$$\frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{\Phi_{\max} + \Phi_{\min}}$$

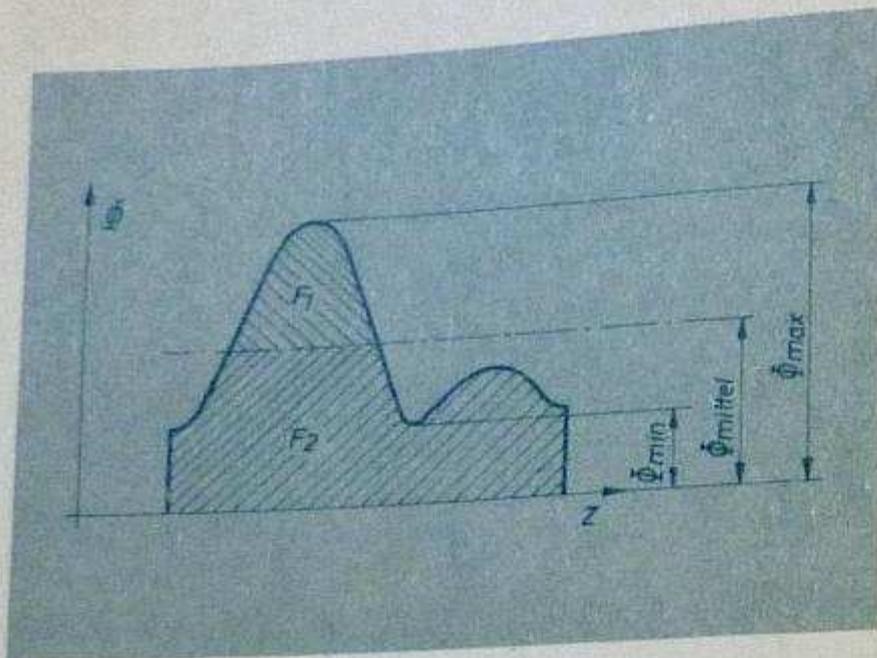


Abb. 13/4
Verlauf des Lichtstroms
während einer
Wechselstromperiode

Hier noch einige vergleichende Angaben zum Flimmerfaktor nach Sturm:

Lichtquelle und Schaltung	Flimmerfaktor
Glühlampe 30 W an Kleinspannung 6 V	0
Glühlampe 40 W an Wechselspannung 220 V 50 Hz	0,19
Leuchtstofflampe mit induktivem Vorschaltgerät (Drossel) an Wechselspannung 220 V 50 Hz	
Lichtfarbe: Warmton	0,19
Weiß	0,35
Tageslicht	0,55
Blau	0,9
Grün	0,3
Rosa (Rot)	0,2 (0,1)
Drei Leuchtstofflampen mit je einem induktiven Vorschaltgerät (Drossel) in Dreiphasenschaltung	
Lichtfarbe: Warmton	0,006
Weiß	0,009
Tageslicht	0,014

Aus der vergleichenden Darstellung geht auch hervor, daß die immer als „flimmerfrei“ angesehene Glühlampe doch gleiche Werte der Warmton-Leuchtstofflampe erreicht.

Aus Gründen der Vollständigkeit sei noch auf das Elektrodenflimmern hingewiesen (Lichtflimmern an den

Enden der Leuchtstofflampe), das bei ungünstiger Blickrichtung mitunter wahrgenommen wird. Aus der neueren Literatur sind hier schaltungstechnische Maßnahmen bekannt geworden, die diese besondere Art des Lichtflimmerns beseitigen.

Entladungslampen (Leuchtstofflampen, Quecksilber-Hochdrucklampen) sollen daher möglichst mehrphasig angeschlossen werden.

Bei Räumen, in denen rotierende Arbeitsmittel vorhanden sind (Drehmaschinen, Antriebe, Bohrmaschinen und dergleichen), ist der Anschluß in gleichmäßiger Verteilung der Lichtquellen auf die drei Leiter des Netzes vorgeschrieben.

Mit dieser Maßnahme sollen speziell aus arbeitsschutztechnischer Sicht heraus störende und stroboskopische Effekte bei Bewegungsvorgängen ausgeschlossen werden.

Bei einer zweilampigen Leuchte ist analog der Anschluß an zwei verschiedene Außenleiter gegenüber nur an einen für beide Lampen vorzusehen.

In der Regel sind mehrlampige Leuchten zum Anklemmen mehrerer Außenleiter vorgesehen.

13.4.5. Blendungsvermeidung

Jede Blendung ist mit einer Minderung der Sehfunktionen (physiologische Blendung) verbunden. Sie ruft darüber hinaus ein unangenehmes Gefühl hervor und setzt das Wohlbefinden herab (psychologische Blendung).

Bei der Blendung unterscheidet man zwischen der Direktblendung durch Lampen und Leuchten und der Indirektblendung durch Spiegelung der Lampen auf glänzenden Flächen (Maschinenteile, Unterlagen usw.). Bei längerer Einwirkung kann die Blendung zu unangenehmen Wirkungen führen, die neben dem Wohlbefinden auch die Arbeitsleistung beeinträchtigen.

Zur Vermeidung der Direktblendung ist daher festgelegt, daß in Arbeitsräumen im Winkelbereich 0 bis 30° über der horizontalen Hauptblickrichtung die Leuchtdichte von Leuchten und speziell von Lampen nicht höher als $0,4 \text{ sb}$ sein darf; für Unterrichtsräume gilt dieser obere Wert im Winkelbereich 0 bis 45° über der Horizontalen. Hierzu sind einige Erläuterungen erforderlich.



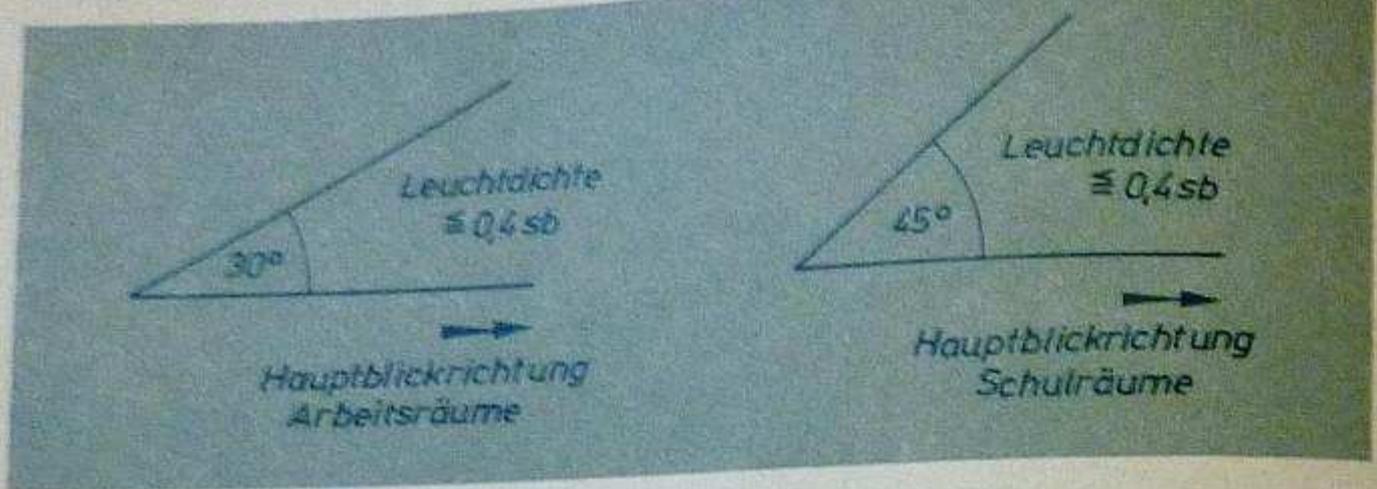


Abb. 13/5
Winkelbereich der
maximalen Leuchtdichte

Ob eine Anlage blendet, hängt u. a. nicht nur von der Eigenleuchtdichte der Lampe ab, sondern auch von ihrer Größe und Entfernung (Aufhängenhöhe), ihrer Lage zur Blickrichtung und von der Umgebungshelligkeit. Daraus ergibt sich, daß in Arbeitsräumen bei größeren Aufhängenhöhen ohne weiteres auch Lampen höherer Eigenleuchtdichte als Leuchtstofflampen, z. B. Quecksilber-Hochdrucklampen mit Innenreflektor 250 W und 400 W, eingesetzt werden können. Ebenso lassen sich einfache Decken- und Pendelleuchten für Leuchtstofflampen (ohne lichtstreuende Verkleidung) einsetzen, wenn die Anordnung parallel zur Hauptblickrichtung erfolgt und die Umgebungshelligkeit (Decke, Wände) hoch ist. Die Umgebungshelligkeit hat einen entscheidenden Einfluß auf die Blendung. Je höher sie ist, um so geringer wird der

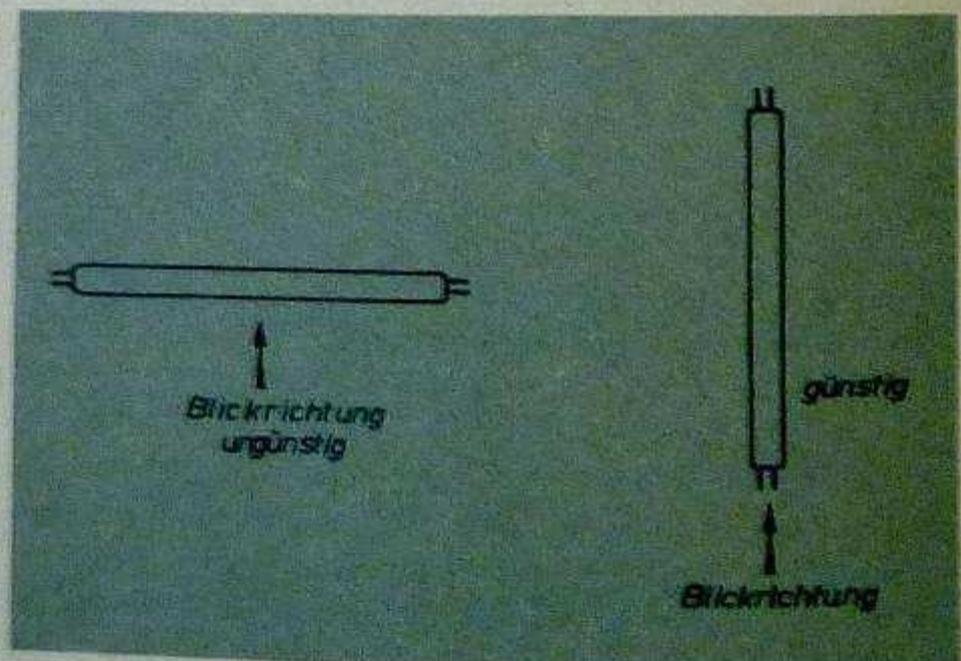


Abb. 13/6
Anordnung freistrahrender
Leuchten in Arbeitsräumen

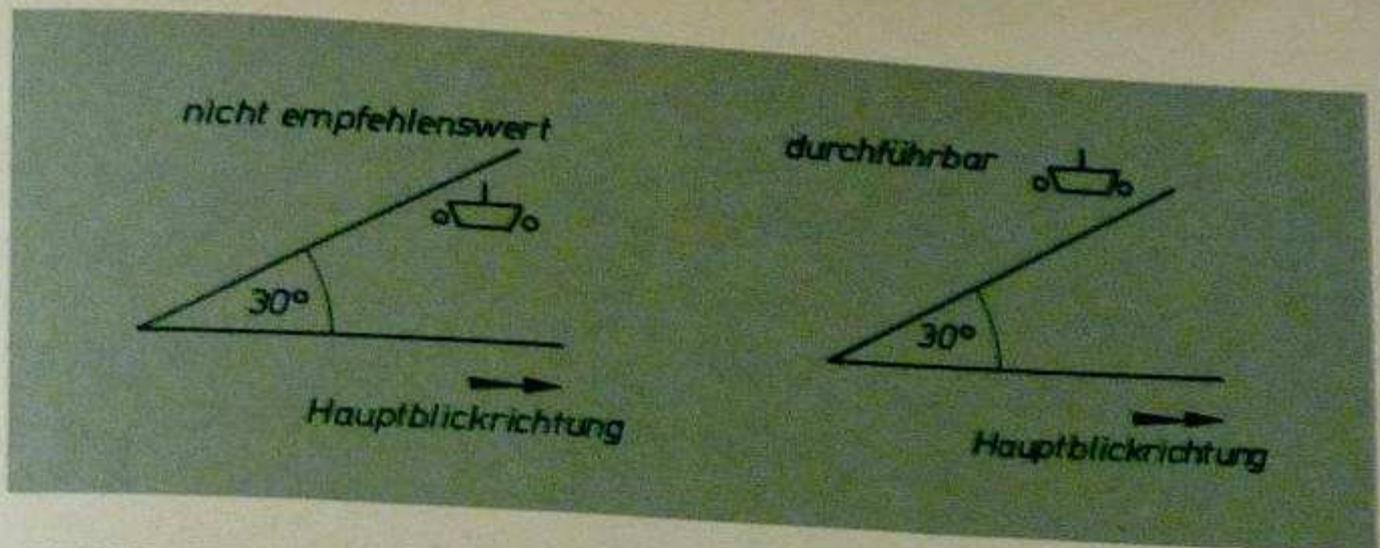


Abb. 13/7
Blendungsvermeidung durch richtige Anordnung der Leuchten mit Leuchtstofflampen

Grad der Blendung (durch den geringeren Kontrast) sein. Darum sind helle Decken und Wände vorteilhaft. Diese Darlegung ist deshalb von Bedeutung, weil im Angebot der Leuchtenindustrie die Leuchtenart ohne lichtstreuende Verkleidung z. Z. noch dominiert.

Die Herabsetzung der Eigenleuchtdichte der Lampe erfolgt durch die Anordnung einer lichtstreuenden Verkleidung am Grundkörper der Leuchte. Gute Modelle dieser Art sind die Raster- und Faltpapierleuchten von K LBL (Werk Berlin), die Dekoleuchten von K LBL (Werk Lengfeld) sowie die ästhetisch gelungene, aber richtungsabhängige Lamellenleuchte von K LBL (Werk Berlin).

Diese Leuchten sowie auch Reflektorleuchten genügen den Anforderungen an die maximal zulässige Leuchtdichte (0,4 sb) in den kritischen Winkelbereichen (0 bis 30°, 0 bis 45°).

Blendungsvermeidung kann auch durch bauliche Maßnahmen, wie Anordnung der Lampen hinter Unterzügen, erreicht werden (die Lampen sind so der direkten Sicht entzogen).

Bei ausgesprochenen Arbeitsplatzleuchten müssen die Lampen völlig gegen das Auge abgeschirmt sein.

Indirektblendung, hervorgerufen durch spiegelnde Lampen, ist u. a. durch geeignete Wahl der Lichteinfallrichtung (seitlich) und durch matte bzw. nicht glänzende Oberflächen der Arbeitsmittel zu vermeiden. Auch durch Erhöhung des diffusen Anteils der Beleuchtung kann die Reflexblendung verringert werden.

13.4.6. Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Farbdynamik bedeutet das Zusammenwirken von Licht, Farbe und Raum. Ein lichttechnisch und farblich richtig gestalteter Raum beeinflusst entscheidend Arbeitsfreude

und Wohlbefinden. Man bedenke, daß der Mensch einen großen Teil seines Lebens am Arbeitsplatz verbringt und Anspruch auf die richtige Ausgestaltung desselben hat. Arbeitsräume werden vorrangig mit Leuchtstofflampen ausgeleuchtet. Dabei wird die Standardlichtfarbe Weiß bevorzugt, die, ohne Zwielichterscheinungen hervorzurufen, auch als Zusatzlicht zum Tageslicht verwendet werden kann.

Werden besondere Ansprüche an die Farbwiedergabe gestellt, so sind Leuchtstofflampen der Lichtfarbe Weiß de Luxe (derzeitige Typenreihe 40 W und 65 W) zu verwenden.

Solche Anwendungsgebiete können sein: repräsentative Räume; Verkaufsräume für Lebensmittel, Fleischwaren, Obst und Gemüse, Feinkost, Backwaren, Blumen, Friseur- und Kosmetiksalons.

Werden für spezielle Tätigkeiten Leuchtstofflampen der Lichtfarbe Tageslicht eingesetzt (z. B. für bestimmte Aufgaben in der polygrafischen Industrie), so sind entsprechend hohe Beleuchtungsstärken im Raum erforderlich, damit die Beleuchtung anregend und leistungsfördernd wirkt. Der Grund hierfür liegt in dem bekannten Zusammenhang, daß bei höherem Blauanteil des Lichtes auch die Beleuchtungsstärke höher sein muß, wenn die Beleuchtung nicht fahl und kalt wirken soll. Räume mit Ausleuchtung durch Tageslicht-Leuchtstofflampen sollten eine Beleuchtungsstärke von mindestens 800 lx aufweisen. In Räumen, die der Entspannung und Festlichkeiten dienen, sind Lampen warmer Lichtfarbe zu bevorzugen (Leuchtstofflampen Lichtfarbe Warmton, Glühlampen, Kerzengroßlampen usw.).

Quecksilber-Hochdrucklampen mit Leuchtstoff sind in der Innenraumbeleuchtung durchaus verwendbar, wenn keine hohen Ansprüche an die Farbwiedergabe gestellt werden (z. B. Montagehallen, eisen- und stahlverarbeitende Industrie). Hier ist die Lampenindustrie neuerdings in der Lage, durch weitere Verbesserungen der Lichtfarbe (Goldweiß-Typen) die Anwendungsbreite der HQL-Lampen in der Innenraumbeleuchtung zu vergrößern. S. auch Nachtrag.

Quecksilber-Hochdrucklampen ohne Leuchtstoff (HQA-Lampen) sind durch die Vorteile des Linienspektrums ohne Rotanteil nur für die Beleuchtung von Räumen zur Fehlersortierung (Risse in Gußstücken, Papierkontrolle usw.) verwendbar.

13.5. Hinweise zur Innenraumbeleuchtung

13.5.1. Industriebauten

Um eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung des gesamten Raumes zu erhalten, die wesentlich für ein gutes Erkennen ist, soll eine blendungsfreie Allgemeinbeleuchtung mit guter Gleichmäßigkeit geschaffen werden.

Normale Geschoßbauten

erhalten vorrangig eine Lichtbandordnung mit Langfeldleuchten (möglichst Reflektorleuchten) in fensterparalleler Anordnung, wobei je nach Raumhöhe die Anbringung mit Pendel oder direkt an der Decke erfolgt. Bei Raumhöhen bis zu 5 m wird man ausschließlich Leuchtstofflampen einsetzen.

Flachbauten mit Oberlicht

schränken die Anordnung der Leuchten ein. Hier sollen im wesentlichen nur Reflektorleuchten verwendet werden, die nahe der Oberlichtöffnungen angeordnet werden, um so eine tageslichtähnliche Beleuchtungsverteilung im Raum zu erreichen.

Shedbauten

bringen sehr gute natürliche Beleuchtungsverhältnisse. Es liegt daher nahe, auch hier die Leuchten in Fensternähe (unter Fensterfläche) anzuordnen, um so ähnliche Verhältnisse auch mit der künstlichen Beleuchtung zu bekommen. Außerdem können noch Leuchten an der Unterkante der Dachflächen angeordnet werden.

Der gegenseitige Abstand a der Leuchten soll nicht größer als die 1,5fache Nutzhöhe h_N sein.

$$a \leq 1,5 h_N$$

Hohe Hallen

bedingen meist große Lichtpunkthöhen, die sich im wesentlichen aus der Anordnung einer Kranbahn ergeben. Hier finden neben mehrlampigen Tiefstrahlern für Leuchtstofflampen auch Quecksilber-Hochdrucklampen 250–2000 W Verwendung. Letztere Lampenart stellt durch die hohe Lichtstromeinheit je Lampe und die daraus resultierende geringe Zahl der Lichtpunkte eine wartungsgünstige Anlage dar. Auch Quecksilber-Hochdrucklampen mit Innenreflektor 250–400 W dürften hier besonders von Vorteil sein.

Fensterlose Kompaktbauten
erfordern eine besondere Beleuchtungsplanung, wo u. a. Farbgebung und Innenausstattung zu beachten sind. Die Mindestbeleuchtungsstärke liegt hier bei 500 lx.

13.5.2. Büroraumbeleuchtung

Beleuchtungslösungen im Büroraum sollen so sein, daß eine gute Allgemeinbeleuchtung vorherrscht. Eine gute Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung schafft beste Sehbedingungen und reduziert die Ermüdung der Augen im Gegensatz zur ungleichmäßigen Raumausleuchtung und der damit verbundenen laufenden Umadaptation. Zur Vermeidung großer Leuchtdichteunterschiede sind die Raumflächen und Einrichtungsgegenstände in hellen Tönen zu halten.

Von entscheidender Bedeutung ist auch die Leuchtenanordnung. Zur Erreichung einer ausreichenden Schattigkeit und zur Vermeidung von Reflexblendung soll daher der Hauptideinfall von links erfolgen. Das bedeutet in der Regel eine fensterparallele Leuchtenanordnung, die bei entsprechender Raumtiefe eine Ergänzung durch eine zweite Anordnung von Leuchten in $\frac{2}{3}$ Raumtiefe erhält.

Zur Vermeidung der direkten Blendung sollen nach Möglichkeit nur abgeschirmte Leuchten eingesetzt werden. Gut geeignet sind u. a. Lamellen- bzw. Rasterleuchten, die bei größeren Räumen in Form eines Lichtbandsystems angeordnet werden sollen, um so eine gute Raumwirkung zu erhalten.

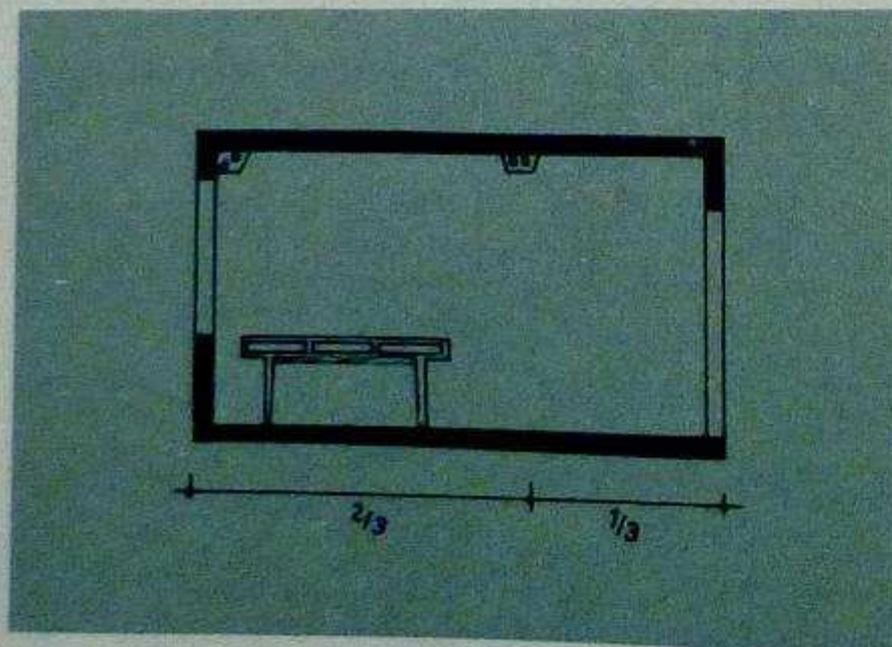
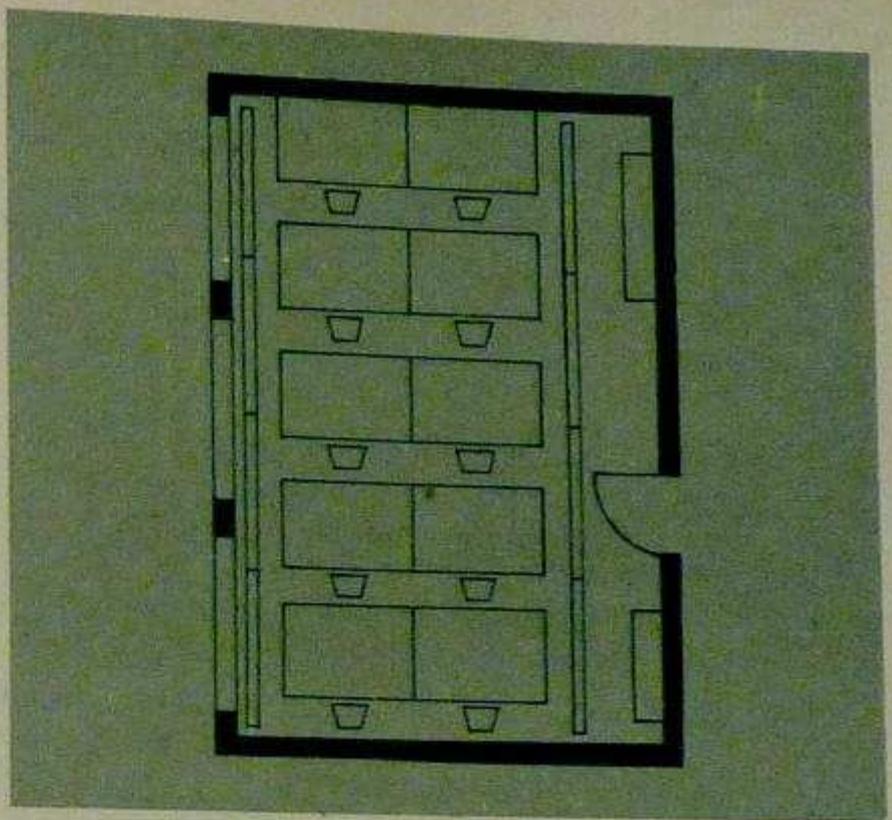


Abb. 13/8
Bürobeleuchtung mit einer
Eckleuchte am Fenster-
sturz und einer weiteren
Leuchte in $\frac{2}{3}$ Raumtiefe.

Abb. 13/9
Beleuchtung eines größeren
Bürraumes durch zwei
parallel zur Blickrichtung
verlaufende Lichtbänder.



Beleuchtungsstärke nach TGL 200-0617 Blatt 7:
Verwaltungsräume: 200–500 lx (Arbeitskategorie III)

13.5.3. Verkaufsbeleuchtung

Das Gebiet der Verkaufsbeleuchtung umfaßt die Beleuchtung der Verkaufsräume und der Schaufenster.

13.5.3.1. Verkaufsraumbeleuchtung

Helligkeit und Lichtfarbe sowie eine gute Gleichmäßigkeit der Beleuchtung besitzen einen großen Einfluß auf die Kauflust. Sie muß jedoch dem Charakter des Raumes und der Warenart angepaßt sein und soll sich harmonisch in die Architektur des Raumes eingliedern. Man wird daher neben der Verwendung handelsüblicher Leuchten für Leuchtstofflampen auch vielfach solche Beleuchtungslösungen vorsehen, die leuchtenunabhängige Einbauten darstellen, wie z. B. Deckeneinbauten, leuchtende Decken und Voutenbeleuchtung. Bei der Verwendung von Deckenleuchten mit Plast- oder Rasterabdeckung lassen sich durch entsprechende Anordnungen interessante Lösungen erreichen.

Werden handelsübliche Leuchten verwendet, so empfiehlt sich eine Lichtbandanordnung in Form einer Zuordnung zu den Verkaufstischen. Bei entsprechend hohem Beleuchtungsniveau und heller Raumausstattung ist auch eine Anordnung freistrahrender Deckenleuchten möglich.

Verkaufsraum für	Arbeitskategorie	Bereich
Textilien Feinmechanik/Optik	II	500–1500 lx
Lebensmittel Gemischtwaren	III	200– 500 lx
Industriewaren	III	200– 500 lx
Vorbereitungsräume	IV	100– 200 lx
Warenannahme	IV	100– 200 lx

Bei den vorgenannten Werten handelt es sich um Angaben für Allgemeinbeleuchtung, die entsprechende Wahl der Beleuchtungsstärke innerhalb des Bereiches resultiert aus den Angaben für Kontrast und Reflexionsgrad (s. Kapitel Innenraumbeleuchtung).

13.5.3.2. Schaufensterbeleuchtung

Das Schaufenster soll nicht nur für den Betrachter am Tage durch seine Gestaltung interessant sein, sondern auch in den Abendstunden durch die Art der Waren und seine Lichtfülle zur Bedarfsweckung beitragen. Es ist bekannt, daß gerade in den Abendstunden eine intensivere Betrachtung der im Schaufenster gezeigten Waren erfolgt und daher auch eine gute und blendungsfreie Beleuchtung, die in ihrer Helligkeit auf die Umgebung abgestimmt sein muß, von entscheidender Bedeutung ist.

Grundsätzlich sind die Lichtquellen abgeschirmt anzuordnen, damit der Betrachter nicht geblendet wird. Die Anordnung von unabgeschirmten Leuchtstofflampen an den Schaufensterseiten ist äußerst unzweckmäßig. Das Licht soll hauptsächlich von oben kommen, wobei die Anordnung von Lampen und Leuchten möglichst unauffällig zu erfolgen hat.



Erforderliche Lampenzahl (Richtwert)

Zur Erreichung einer ausreichenden Allgemeinbeleuchtung mit Leuchtstofflampen werden folgende Lampenzahlen je m² benötigt:

	Hauptgeschäftsstraßen		belebte Straßen		Nebenstraßen	
	Lampenzahl					
	40 W	65 W	40 W	65 W	40 W	65 W
Große Städte	4	2,5	2,5	1,5	1,2	0,8
Kleine Städte	2	1,2	1,2	0,8	0,6	0,4

Zur Gestaltung von Beleuchtungsanlagen in Schaufenstern sollen noch einige Hinweise im Zusammenhang mit entsprechenden Abbildungen gegeben werden.

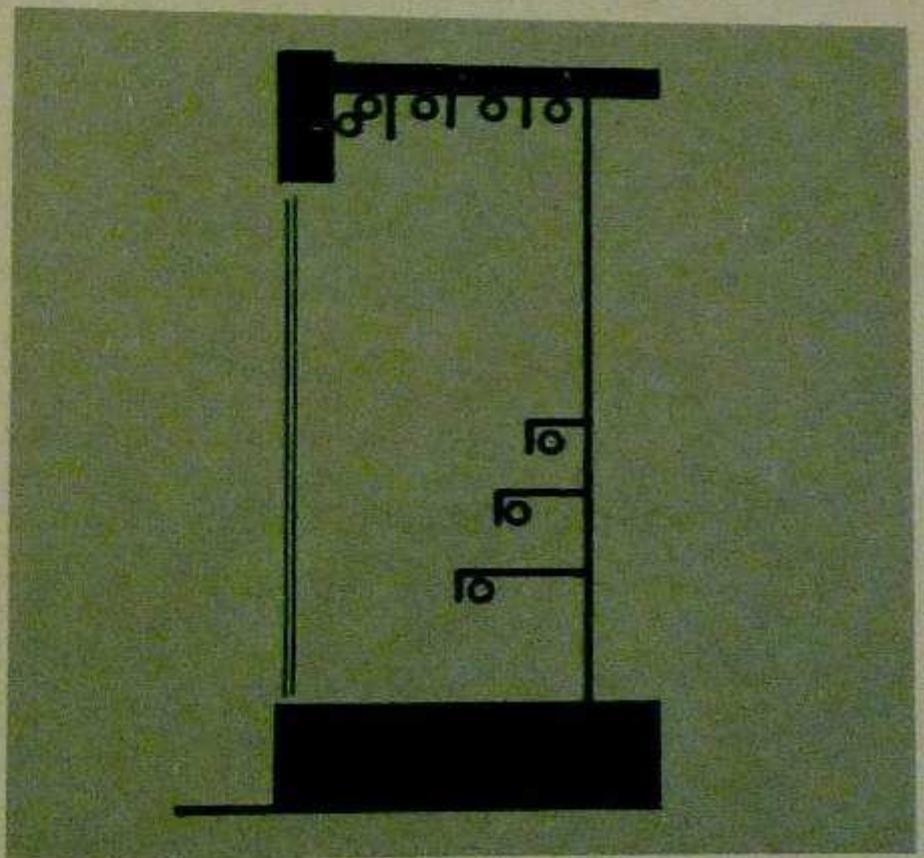


Abb. 13/10 Frontschaufenster mit Etagenböden.
Das Schaufenster erhält eine Grundbeleuchtung durch verdeckt angeordnete Leuchtstofflampen (Lamellen). Zusätzlich werden die auf den Etagenböden befindlichen Waren durch ebenfalls abgeschirmte Leuchtstofflampen beleuchtet.

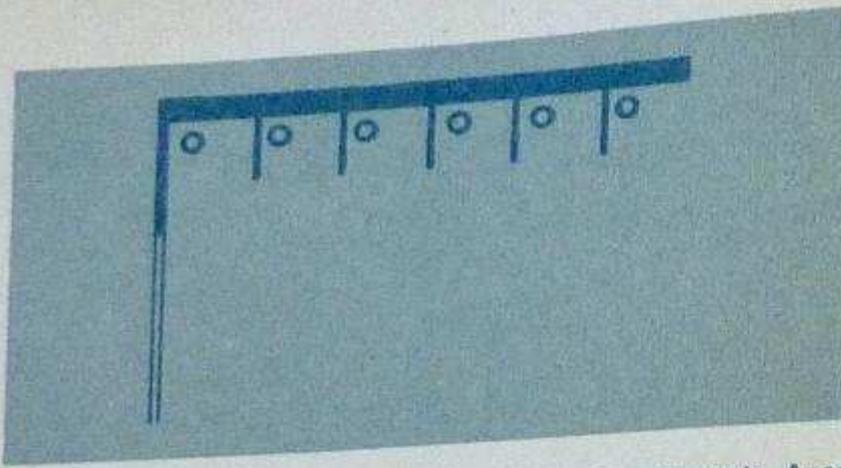


Abb. 13/11 Grundlegende Anordnung von Leuchtstofflampen in Schaufenstern hinter Lamellen. Diese Beleuchtungsanordnung kann auch zur Verkaufsraumbeleuchtung verwendet werden.

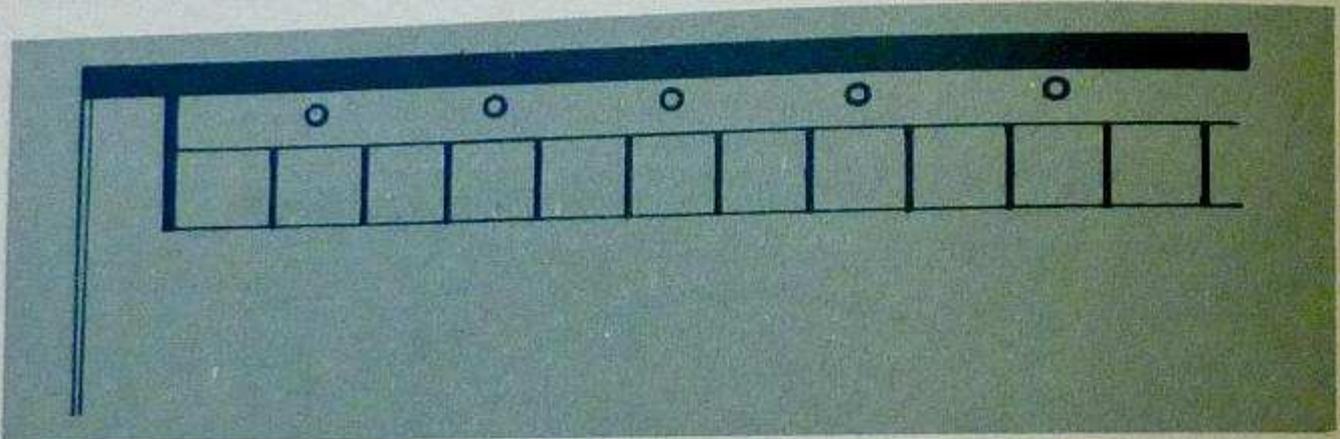


Abb. 13/12 Abschirmung der Leuchtstofflampen durch ein großflächiges Raster.

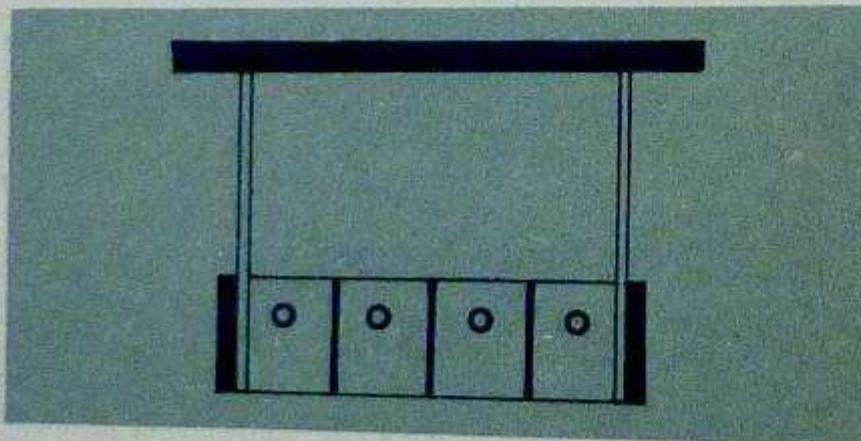


Abb. 13/13 Beleuchtung eines Schaufensters durch eine abgehängte großflächige Rasteranordnung.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß zur Erzielung besonderer Effekte farbige Leuchtstofflampen (rot, grün und blau als 40-W-Typ) verwendet werden können. Eine derartige aufmerksamkeitssteigernde Beleuchtung kann zu besonderen Anlässen vorgenommen werden.

13.5.4. Schulraumbelichtung

Die Beleuchtung von Schulräumen ist, wie neuere Untersuchungen zeigen, in vielen Fällen korrekturbedürftig. Daher sollen hier einige kurze Hinweise gegeben werden.

Grundsätzlich gilt auch bei der Beleuchtung von Schulräumen der Hinweis, daß die leuchtende Fläche dem Schüler und auch dem Lehrer so klein wie möglich dargeboten werden soll, um Blendung zu vermeiden. Das bedeutet eine fensterparallele Anordnung der Lichtbänder, die etwas links vom Schüler verlaufen sollen. Zu beachten ist ferner, daß bezüglich der Blendung im Bereich bis zu 45° über der Horizontalen die Leuchtdichte von Lampen und Leuchten $\leq 0,4 \text{ sb}$ sein soll. Hieraus ergibt sich die vorrangige Verwendung von Leuchten mit lichtstreuender Verkleidung, wie z. B. Lamellenleuchten, Faltglasleuchten usw.

Bei einer ausreichenden Beleuchtung des Schulraumes ist meistens eine zusätzliche Beleuchtung der Wandtafel nicht erforderlich. Sollte eine zusätzliche Beleuchtung der Tafel doch erfolgen, so muß die Lichtquelle nach hinten abgeschirmt sein, und es dürfen sich für den Schüler keine spiegelnden Reflexe ergeben. Bezüglich der Wandtafel gilt noch der Hinweis, daß grüne Wandtafeln durch ihr besseres Reflexionsvermögen (sie wirken heller) gegenüber schwarzen vorzuziehen sind.

Mittlere Beleuchtungsstärke

Kategorie III (200–500 lx)

nach TGL 200-0617 Blatt 7

Von der Lichtfarbe der Leuchtstofflampen kommen die Typen Weiß und Weiß de Luxe in Frage.

Schulräume für sehbehinderte Kinder

Untersuchungen an Schulen für sehbehinderte Kinder erbrachten die Empfehlung, die Beleuchtungsstärke nicht unter 600 lx zu wählen. Als Lichtfarbe werden Tageslicht-Leuchtstofflampen vorgeschlagen, wobei alle Gegenstände des Raumes hell zu halten sind (vorteilhaft hellgelb). Die spezielle Beleuchtung der grün zu haltenden Wandtafel soll eine Beleuchtungsstärke von 1200 lx aufweisen.

14. Lichtarchitektonische Gestaltung

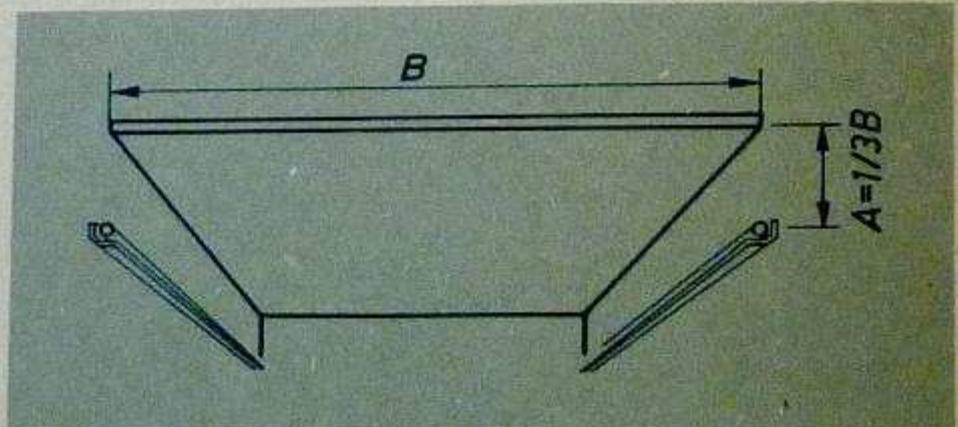
Besondere Räume repräsentativer Art, Spezialverkaufsräume, Restaurants, Bars, Hotels usw. verlangen miteinander spezielle Beleuchtungslösungen. Hier verzichtet man auf Leuchten bekannter Art und setzt, wenn man sich für eine Beleuchtung mit Leuchtstofflampen entschieden hat, in den meisten Fällen Montageleisten sowie einfache offene Deckenleuchten.

Derartige Lösungen können oft sehr interessant sein. Einige Anregungen zum Gestalten mit Licht sollen die folgenden Ausführungen geben:

14.1. Voutenbeleuchtung

Voraussetzung ist generell das Vorhandensein einer sehr hellen Decke sowie heller Wände. Zur Erzielung einer gleichmäßig ausgeleuchteten Decke und damit eines akzeptablen Beleuchtungswirkungsgrades soll die Anordnung normaler Leuchtstofflampen in der Voute so erfolgen, daß sich ein Deckenabstand $A = \frac{1}{3} B$ (mind. $A = \frac{1}{4} B$) ergibt. Der Beleuchtungswirkungsgrad liegt bei dieser Form zwischen 0,12–0,20

Abb. 14/1
Gleichmäßige Deckenausleuchtung durch richtige Anordnung der Vouten.



Soll mit einer Voutenbeleuchtung mehr eine effektvolle oder dekorative Beleuchtungswirkung erzielt werden, so ist eine gleichmäßig ausgeleuchtete Decke nicht erforderlich, und man kann in diesem Falle die Voute dicht unter der Decke anordnen. Als Richtwert gilt hier: die Breite des aufgehellten Deckenstreifens ist gleich dem zweifachen Abstand der Voute von der Decke.

Auf den Umstand der Wandschatten sei bei jeder Art von Voutenbeleuchtung noch hingewiesen. Wandschatten entstehen durch die Stoßstellen der Lampen. Daher soll man eine schräg verlaufende oder versetzte Lampenordnung wählen, wie es die nachfolgende Abb. zeigt.

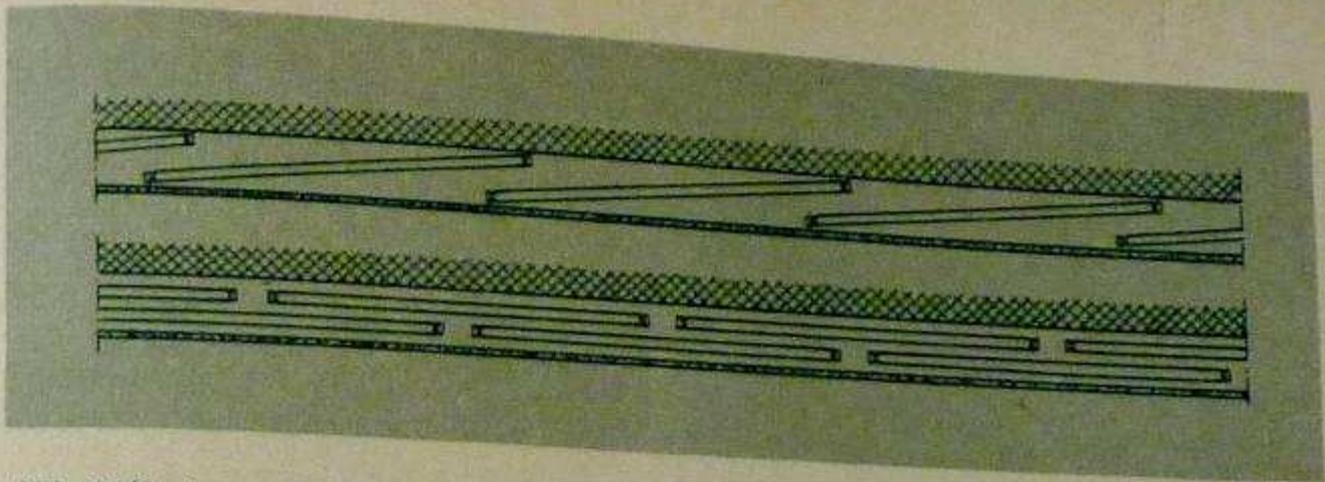
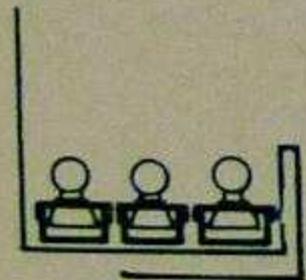


Abb. 14/2 Lampenanordnung in der Voute

Abb. 14/3 Bei mehrlampigen Vouten soll der Abstand der Lampen untereinander nicht unter 5 cm betragen



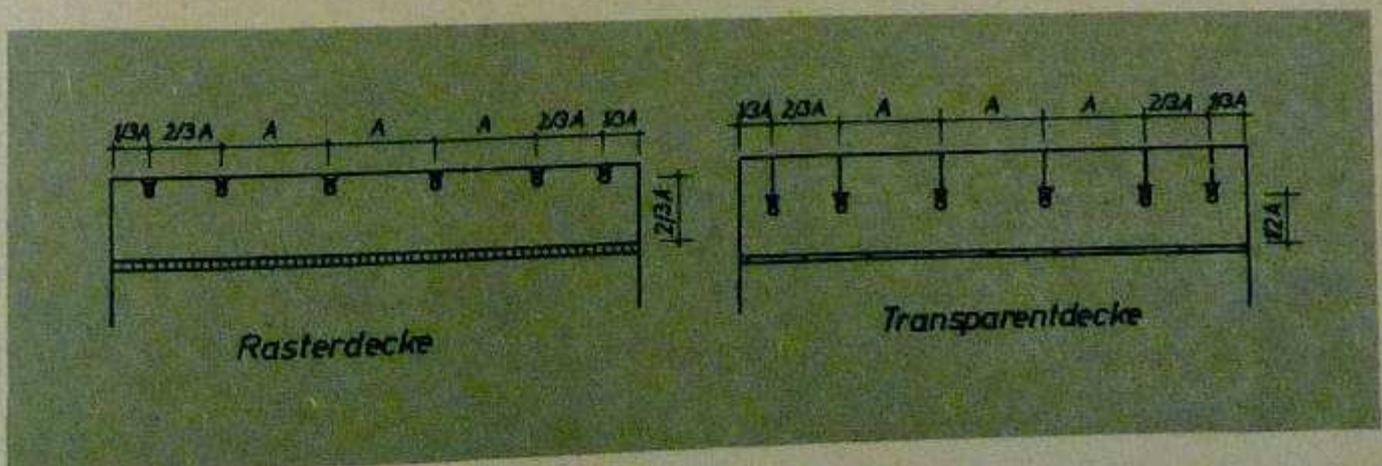
14.2. Leuchtende Decken

Leuchtende Decken (oder auch Lichtdecken genannt) verwendet man hauptsächlich in der repräsentativen Beleuchtung. Hierbei wird unter die konstruktive Decke eine zweite Decke gehängt, die aus lichtdurchlässigem Material (Raster, Opalglas, Kunststoff) besteht. Damit auch diese Beleuchtungsanordnung einen hohen Wirkungsgrad aufweist, soll der Hohlraum über der lichtdurchlässigen Decke sehr hell gestaltet werden. Die Anordnung der Leuchten erfolgt an der Decke bzw. in Pendeln abgehängt (s. Abb.), wobei bei letzterer Anordnung auch Reflektorleuchten verwendet werden können.

Für eine gleichmäßig ausgeleuchtete Decke sind die Abstandshinweise in den Abbildungen zu beachten.

Bei Lichtdecken soll die Ausführung so erfolgen, daß für Wartungszwecke eine gute Zugänglichkeit möglich ist.

Abb. 14/4 Ausführungsformen für leuchtende Decken



14.3. Hohe Räume (abgehängte Decken)

Die Gestaltung hoher Räume erfolgt vielfach so, daß ein Abhängen einer meist weitmaschigen Holzzwischendecke vorgenommen wird, wobei der darüber befindliche Hohlraum schwarz gestrichen wird. Die Beleuchtung wird in die abgehängte Decke einbezogen, wobei meist einfache Deckenleuchten montiert werden. Auf diese Weise erreicht man eine sehr gute Wirkung des Raumes (s. Anwendungsfoto – Frisiersalon).

Anordnung der Leuchten an der Decke
 Unter Berücksichtigung des Raumes, der in den einzelnen Raumzonen ausgeübten Tätigkeit sowie der Anschlußmöglichkeiten lassen sich mit geschlossenen Deckenleuchten gestalterische Lösungen finden. Einige seien nachstehend gezeigt.

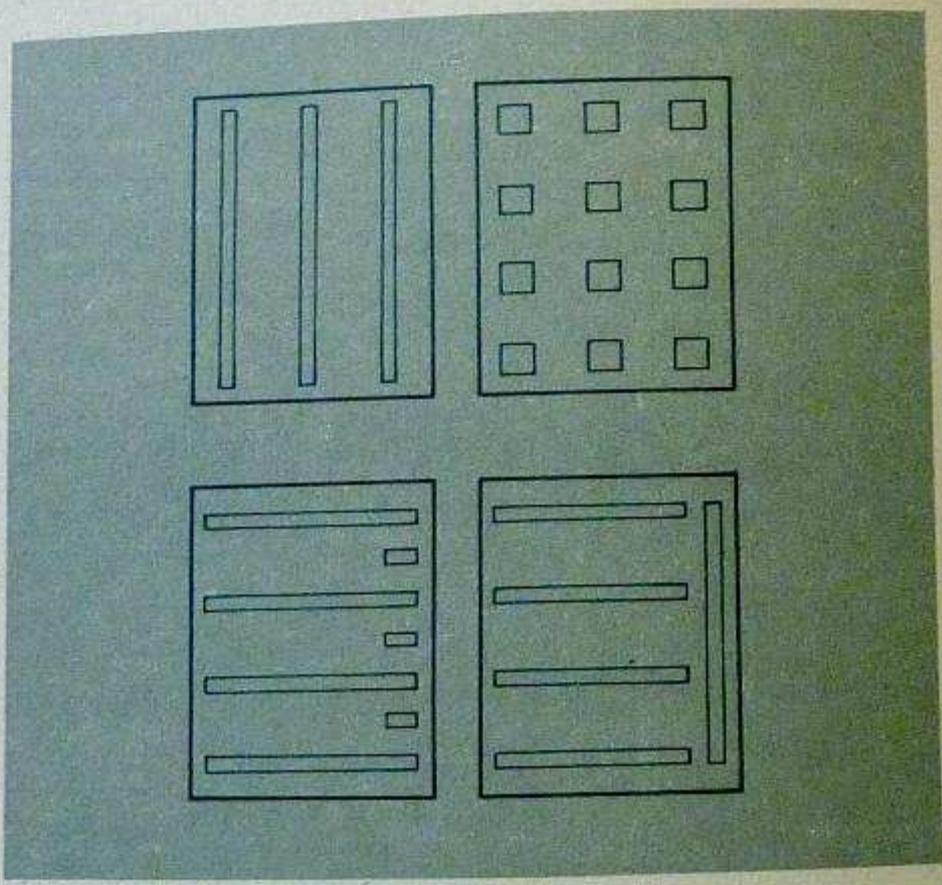


Abb. 14/5
 Aufteilung der Leuchten im Raum. Die unteren beiden Abbildungen zeigen die Zuordnung weiterer Leuchten in Wandnähe.

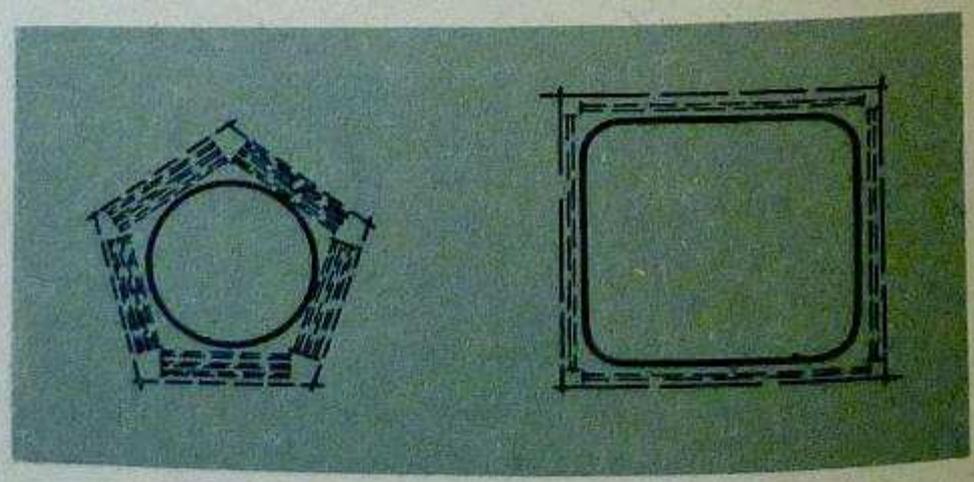


Abb. 14/6
 Deckengestaltung mit Leuchtstofflampen. Je nach Art des Raumes können auch farbige Leuchtstofflampen eingesetzt werden.

14.4. Durchleuchtete Flächen

Regal, Vitrinen usw. verlangen in vielen Fällen eine durchleuchtete Ausführung, wie sie die Abb. zeigt. Dabei ist neben einer guten Begehbarkeit für Wartungszwecke auch darauf zu achten, daß besonders bei kleineren Anlagen dieser Art eine gute Belüftung erfolgt. Bekanntlich liegt das Lichtstromoptimum der Leuchtstofflampen bei 25 °C. Kleinere Einbauten werden in Kürze aufgeheizt infolge des Lampenbetriebes, so daß vielfach Temperaturen um 40 °C erreicht werden, die den Wirkungsgrad der Lichterzeugung reduzieren. Lüftungsschlitze sind hier empfehlenswert.

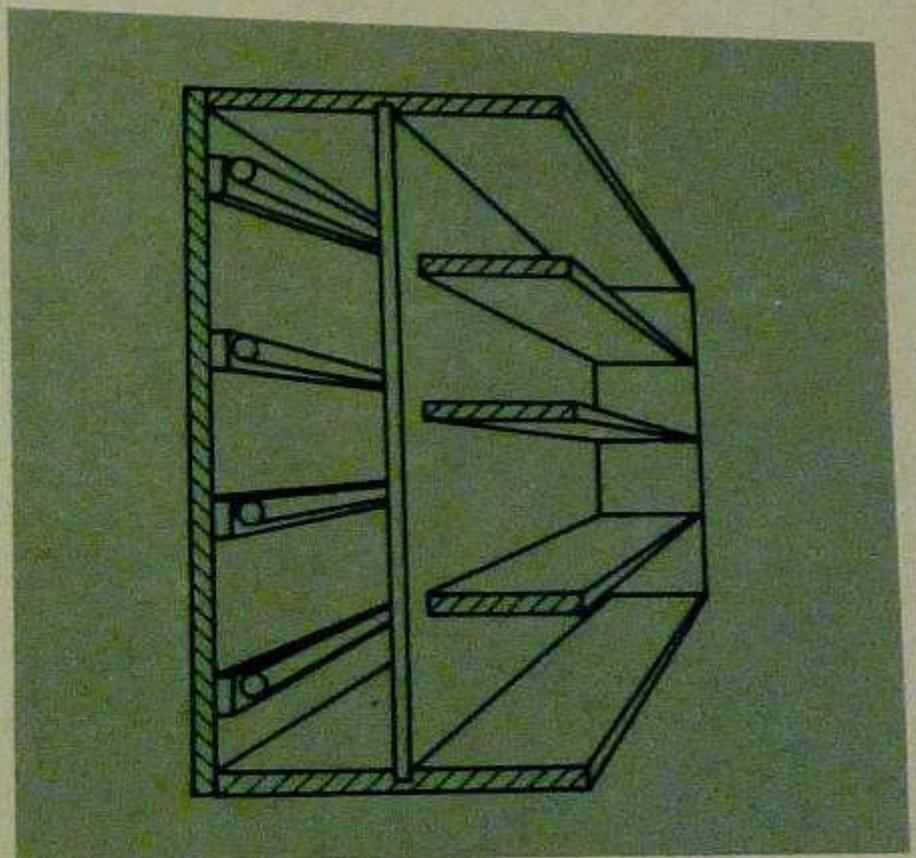


Abb. 14/7
Durchleuchtete Vitrine

14.5. Ausleuchtung senkrechter Flächen

Nicht ganz so kritisch von der Gleichmäßigkeit her ist die Ausleuchtung senkrechter Flächen, zumal sie mehr dekorativer Art sind (große Vorhangflächen usw.). Effektiv ist auch hier eine mehrlampige, getrennt zu schaltende Anordnung mit verschiedenen Lichtfarben.

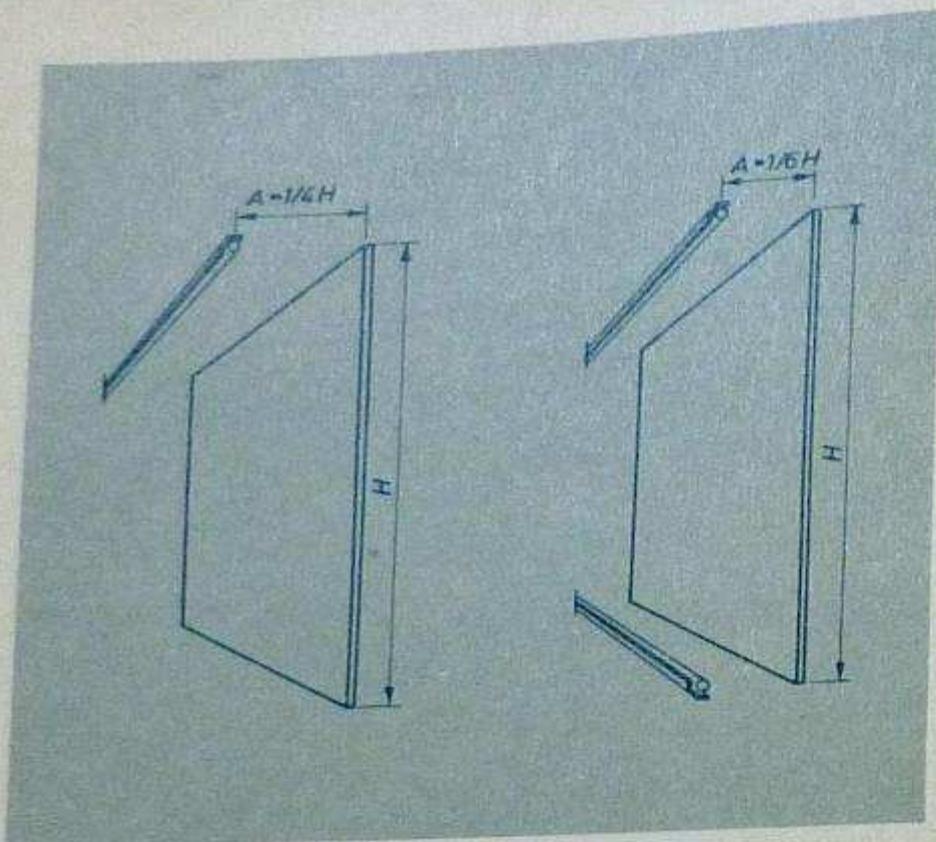


Abb. 14/8
Anordnung der
Leuchtstofflampen bei
der Anleuchtung
senkrechter Flächen

14.6. Lichtgestaltung im Wohnraum

Leuchtstofflampen lassen sich unter Beachtung der für die Errichtung derartiger Anlagen geltenden Vorschriften auch zur individuellen Lichtgestaltung einsetzen.

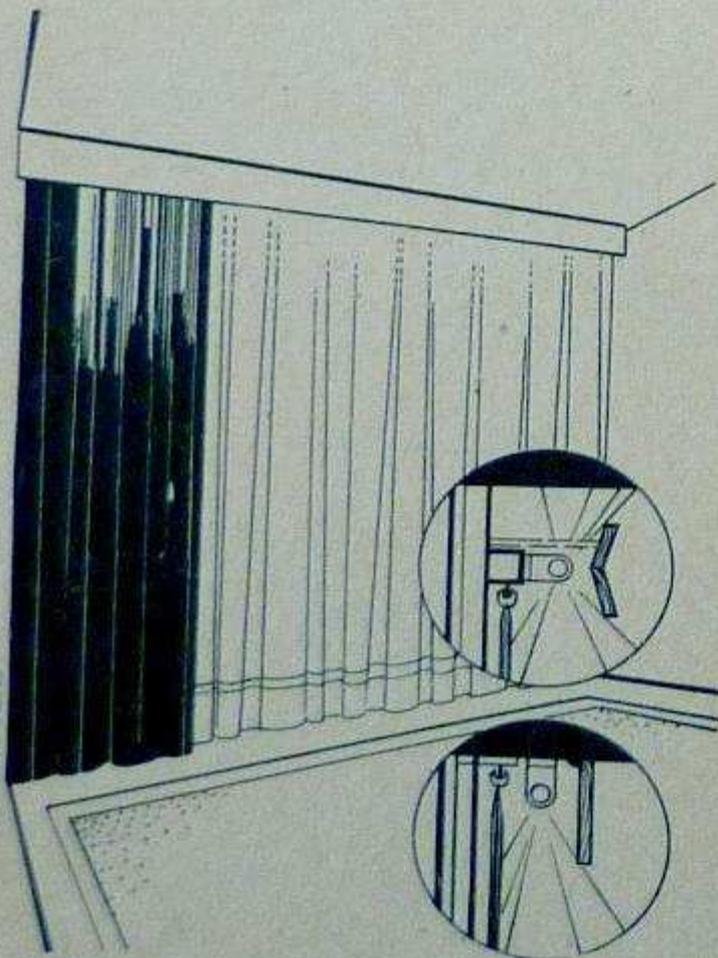


Abb. 14/9
Vorhangbeleuchtung
mit Leuchtstofflampen;
hier wird besonders
der obere Teil des Vorhanges
betont. Je nach Ausführung
kann auch noch ein Teil
der Decke aufgehellt werden.

Abb. 14/10
Effektvolle Beleuchtung
einer Wandfläche

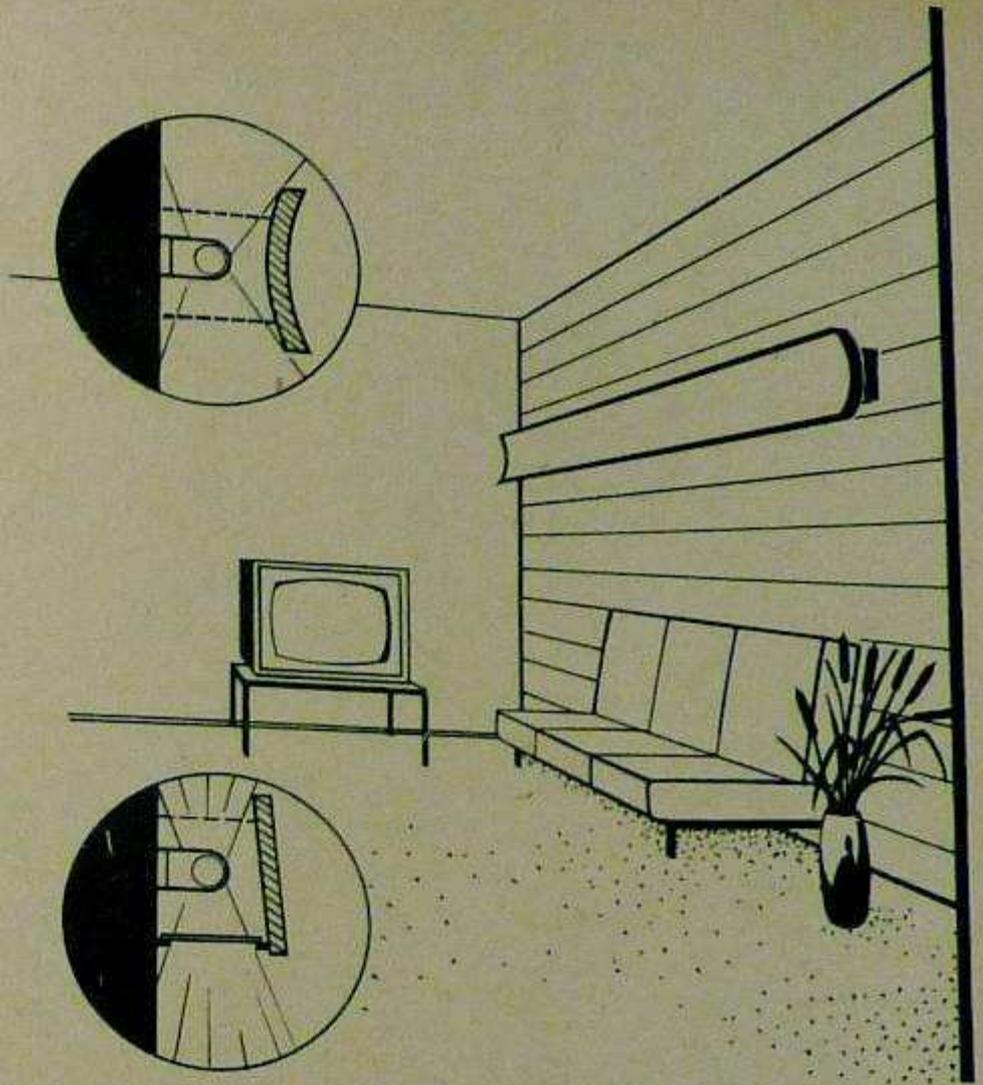
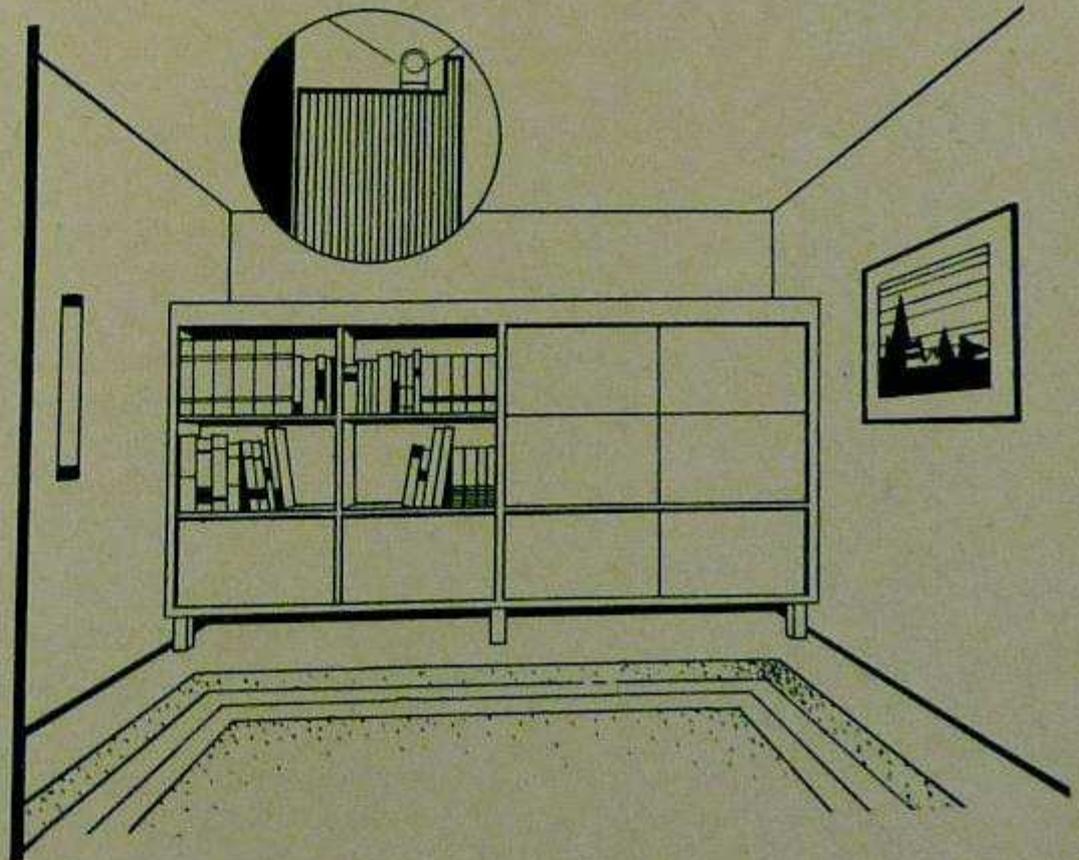


Abb. 14/11
Indirekte Beleuchtung durch
eine auf dem Schrank
befindliche Leuchtstofflampen
anordnung



14.7. Separate Anordnung von Vorschaltgeräten

Es ist möglich, die Vorschaltgeräte einer Leuchtstofflampenanlage separat, z. B. in einem Gehäuse unterzubringen. Dabei sei zunächst darauf hingewiesen, daß die Leitungen zwischen Lampen und Vorschaltgeräten nicht zu lang werden. Im allgemeinen sind vertretbare Lampen zwischen 20 und 30 m möglich. Es sei jedoch zu beachten, daß der von der Drossel beim Einschaltvorgang ausgehende Zündimpuls einen Wert von ≥ 400 V besitzt. Werden für den Einbau der Vorschaltgeräte Metallkästen verwendet, so muß bei einer Umgebungstemperatur bis zu 20 °C die Oberfläche des gesamten Gehäuses so groß sein, daß je cm² nur etwa 0,01 W abgestrahlt werden müssen (als Leistung ist hier die Verlustleistung des Vorschaltgerätes anzusehen). Werden zusätzlich Lüftungsschlitze angebracht, so kann die Belastung um 20% höher werden. Beim Einbau der Vorschaltgeräte in Unterputzverteilungen, wobei die Mauerische mit einer Eisenblechtür abgeschlossen ist, setzt man eine Wärmeabfuhrzahl von 0,03 W/cm², bezogen auf die Tür, an (Angabe nach Sturm).

15. STRASSENBELEUCHTUNG

Innerhalb des großen Komplexes der Außenbeleuchtung nimmt die Straßenbeleuchtung eine bedeutende Rolle ein, so daß auch in dieser Schrift ein Abriß dieser Problematik gegeben werden soll.

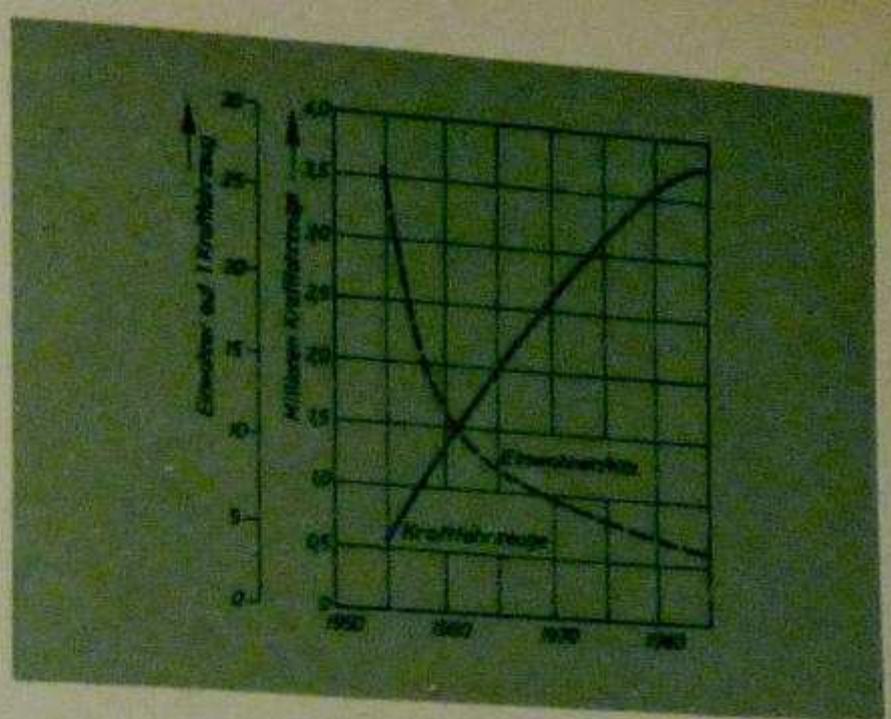
15.1. Anforderungen des Straßenverkehrs an die Beleuchtung öffentlicher Verkehrswege

Eine Betrachtung der Entwicklung des Straßenverkehrs in den nächsten Jahren wirft eine Fülle von Fragen und Problemen auf, die auf zwei wesentliche Forderungen hinzielen:

große Verkehrsleistung und maximale Sicherheit.

Betrachtet man u. a. die Motorisierungsprognose für die DDR, so stellt man einen sprunghaften Anstieg des Kraftfahrzeugbestandes in den folgenden Jahren fest.

Abb. 15/1
 Motorisierungsprognose
 für die DDR



Daraus läßt sich unschwer ableiten, daß die Motorisierungsdichte, d. h. das Verhältnis der Anzahl der zugelassenen Kraftwagen zur Straßennetzlänge oder Gebietsfläche proportional ungünstiger werden wird. Die Verkehrsbelegung der Straßen nimmt zu, die Durchlauf-fähigkeit verringert sich, und auch die gefahrene Geschwindigkeit geht zurück. An den Kraftfahrer werden durch die schlechteren optischen Verhältnisse weitaus höhere Anforderungen an die Konzentrationsfähigkeit gestellt.

Mit einer derartigen Entwicklung sind auch gewisse Unfallgefahren verbunden, auf die es prophylaktisch einzuwirken gilt. Dazu gehört auch eine gute ortsfeste Straßenbeleuchtung. Bedenken muß man ferner, daß für die DDR eine mittlere Dunkelzeit von 10,5 Std./Tag angenommen werden kann, was einem Anteil von 44% der Gesamtzeit eines Jahres entspricht.

Welchen Einfluß eine ortsfeste Straßenbeleuchtung auf das Unfallgeschehen hat, ist von vielen Autoren über längere Zeiträume untersucht worden. So stellen Tanne und Christie fest, daß nach Verbesserung der Beleuchtung auf einer 8 km langen Straße die Häufigkeit der Unfälle bei Dunkelheit um 35% abnahm. Wyatt und Lozano brachten mit ihren Untersuchungen ähnliche Ergebnisse, wobei sie die Nachtunfälle zur Fahrleistung als Funktion des Beleuchtungsniveaus ins Verhältnis setzten. Dabei teilten sie ihre Versuchsstraße in 3 Teilabschnitte ein (bis zu 12 Meilen, 12 bis 16 Meilen, 16 bis 22 Meilen) und realisierten 3 verschiedene Beleuchtungsniveaus.

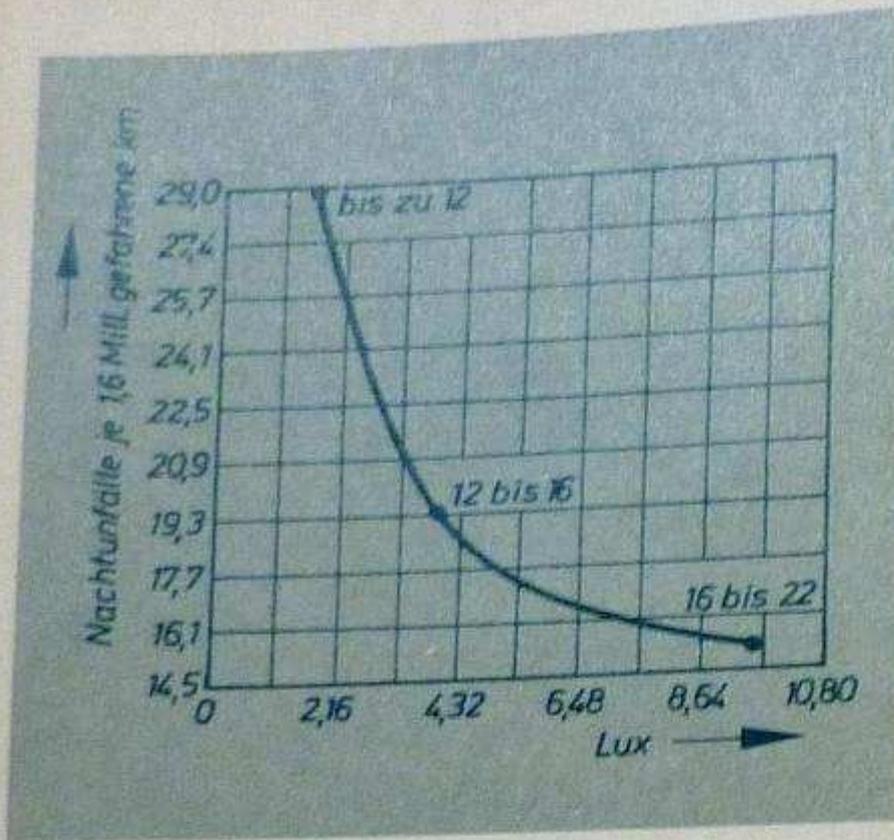


Abb. 15/2
 Abhängigkeit der
 Nachtunfälle je 1,6 Mill.
 gefahrene Kilometer
 auf einer Straße
 mit drei verschiedenen
 Beleuchtungsniveaus

Aus diesem Kurvenverlauf ist ein deutlich sichtbarer Rückgang der Unfälle bei zunehmendem Beleuchtungsniveau erkennbar.

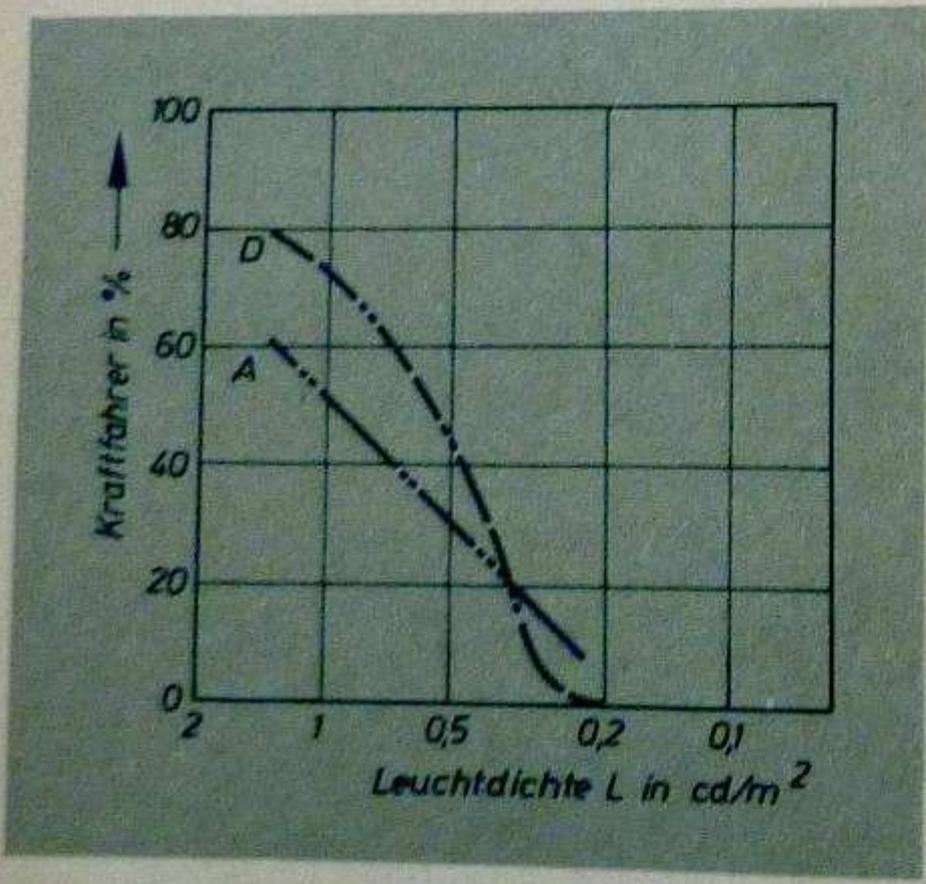


Abb. 15/3
 Verhalten von Kraftfahrern
 auf beleuchteten Straßen
 hinsichtlich der Benutzung
 des Standlichts
 (statt Abblendlicht)
 in Abhängigkeit von
 der Fahrbahnleuchtdichte
 A = Untersuchungen
 von de Boer
 D = Untersuchungen
 in der DDR

Die Schaffung eines ausreichenden Beleuchtungsniveaus auf der Fahrbahn gestattet das Fahren mit Standlicht, so daß eine Sichtbeeinträchtigung durch entgegenkommende Fahrzeuge mit Abblendlicht nicht gegeben ist. Untersuchungen internationaler Art und in der DDR ergaben, daß auf beleuchteten Straßen die Anzahl der nur mit Standlicht fahrenden Kraftfahrer mit größer werdender Fahrbahnleuchtdichte zunimmt.

15.1.1. Internationale Empfehlungen

Die CIE-Empfehlungen für die Beleuchtung öffentlicher Verkehrswege geben folgende Definition für die Güte-merkmale einer Anlage:

- Das Beleuchtungsniveau muß so hoch sein, daß der Benutzer gut sehen kann, daß ein Maximum an Sicherheit und eine genügende Annehmlichkeit des Sehens gewährleistet sind.
- Die Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte muß gut sein.
- Die Blendung muß begrenzt sein.

Daraus geht hervor, daß die Leuchtdichte im Vordergrund steht. Hierunter ist der Helligkeitseindruck zu verstehen, der sich im wesentlichen dem Verkehrsteilnehmer bietet. Die Leuchtdichte hängt ab von der Beleuchtungsstärke und den Reflexionseigenschaften der Straßenoberfläche.

Die internationalen Empfehlungen geben je nach Verkehrsbelegung Werte der Fahrbahnleuchte zwischen

0,5 und 2 cd/m²

an.

Da die Berechnung auf der Basis der Leuchtdichte recht kompliziert ist, greift man auf empirische Verfahren zurück, die sich auf Erfahrungen an bestehenden Anlagen stützen.

Wenn man die mittlere Beleuchtungsstärke kennt (nach der im wesentlichen projiziert wird), kann man über einen

Leuchtdichtefaktor E/L

zur mittleren Leuchtdichte kommen, der folgende Werte unterteilt nach Art der Straßenoberfläche und Leuchte aufweist.

Leuchtentyp	Mittlerer Leuchtdichtefaktor E/L		
	Straßenoberfläche		Verhältnis Abstand/Höhe
	dunkel	hell	
abgeschirmt	24	12	3
teilabgeschirmt	18	9	3,5
nicht abgeschirmt	15	7	4

$E/L = \text{Lux je Candela pro m}^2 \text{ (lx je cd/m}^2\text{)}$

So hat z. B. eine Anlage mit abgeschirmten Leuchten und $E = 18 \text{ lx}$ bei heller Straßenoberfläche eine mittlere Leuchtdichte von $1,5 \text{ cd/m}^2$ ($E/L = 12$).

15.1.2. Beleuchtungsstärkewerte in der DDR nach TGL 200-0617 Blatt 9

In Anlehnung an die internationalen Empfehlungen gelten folgende Werte für die mittlere Beleuchtungsstärke und die Gleichmäßigkeit g_1 je nach Siedlungsgröße, Straßenklasse und Art der Straßenoberfläche (hell, dunkel).

Siedlungsgröße	A über 50 000 Einwohner			B 10 000 bis 5 000 Einwohner			C unter 10 000 Einwohner		
	E_m in lx			E_m in lx			E_m in lx		
	hell	dunkel	g_1	hell	dunkel	g_1	hell	dunkel	g_1
0 Zentrale Plätze, wichtige Verkehrsknotenpunkte, Magistralen, Stadtautobahnen	15	30	1:2	10	20	1:3	—	—	—
1 Hauptverkehrsstraßen, Auto- bahnen, Bahnhofsvorplätze	12	24	1:3	8	16	1:3	6	12	1:3
2 Verkehrsstraßen; Plätze vor gesellschaftlichen Gebäuden; Omnibusbahnhöfe	8	16	1:3	6	12	1:3	4	8	1:3
3 Sammelstraßen	4	8	1:4	4	8	1:4	3	6	1:4
4 Geschäftsstraßen, Parkplätze	4	8	1:4	4	8	1:4	2	4	1:4
5 Anliegerstraßen und -wege	2	4	—	2	4	—	1	2	—
6 Befahrbare Wege in Randgebieten der Städte und Gemeinden	1	1	—	1	1	—	1	1	—

Als Hinweis zur Einstufung der Straßenoberfläche in hell oder dunkel gelten die Angaben der nachfolgenden Tabelle:

Art der zu beleuchtenden Fläche		Reflexionsgrad (gestreute Reflexion) bei trockener Straßenoberfläche)
Straßenoberfläche	hell	$\geq 0,15$
	dunkel	$< 0,15$

Unabhängig von der Siedlungsgröße und der Straßenklasse gelten primär entsprechend der Verkehrsbelegung folgende Werte:

Maximale Anzahl der Fahrzeuge je Stunde und Richtung	E_m in lx		g_1
	hell	dunkel	
1000 und darüber	12	24	1:3
500 bis 1000	8	16	1:3
200 bis 500	4	8	1:4

Als Spitzenstunde gilt 10% vom 16-Stunden-Wert. Für Geh- und Radbahnen sowie Anlage des ruhenden Verkehrs in Hauptverkehrs- und Verkehrsstraßen muß die mittlere Beleuchtungsstärke mindestens betragen

- 4 lx bei dunkler Straßenoberfläche
- 2 lx bei heller Straßenoberfläche

Bei der Berechnung der Anlage sind die Verminderungsfaktoren sowie evtl. Abschattungen zu berücksichtigen.

15.2. Kennwerte zur Straßenoberfläche

Aus den Werten der mittleren Beleuchtungsstärke geht deutlich der Einfluß der Straßenoberfläche hervor. Daher sind alle Maßnahmen zu begrüßen, die zu hellen und rauhen Fahrbahnbelägen mit guten Fahreigenschaften führen.

Aus der nachstehenden Tabelle wird sichtbar, welchen Einfluß als Kostenfaktor die Straßenoberfläche hat. Für den Energieverbrauch in Abhängigkeit vom Reflexionsgrad gelten folgende Relationen:

Art der Straßenoberfläche (befahren)	ρ trocken	Mindestanschlußwert W	ρ naß	Mindestanschlußwert W
Zementbeton	0,30	250	0,15	500
Granitpflaster	0,20	375	0,09	830
Kupferschlackenstein	0,15	500	0,09	830
Gußasphalt	0,10	750	0,04	1880
Asphaltgrobbletton mit heller Schlämme	0,23	325	0,10	750
Asphaltfeinbletton mit 60% Synapol (Sybth.)	0,32	235	0,32	235

Neuere Untersuchungen der VES Straßenwesen (Berlin) mit einem Gußasphalt und Bestandteilen von aufbereitetem Flintgestein (DDR-Rohstoffe) brachten folgende hervorragende Werte des Reflexionsgrades für die trockene und nasse Fahrbahn:

Bestandteile aufbereitetes Flintgestein	ρ trocken	ρ naß
40%	0,30	0,25
60%	0,31	0,26

Eine derartige Straßenoberfläche hat neben guten optischen Eigenschaften durch den hohen Reflexionsgrad im trockenen und auch nassen Zustand auch eine gute Griffigkeit. Der Wert für μ_G beträgt 82 bei der nassen Fahrbahn (gemessen mit Skid Resistance Tester), was ein sehr gutes Ergebnis darstellt.

Mit dieser kurzen Betrachtung sollte die Straßenoberfläche als Kostenfaktor in der Straßenbeleuchtung kurz umrissen werden.

15.3. Bauelemente der Straßenbeleuchtung

Zu den Bauelementen der Straßenbeleuchtung zählen neben Kabel und Installationszubehör

Betonmaste, bedingt auch Stahlmaste
Stahlrohorausleger
Ansatz-, Hänge- und Aufsatzleuchten
Quecksilber-Hochdrucklampen

15.3.1. Betonmaste: Ausführung in verschiedenen Längen
 5; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5 m
 (Länge über dem Erdreich) TGL 20997

15.3.2. Stahlrohrausleger für Ansatzleuchten:

zur Aufnahme von Ansatzleuchten. Die Ausleger besitzen ein 250 mm langes Ansatzstück mit 50 mm \varnothing , welches in die Ansatzleuchte hineingesteckt wird.

Ausführungsarten:

- Einfach-Ausleger mit Schellenbefestigung (Montage an der Hauswand) - 3 Längen
- Einfach-Ausleger mit Flanschbefestigung - 4 Längen
- Zwillingsausleger (der Winkel zwischen beiden Auslegern beträgt 25°) - 3 Längen
- Doppelausleger - 2 Längen
- Fünfarmiger Ausleger TGL 10240

15.3.3. Leuchten: s. Kapitel Leuchten

15.3.4. Quecksilber-Hochdrucklampen

In der DDR ist für die Straßenbeleuchtung die Quecksilber-Hochdrucklampe als ausschließliche Lichtquelle anzusehen. Dieser Festlegung liegen folgende Überlegungen zugrunde:

1. Straßenbeleuchtungsanlagen können wirtschaftlich nur mit Entladungslampen (vornehmlich Leuchtstofflampen und Quecksilber-Hochdrucklampen) betrieben werden, da deren Lichtausbeute und Lebensdauer gegenüber Glühlampen um ein Vielfaches höher liegen.
2. Für die Straßenbeleuchtung ist die Quecksilber-Hochdrucklampe als die geeignetere Lichtquelle gegenüber Leuchtstofflampen aus folgenden Überlegungen heraus anzusehen:
 - Die Lichtausbeute von Leuchtstofflampen ist sehr stark von der Umgebungstemperatur der Lampe abhängig, der Lichtstrom fällt bei niedrigen Temperaturen stark ab.
Bei der Quecksilber-Hochdrucklampe sorgt der Außenkolben dafür, daß die Kennlinie der Quecksilberentladung weitgehend unabhängig gegenüber der Umgebungstemperatur wird.
 - Bei Leuchtstofflampen ist eine Zündung bei Temperaturen unter 0 °C erschwert, bei einer zusätzlichen Spannungsabsenkung überhaupt in Frage gestellt.
Quecksilber-Hochdrucklampen weisen auch bei tiefen Temperaturen die nötige Zündbereitschaft auf.

- Quecksilber-Hochdrucklampen gestatten auf Grund ihrer geringen Abmessungen gegenüber Leuchtstofflampen eine bessere Lenkung des Lichtstromes, so z. B. durch Zweirichtungsspiegel.
- Leuchten für Leuchtstofflampen weisen große Dimensionen auf im Gegensatz zu Leuchten für Quecksilber-Hochdrucklampen.
- Die Schaltung einer Quecksilber-Hochdrucklampe ist wesentlich einfacher als die einer Leuchtstofflampe. Dadurch verringert sich auch die Zahl der Störungsquellen.
- Quecksilber-Hochdrucklampen stellen eine hohe Lichtstromeinheit (3000 bis 115 000 lm der Typen 80 bis 2000 W) im Vergleich zu Leuchtstofflampen dar.
- Die Steigerung der Lichtstromeinheit je Leuchte ist bei Leuchtstofflampen nur durch eine größere Lampenzahl möglich, was nicht zuletzt eine Vergrößerung der Leuchten zur Folge hat.
Bei Quecksilber-Hochdrucklampen ist eine Steigerung durch die Verwendung einer größeren Lampeneinheit bei fast gleichbleibenden Dimensionen möglich.

Typenaufteilung in der Straßenbeleuchtung

Nach Untersuchungen des Institutes für Kommunalwirtschaft Dresden ergab sich folgende prozentuale Aufstellung der Lampentypen 1963 und 1967

Typ	Stichtag	
	31. 12. 1963	31. 12. 1967
80 W	16,2%	19,6%
125 W	44,8%	49,5%
250 W	37,2%	28,2%
400 W	1,8%	2,4%
1000 W	0,02%	0,3%

Interessant ist der starke Zuwachs bei den kleineren Typen, was u. a. auf den Ausbau von Anlagen in kleineren Städten und Gemeinden sowie in der Ausleuchtung von Nebenstraßen in größeren Städten zurückzuführen ist.

Auch zukünftig werden Quecksilber-Hochdrucklampen für die Straßenbeleuchtung Verwendung finden. Nicht zuletzt neben den erwähnten Eignungsmerkmalen durch die besonders in der Straßenbeleuchtung nachgewie-

sene hohe Lebensdauer, die nach Angaben über Straßenbeleuchtungsbetriebe Werte von ≥ 8000 Stunden erreicht hat. Perspektivisch wird eine schrittweise Umstellung der Glühlampen- und Gasleuchten auf Leuchten für Quecksilber-Hochdrucklampen erfolgen.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Gegenüberstellung von Lampenarten in der Berliner Straßenbeleuchtung, die von der Abteilung Verkehrsbeleuchtung der BEWAG dankenswerterweise zur Verfügung gestellt wurde.

Stand September 1969

Glühlampen 240 V/E 27, E 40, 25–1 000 W
42 676 Stück

Leuchtstofflampen 20–65 W
3 772 Stück

Quecksilber-Hochdrucklampen 80–2 000 W
55 814 Stück

Der hohe Glühlampenanteil resultiert aus dem großen Straßen- und Wegenetz der Außenbezirke und der Verkehrszeichenbeleuchtung, für letztere zeichnet sich perspektivisch die Beleuchtung mit einer Quecksilber-Hochdrucklampe kleinerer Leistung (50 W) ab.

Rechnet man aus der vorigen Tabelle den installierten Lichtstrom in Megalumen (Mlm) aus, so ergibt sich folgende Gegenüberstellung:

Lampenart	Installierter Lichtstrom	
	Mlm	%
Glühlampe	35,9	7,6
Leuchtstofflampe	12,8	2,7
Quecksilber-Hochdrucklampe	427,9	89,7
Insgesamt	476,6	100,0

15.4. Anordnung der Leuchten

Generell gilt, daß zur Vermeidung von Blendwirkung die Leuchtenanordnung so hoch wie möglich zu wählen ist. Lichtpunkthöhen zwischen 8 und 10 m sind daher recht günstig, in Wohnstraßen und baumbestandenen Gebieten sind auch Lichtpunkthöhen unter 8 m möglich. Größere Leistungseinheiten von Lampen erfordern größere Lichtpunkthöhen, die bei 12 m und darüber liegen. Einfluß auf die Lichtpunkthöhe nimmt auch die Straßenbreite.

Es gibt vier grundsätzliche Leuchtenanordnungen:

Einseitige Leuchtenanordnung

Breite der zu beleuchtenden Straße

\leq Nutzhöhe

Einseitige Anordnung



Abb. 15/4

Zweiseitig versetzte Leuchtenanordnung

Breite der zu beleuchtenden Straße

$\leq 1,5$ Nutzhöhe

Zweiseitig versetzte Anordnung



Abb. 15/5

Zweiseitig gegenüberliegende Leuchtenanordnung

große Breite der zu beleuchtenden Straße oder Forderung hoher Beleuchtungsstärken

Zweiseitig gegenüberliegende Anordnung



Abb. 15/6

Einreihige Leuchtenanordnung

über der Fahrbahnmitte (Mittelanordnung)

Breite der zu beleuchtenden Straße \leq Nutzhöhe. Diese Anordnung ist nur dann zu wählen, wenn eine seitliche Anordnung nicht möglich ist.

Mittelanordnung

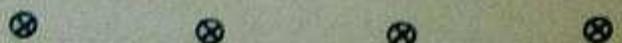


Abb. 15/7

Straßenkrümmungen

Bei Kurven mit Halbmessern unter 1000 m sollten die Leuchten am Außenbogen angeordnet werden, da nur diese wesentlich zur Fahrbahnleuchtdichte beitragen, wobei der Abstand der Leuchten untereinander zu verringern ist ($\leq \frac{2}{3}$ des normalen Abstandes bei gerader Straße). Dabei ist die einseitige Anordnung durch ihre bessere Leitwirkung von Vorteil gegenüber der zweiseitig versetzten Leuchtenanordnung, die dann auf die einseitige Anordnung im Außenbogen abzuändern ist.

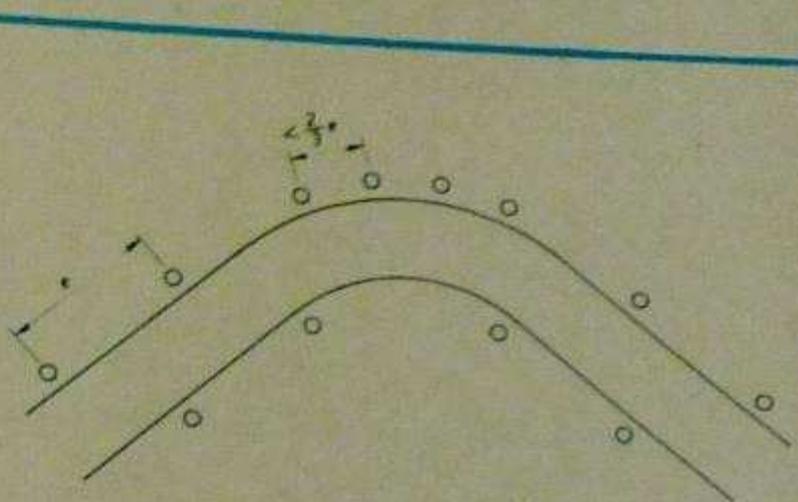


Abb. 15/8
Leuchtenanordnung bei
Straßenkrümmungen

Straßenkreuzungen, Straßeneinmündungen

Bei Straßenkreuzungen ist jeweils eine Leuchte an der rechten Straßenseite unmittelbar hinter der Kreuzung anzuordnen, bei rechtwinkligen Einmündungen ist eine Leuchte gegenüber der einmündenden Straße anzuordnen.

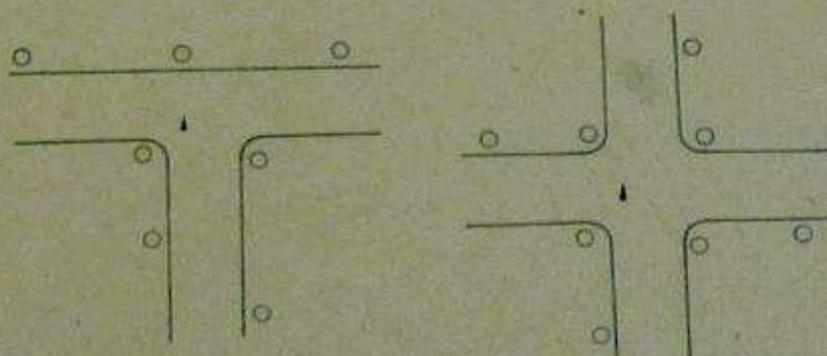


Abb. 15/9
Leuchtenanordnung an
Kreuzungen und
Einmündungen

Plätze und Verkehrsknotenpunkte

Bei Plätzen und Verkehrsknotenpunkten größerer Art ist die Beleuchtungsstärke auf den 1,5fachen Wert zu erhöhen, wobei die Zu- und Abfahrtsstrecken beleuchtungsmäßig im Niveau anzupassen sind. Bei derartigen Anlagen (Hochmastbeleuchtung) werden höhere Leistungseinheiten (über 400 W) verwendet. Verkehrsstraßen in mehreren Ebenen (Hochstraßen) werden ebenfalls zweckmäßig mit großen Lichtpunkthöhen versehen. Nicht zuletzt bringt die Hochmastbeleuchtung die Reduzierung der Zahl der Lichtpunkte, eine geringere Blendung und eine übersichtliche Anordnung der Leuchten zugunsten der Ästhetik der Anlage.

15.5. Werkstraßen

Die Beleuchtung von Werkstraßen ist ebenfalls in TGL 200-0617 Blatt 9 geregelt. Danach sind folgende Werte für die mittlere Beleuchtungsstärke E_m und die Gleichmäßigkeit g_1 auf der Fahrbahn zu erreichen.

Lfd. Nr.	Straßenklasse	E_m in lx		g_1
		hell	dunkel	
1	Werkstraßen mit starkem Fahrverkehr und gleichzeitig starkem Fußgängerverkehr	12	24	1:3
2	Werkstraßen mit starkem Fahrverkehr und keinem oder nur geringem Fußgängerverkehr	8	16	1:3
3	Werkstraßen mit schwachem Fahrverkehr und gleichzeitig starkem Fußgängerverkehr	4	8	1:4
4	Werkstraßen mit schwachem Fahrverkehr und keinem oder nur geringem Fußgängerverkehr	3	6	1:4
5	Parkplätze	4	8	-

15.6. Industrielle Freiflächen

Ähnlich wie bei der Innenraumbeleuchtung hat man bei der Festlegung der Beleuchtungsstärke die Stufung nach der Größe des Sehobjektes in mm vorgenommen. Die Werte nachstehender Tabelle beziehen sich auf die Allgemeinbeleuchtung industrieller Freiflächen.

Lfd. Nr.	Sehobjekt	Produktions- und Montagearbeiten		Lagerflächen	
		E_m in lx	g_1	E_m in lx	g_1
1	Arbeiten, bei denen die Größe des kleinsten Sehobjektes bis zu 2,5 mm beträgt, außerdem Arbeitsmaschinen mit erhöhter Unfallgefährdung	100	1:2	—	—
2	Arbeiten, bei denen die Größe des kleinsten Sehobjektes 2,5 bis 10 mm beträgt, außerdem Produktions- und Montagearbeiten unter Verwendung von Maschinen	50	1:2	—	—
3	Arbeiten, bei denen die Größe des kleinsten Sehobjektes 10 bis 25 mm beträgt, außerdem bei Produktions- und Montagearbeiten mit überwiegend manueller Fertigung, z. B. Zimmerarbeiten, grobe Schlosserarbeiten, Gußputzen und Beleuchtung von Lagerflächen mit fortwährenden Stapelarbeiten	25	1:3	25	1:5
4	Anlagen, wo nur gelegentlich grobe Arbeiten durchgeführt werden. Beleuchtung von Lagerflächen, die mit Transportmitteln befahren werden und wo gelegentlich geringe Stapelarbeiten zu verrichten sind	10	1:3	10	1:5
5	Gelegentlich grobe Arbeiten sowie Kontroll- und Übersichtsbeleuchtung Beleuchtung von Lagerflächen, die als Abstellflächen dienen und nur gelegentlich von Transportmitteln befahren werden	5	1:5	5	1:5

Werden Produktionsarbeiten vom Innenraum ins Freie verlegt, so gelten die Werte nach TGL 200-0617 Blatt 7 (Innenraumbeleuchtung), d. h. gleiche Sehbedingungen unabhängig davon, ob der Arbeitsplatz sich im Innenraum oder im Freien befindet.



16. ANSTRAHLUNG

Sehr reizvoll kann die abendliche Wirkung angestrahlter Gebäude sein. So kann man interessante Gebäude in das nächtliche Bild der Stadt durch eine sinnvolle Anstrahlung einbeziehen und die Stadt so attraktiver machen. Eine besondere Betonung gegenüber der Umgebung, eine bewußt eingesetzte Verteilung von Licht und Schatten, die Variation in der Farbe des Lichtes lassen oft ein solches Gebäude oder mehrere Gebäude eines Komplexes eindrucksvoller und schöner als am Tage erscheinen. Dabei sollte man die Anstrahlung nicht nur an bestimmten Feiertagen vornehmen, sondern an mehreren Tagen der Woche durchführen, so z. B. von Freitag bis Sonntag. Nur so kann einer Vielzahl von Besuchern und Passanten die Betrachtung ermöglicht werden. Man sollte daher die Einschaltung einer mit entsprechendem Kostenaufwand erstellten Anlage großzügig handhaben.

16.1. Beleuchtungsstärke

Eine Anstrahlung muß hinsichtlich der Bemessung der Beleuchtungsstärke auf den Fassaden folgende Punkte berücksichtigen:

Reflexionsgrad des Gebäudes (Materialart)
Helligkeit der Umgebung

Nach Jansen können für die Berechnung einer Anstrahlung folgende Werte verwendet werden:

Material	Empfohlene Beleuchtungsstärke in lx		
	Umgebungs-helligkeit		
	dunkel	mäßig hell	hell
Gelber Backstein	neu 20	30	50
Roter Backstein	neu 40	60	100
Granit	hell 100	200	300
Beton	hell 30	50	80
Beton	dunkel 60	90	150
Beton lichtgelb gestrichen	neu 30	50	80

Die Berechnung des erforderlichen Lichtstroms erfolgt nach dem Wirkungsgradverfahren, wie es von der Innenraumbeleuchtung her bekannt ist.

$$\Phi = \frac{E \cdot A}{\eta}$$

- Φ = Erforderlicher Lichtstrom in lm
 E = Mittlere Beleuchtungsstärke in lx
 A = Fläche des Objektes in m²
 η = Beleuchtungswirkungsgrad

Als Werte für den Beleuchtungswirkungsgrad können sich Richtwerte von 0,25 bis 0,35 unter Berücksichtigung des Verminderungsfaktors ergeben, als mittleren Wert für eine erste Durchrechnung kann man

$$\eta = 0,30$$

setzen.

16.2. Leuchten und Lampen

Zur Anstrahlung von Gebäuden werden neben Anleuchtern mit Glühlampen höherer Leistung und Lichtwurflampen neuerdings auch entsprechende Anleuchtgeräte für Halogenlampen 1500 W verwendet. Eine durchaus eindrucksvolle Anstrahlung läßt sich auch mit Quecksilber-Hochdrucklampen in entsprechenden Anleuchtern durchführen, die durch ihre hohe Lampenlebensdauer sich auch zur wirtschaftlichen Dauerstrahlung eignen. Hier kann man ergänzend zu Glühlampen und Halogenlampen eine andere Lichtfarbe einfügen, wobei man noch zwischen zwei Farben bei den Quecksilber-Hochdrucklampen durch entsprechende Typenwahl differenzieren kann:

- HQA – Bläulichweiß
HQLG – Goldweiß

Auch sei hier noch auf die neuen Metall-Halogenlampen HQI hingewiesen, die auch Farbvariationen erlauben (s. auch Kapitel „Metall-Halogenlampen“).

16.3. Anordnung der Leuchten (Anleuchter)

Die Anordnung der Anleuchter, die sich auf „Konzentration“ und „Streuung“ einstellen lassen, erfolgt in regelmäßigen Abständen von der Fassade, wobei je nach Gebäudehöhe die Anleuchter in bestimmter Höhe möglichst zu installieren sind.

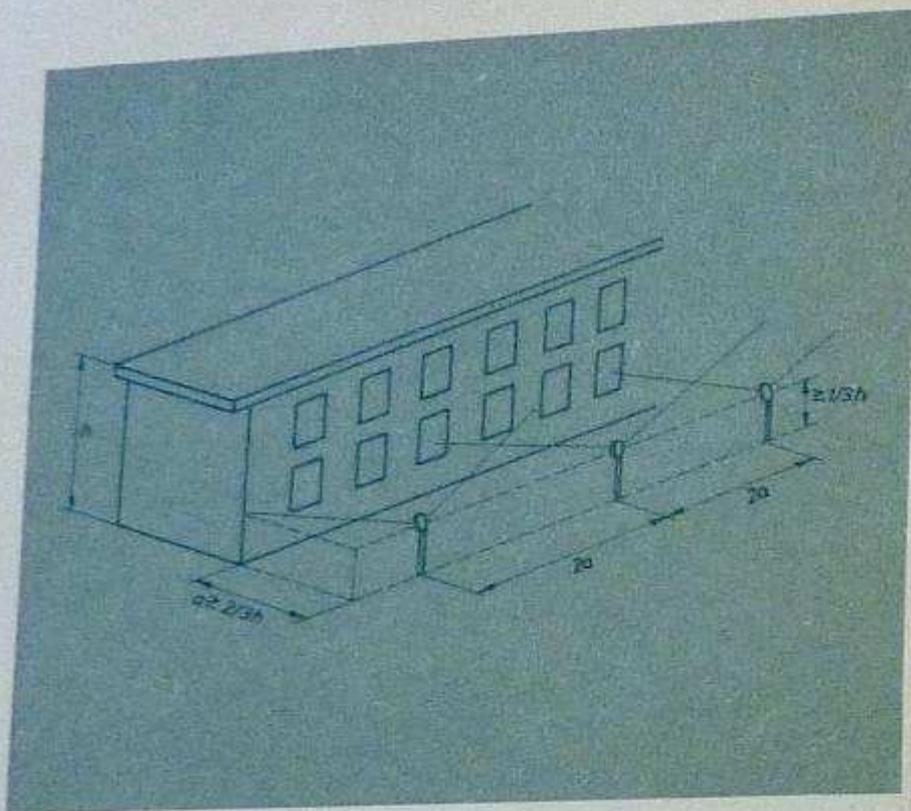


Abb. 16/1 –
Anleuchteranordnung vor
einer ungegliederten
Fassade
(Einstellung auf
„Streuung“)

Durch die Vielfalt verfügbarer Lichtquellen ist eine variantenreiche Anstrahlung möglich, wobei auch Entladungslampen durch ihre lichttechnischen Vorteile hierfür sehr geeignet sind.

17. SPORTBELEUCHTUNG

Die Zunahme sportlicher Veranstaltungen verlangt heutzutage vielfach das Austragen derartiger Spiele im beleuchteten Innenraum bzw. in Außenanlagen unabhängig vom Tageslicht. So gewinnen immer mehr die Wettkämpfe unter Flutlicht an Bedeutung, so daß in diesem Rahmen kurz auf einige daraus resultierende Probleme hingewiesen werden soll.

17.1. Beleuchtungsstärke

Bei der Festlegung der Beleuchtungsstärke muß man berücksichtigen, ob es sich um Trainingsbeleuchtung oder um eine Beleuchtung für Wettkämpfe mit einer Zuschauerkulisse handelt. Man wird daher in der Regel zwei Werte angegeben finden. Bei der Bemessung der Beleuchtungsstärke ist zu berücksichtigen, daß infolge der Wahrnehmungszeit und Wahrnehmungsgeschwin-

digkeit sowie anderer Faktoren beim Spiel ein ausreichendes Beleuchtungsniveau geschaffen werden muß, was nicht nur hohe Werte der horizontalen Beleuchtungsstärke aufweisen soll, sondern auch hohe Werte der vertikalen Beleuchtungsstärke (gilt besonders für Ballspiele).

Um Blendung für die Spieler und auch Zuschauer zu vermeiden, muß die Anordnung der Leuchten möglichst hoch erfolgen. Weiterhin sollen die Raumbegrenzungsflächen möglichst hell gehalten werden, damit ein hohes Leuchtdichteniveau erreicht wird. Durch matte Ausführung der Raumflächen (auch des Fußbodens) kann eine Reflexblendung vermieden werden.

Aus der nachstehenden Aufstellung sind für einige Sportarten Horizontal-Beleuchtungsstärkewerte als Richtwerte zu entnehmen.

Horizontal-Beleuchtungsstärke (lx)

Sportart	Training	Wettkampf
Turnen im Schulbetrieb	120	250
Gymnastik, Tanz	120	200-400
Kleine Hallenspiele, Leichtathletik	200	400
Basketball, Fechten, Hallenhandball, Volleyball, Hockey, Rollkunstlauf	200	400-800
Eishockey, Eiskunstlauf	200	400-600
Boxen, Ringen		500-5 000
Schwimmen (Überwasserbeleuchtung)		100-250
Mehrzweckhallen		≥ 400

Die höheren Werte in der Rubrik „Wettkampf“ sind bei großen Entfernungen der Zuschauer vom Sportgeschehen sowie bzw. niedrigen Reflexionswerten der Raumbegrenzungsflächen vorzusehen.

Für die Beleuchtung von Außenanlagen zur Austragung von Fußball- und Handballspielen gelten folgende Werte in Abhängigkeit von der Sehentfernung (Zuschauer – Sportgeschehen).

Sehentfernung m	Horizontal-Beleuchtungsstärke (lx)	
	Wettkampf	Training
bis 120	100-200	80
bis 160	200-400	
bis 200	400-800	

Für neuere Stadien sollte der Wert nicht unter 350 lx liegen. Für fernsehgerechte Anlagen ist eine genaue Abstimmung erforderlich.

17.2. Lampen und Leuchten

Neben Halogenlampen kommen vielfach zur Sportbeleuchtung auch Entladungslampen (Quecksilber-Hochdrucklampen, Metall-Halogenlampen, Leuchtstofflampen) in geeigneten Leuchten zur Anwendung. So findet man vielfach Quecksilber-Hochdrucklampen in entsprechenden Spiegeltiefstrahlern bei der Sporthallenbeleuchtung.

Bei der Ausführung der Anlagen ist die Dreiphasenschaltung bei Entladungslampen generell durchzuführen. Ferner ist für eine leichte Wartungsmöglichkeit zu sorgen. Von der Lichtfarbe her ist der Farbtyp Goldweiß vorzusehen.

17.3. Flutlichtanlagen

Flutlichtanlagen haben stark an Aktualität gewonnen, nicht zuletzt durch das Bekanntwerden neuerer Lichtquellen in Gestalt der Metall-Halogenlampen in Verbindung mit geeigneten Leuchten.

Es hat sich dabei als günstig herausgestellt, die Beleuchtung des Spielfeldes von vier Punkten aus möglichst großer Höhe vorzunehmen (Viermastanlage). Nur so können gute Sehbedingungen erreicht werden, d. h., die Blendung für Spieler und Zuschauer ist so am geringsten.

Neuere Untersuchungen erbrachten für die Berechnung der Masthöhe h folgende einfache Beziehung

$$h = 0,55 a$$

Darin bedeutet a den Abstand in Meter vom Spielfeldmittelpunkt zum Fußpunkt des Lotes von der Beleuchtungsbühne.

Wird dagegen aus Gründen der Errichtungskosten die Masthöhe geringer gewählt, so ist mit Verschlechterung der Sehbedingungen zu rechnen.

Zur Anwendung in Flutlichtanlagen kommen nach neueren Gesichtspunkten Metall-Halogenlampen 2 000 W, die auf Grund ihrer hohen Lichtstromkonzentration pro Lampe die Zahl der einzusetzenden Scheinwerfer im Vergleich zu anderen Lichtquellen dieser Leistungsgruppe stark reduzieren.

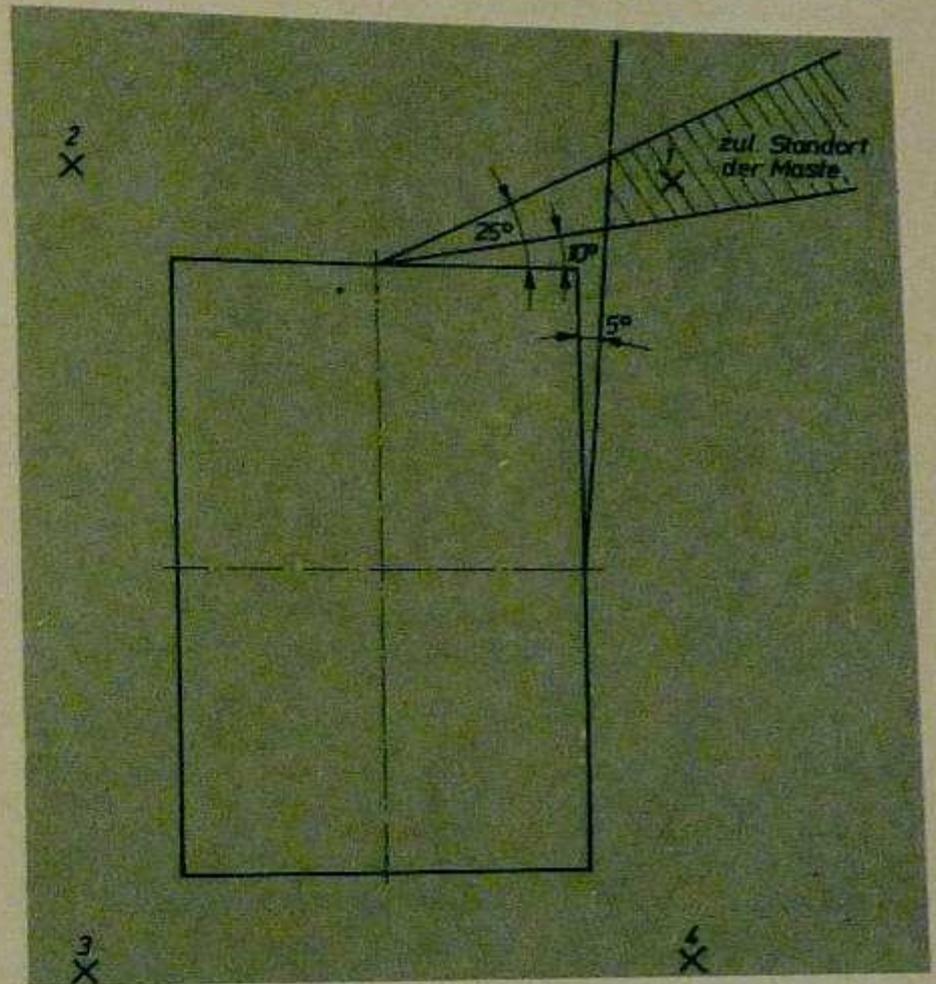


Abb. 17/1
Maststandorte einer
Viermastanlage

18. WARTUNG VON BELEUCHTUNGSANLAGEN

Verstärkter Einsatz von Entladungslampen hoher Lebensdauer, allgemein höhere Beleuchtungsniveaus und Wirtschaftlichkeitsfragen lassen das Problem der Wartung auch auf dem Beleuchtungssektor an Bedeutung gewinnen. So ist es nicht verwunderlich, daß darüber praktische Erfahrungen und theoretische Untersuchungen in verstärktem Maße in den Fachzeitschriften erscheinen. Die folgenden Ausführungen werden diese Erkenntnisse mit dem Standard TGL 200-0617 Blatt 6 „Wartung von Beleuchtungsanlagen“ verbinden.

18.1. Verminderungsfaktoren

Untersucht man die Lichtstromabnahme in Innenbeleuchtungsanlagen, so findet man verschiedene Faktoren, die hierauf einen Einfluß ausüben.

Als Hauptfaktoren gelten:

- Lichtstromabfall der Lampen infolge Alterung
- Lampenausfall
- Verschmutzung von Lampen und Leuchten
- Verschmutzung der Raumbegrenzungsflächen bei Innenraumanlagen, d. h. Änderung des Reflexionsgrades

Weitere Einflußfaktoren auf eine Verringerung des Beleuchtungsniveaus sind u. a. auch:

- Absinken der Netzspannung
- Nachlassen des Reflexionsvermögens der Leuchten

Bei der Projektierung muß man diese Betriebsfaktoren berücksichtigen, deren Erfassung in Gestalt eines Verminderungsfaktors erfolgt. Dabei unterteilt man weiterhin noch nach

Beleuchtungsart

Grad der Verstaubung (gering, stark)

Anzahl der Reinigungsperioden (3, 6 bzw. 12 Monate)

Art des Lampenwechsels (Einzel- oder Gruppenauswechslung)

TGL 200-0617 Blatt 6 enthält verschiedene Tabellen für den Verminderungsfaktor, von denen einige hier angeführt werden.

Verminderungsfaktoren für Leuchten mit Leuchtstofflampen bis 65 W und Quecksilber-Hochdrucklampen bis 1000 W bei Einzelauswechslung (Innenraumanlagen)
Mittlere Verminderungsfaktoren für Leuchten mit Leuchtstofflampen 20 bis 65 W und Quecksilber-Hochdrucklampen 80 bis 1000 W

Beleuchtungsart	Geringe Verstaubung			Starke Verstaubung		
	Reinigungsperiode in Monaten			Reinigungsperiode in Monaten		
	6	12	3	6	12	
direkt	0,74	0,72	0,67	0,59	0,52	
vorwiegend direkt	0,71	0,68	0,64	0,55	0,45	
gleichförmig	0,68	0,64	0,61	0,48	0,35	
vorwiegend indirekt	0,65	0,61	0,60	0,46	0,32	
indirekt	0,62	0,56	0,58	0,44	0,29	

Verminderungsfaktoren für Leuchten mit Leuchtstofflampen bis 65 W und Quecksilber-Hochdrucklampen bis 1000 W bei Gruppenauswechslung der Lampen und einer jährlichen Lampenbrennzeit von 1500 und 3 000 Std. (Innenraumanlagen)

1 500 Std. Brennzeit	Geringe Verstaubung		Starke Verstaubung		
	Reinigungsperiode in Monaten		Reinigungsperiode in Monaten		
	6	12	3	6	12
Beleuchtungsart					
direkt	0,79		0,73	0,65	0,57
vorwiegend direkt	0,77	0,75	0,71	0,60	0,49
gleichförmig	0,74	0,70	0,66	0,53	0,39
vorwiegend indirekt	0,71	0,66	0,65	0,51	0,35
indirekt	0,68	0,62	0,64	0,48	0,32

3 000 Std. Brennzeit	Geringe Verstaubung		Starke Verstaubung		
	Reinigungsperiode in Monaten		Reinigungsperiode in Monaten		
	6	12	3	6	12
Beleuchtungsart					
direkt	0,70		0,65	0,58	0,50
vorwiegend direkt	0,69	0,66	0,63	0,53	0,44
gleichförmig	0,66	0,62	0,59	0,47	0,34
vorwiegend indirekt	0,64	0,59	0,58	0,45	0,31
indirekt	0,61	0,55	0,57	0,43	0,29

Für Außenbeleuchtungsanlagen gelten bei jährlichem Lampenwechsel (Werte für Leuchten mit der Lichtverteilung direkt) die Werte der folgenden Tabelle:

Reinigungsperiode	Geringe Verstaubung Geringe Spiegelkorrosion	Starke Verstaubung Starke Spiegelkorrosion
6 Monate	0,70	0,55
12 Monate	0,60	0,45

18.2. Reinigungsperioden

Bei näherer Betrachtung der Werte für den Verminderungsfaktor fällt auf, daß dieser um so günstiger wird, je häufiger man pro Jahr die Anlage reinigt.

Berücksichtigt man die mehrmalige Reinigung, speziell bei Innenraumanlagen, schon bei der Projektierung, so kann durch den hierfür besseren Wert des Verminderungsfaktors eine Einsparung an Installationskosten durch die geringe Zahl benötigter Lampen und Leuchten erreicht werden. Ergänzend sei hierzu bemerkt, daß auch die Energiekosten in diese Kostenbetrachtung einbezogen werden können.

Beispiel:

Die Ermittlung der benötigten Lampen für eine Anlage im Neuzustand ergibt Leuchtstofflampen 40 W.

Es soll sich hierbei um eine Anlage mit starker Verstaubung handeln.

(Zum Beispiel Metallindustrie.) Für die Beleuchtungsart direkt (Reflektorlampen) ergibt sich als Verminderungsfaktor nach Tabelle:

$$V = 0,67 \text{ bei Reinigung aller 3 Monate}$$

$$V = 0,59 \text{ bei Reinigung aller 6 Monate}$$

$$V = 0,52 \text{ bei jährlicher Reinigung}$$

Entschließt man sich zu einer jährlichen Reinigung, so ergibt sich die einzusetzende Lampenzahl n für dieses Beispiel.

$$n = \frac{40}{0,52} = 77 \text{ Lampen 40 W}$$

Wählt man die Reinigung der Anlage im Turnus von 3 Monaten, so ergibt sich

$$n = \frac{40}{0,67} = 60 \text{ Lampen 40 W}$$

Dieses Beispiel zeigt, daß durch Festlegung einer mehrmaligen Reinigung 17 Lampen- und Leuchtenbrennstellen eingespart werden können. Natürlich ergibt sich dann auch ein höherer Wartungsaufwand, der mit den Errichtungs- und Energiekosten verglichen werden muß. Hieronymus hat in einer vergleichenden Kostenbetrachtung zur wirtschaftlichen Reinigungsperiode nachgewiesen, daß im Mittel eine zweimalige Reinigung pro Jahr nach wirtschaftlichen Überlegungen vertretbar ist. Er wies u. a. auch nach, daß eine viermalige Reinigung pro Jahr weniger kostet als eine nicht gewartete Anlage.

Blatt 6 von TGL 200-0617 enthält Angaben zur Anzahl der jährlichen Reinigungen von Innenraumanlagen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind.

Beleuchtungsart	Anzahl der jährlichen Reinigung	
	Räume mit normaler Verstaubung	Räume mit starker Verstaubung
direkt vorwiegend direkt gleichförmig	IV 1 2	≥ 2
vorwiegend indirekt indirekt	IV 2	4

Außenanlagen sind im Halbjahresrhythmus zu reinigen. Lediglich für Anlagen mit geringer Verstaubung ist die einmalige Reinigung im Jahr als Mindestforderung zulässig.

Interessant ist aus einer Arbeit von Khäk zu entnehmen, daß Beleuchtungsänderungen infolge Verschmutzung der Lampen und Leuchten mit einer Leistungsabhängigkeit verbunden sind gemäß nachfolgender Feststellung:

Beleuchtungsstärke lx	Arbeitsleistung %
190	102,4
110	98,9
240 (nach der Leuchtenreinigung)	104,5

18.3. Arten des Lampenwechsels

Beim Lampenwechsel unterscheidet man zwischen

**Einzelauswechslung
und Gruppenauswechslung**

18.3.1. Einzelauswechslung

Nach einer gewissen Brennzeit der Lampen, d. h. vor und nach der mittleren Lebensdauer der Lampen, fallen Lampen aus. Sie werden in der Regel sofort durch neue Lampen ersetzt, wodurch sich der Umstand ergibt, daß die Beleuchtungsanlage unterschiedlich gealterte Lampen aufweist (durch unterschiedlichen Lichtstrom).

Sind mehrere Lampen in solch einer Anlage, so fällt die voneinander abweichende Leuchtdichte der Lampen auf sowie auch der veränderte Farbton der einzelnen Lampen. Im Laufe der Zeit pegelt sich die Anlage auf ein mittleres Niveau ein.

18.3.2. Gruppenauswechslung

Bei größeren Anlagen ist es vielfach nicht mehr vertretbar, jede ausgefallene Lampe einzeln zu ersetzen, da der Kostenaufwand pro Lampe zu hoch wird. Bei derartigen Anlagen ist das gruppenweise Auswechseln der Lampen vorteilhafter. Danach werden die Lampen einer Anlage vor ihrer Nennlebensdauer ausgewechselt, unabhängig davon, wieviel Lampen in der Anlage noch betriebsfähig sind. Dabei muß man sich allerdings von dem Gedanken frei machen, daß noch funktionstüchtige Lampen aus der Anlage genommen werden.

Berücksichtigen muß man aber, daß zum Zeitpunkt der Gruppenauswechslung der Lichtstromverlust der Lampen schon ziemlich große Werte angenommen hat, so daß ein weiteres Belassen in der Anlage bei ja gleicher Energieaufnahme den Gesamtwirkungsgrad fortan weiter verschlechtern würde. Das Auswechseln vor dem eigentlichen Totbrennen der Lampen geschieht auch unter dem Gesichtspunkt, daß die hohe Lebensdauer der Entladungslampen mit mehreren 1000 Stunden den Lampenpreis, ausgedrückt in Mark pro 1000 Brennstunden, gering erscheinen läßt, so daß der eigentliche Verlust beim vorzeitigen Wechseln der Lampen unbedeutend ist. Außerdem sei hinzugefügt, daß bei einem Wechsel nach z. B. 6 000 Brennstunden der Lichtstromverlust bereits groß ist. Es ist ja gerade der Vorteil der Entladungslampen, daß durch die hohe Lebensdauer und die hohe Zuverlässigkeit des Betriebsverhältnisses eine nach lichttechnischen Gesichtspunkten (zeitabhängige Lichtstromabnahme) festzulegende Betriebszeit möglich ist. Ob nun Einzel- oder Gruppenauswechslung wirtschaftlicher ist und wann die Gruppenauswechslung durchzuführen ist, hängt von den betrieblich verschiedenen Kostenfaktoren, dem Lampen- und Strompreis sowie dem lichttechnischen Verhalten der Lampen ab. Eine Durchrechnung mit diesen Kostenfaktoren ergab, daß ab ca. 4 500 Brennstunden (im Mittel für Leuchtstofflampen 40 und 65 W) die Gruppenauswechslung gegenüber der Einzelauswechslung kostengünstiger ist (bis 4 500 Std. herrscht Kostengleichheit).



Zusammengefaßt ergeben sich folgende Argumente für die Gruppenauswechslung:

- Bessere Nutzleistung der Lampen (besseres Beleuchtungsniveau bei gleichen Energiekosten)
- Genauere Planung der Kosten für Ersatzlampen
- Geringere Kosten pro gewechselte Lampe gegenüber der Einzelauswechslung durch Zusammenlegung der Rüstzeiten
- Besseres Aussehen der Beleuchtungsanlage
- Höheres mittleres Beleuchtungsniveau gegenüber einer Anlage mit Einzelauswechslung
- Einheitliche Lichtfarbe und Leuchtdichte der Lampen
- Gleichzeitige Durchführung der Leuchtenreinigung

Bei der Gruppenauswechslung, bei der vorzeitig ausgefallene Lampen nach 300 Stunden nicht ersetzt werden, sind sämtliche Lampen nach einer Nutzbrenndauer entsprechend der Tabelle aus TGL 200-0617 Blatt 6 auszuwechslern.

Nutzbrenndauer in % der mittleren Lebensdauer der Lampen

Lampenart	Mittlere Lebensdauer der Lampen h	Nutzbrenndauer %
Leuchtstofflampen LS 20, LU 25, LU 40	4 000	75-80
Leuchtstofflampen LS 25, LS 40, LS 65, LUn 40, LUn 65	<u>7 500</u>	70
Leuchtstofflampen LS 40, LS 65 bei Dauerbetrieb	7 500	80
Quecksilber-Hochdrucklampen 80 und 125 W 250 und 400 W	7 000	75
Quecksilber-Hochdrucklampen 1 000 W	6 000	75

Diese Festlegungen in dieser Tabelle entsprechen auch internationalen Empfehlungen, wonach die Gruppenauswechslung von Entladungslampen im allgemeinen nach 70% der mittleren Lebensdauer vorzunehmen ist.

Für Außenbeleuchtungsanlagen, ausgenommen Gleisbeleuchtungsanlagen, ist bei Verwendung von Leuchtstofflampen LS 25, LS 40 und LS 65 und Quecksilber-Hochdrucklampen 80 bis 1000 W der Lampenwechsel bei Gruppenauswechslung nach 4000 Stunden durchzuführen unter der Voraussetzung, daß in der Anlage der vorzeitige Lampenausfall bei einlampigen Leuchten nicht mehr als 15% beträgt oder die mittlere Beleuchtungsstärke nicht unter 65% des projektierten Wertes absinkt (nach TGL 200-0617, Blatt 6).

Die Erfahrungen aus der Praxis weisen darauf hin, daß die Gruppenauswechslung von Quecksilber-Hochdrucklampen bei Werten von weit über 4000 Stunden neuerdings möglich ist.

19. BELEUCHTUNGSBERECHNUNG

19.1. Wirkungsgradverfahren für Innenräume

Dieses Verfahren basiert auf dem Beleuchtungswirkungsgrad, der in Verbindung mit der geforderten mittleren Beleuchtungsstärke E_m und der Raumgröße den erforderlichen Lichtstrom zur Beleuchtung des Raumes nach der Beziehung zu errechnen gestattet

$$\Phi = \frac{E_m A}{\eta_B}$$

E_m = mittlere Beleuchtungsstärke in lx

A = Fläche in m^2

η_B = Beleuchtungswirkungsgrad

Φ = erforderlicher Lichtstrom in lm

Für den Beleuchtungswirkungsgrad η_B werden die Tabellen nach Favié herangezogen. Sie gelten für typische Leuchtenarten und sind unterteilt nach den Reflexionswerten für die Raumbegrenzungsflächen (Decke, Wände) sowie einen Raumindex k , der nach folgender Beziehung zu ermitteln ist

$$k = \frac{0,8 b + 0,2 a}{h_N}$$

a = Länge des Raumes in m

b = Breite des Raumes in m

h_N = Nutzhöhe

Höhe der Leuchte über dem Arbeitsplatz (0,85 m) für die Beleuchtungs-

arten direkt, vorwiegend direkt und gleichförmig.

Für vorwiegend indirekte und indirekte Beleuchtung bezieht sich h_N auf die Entfernung Arbeitsplatz (0,85 m) zur Decke.

Hat man h_N ermittelt und kennt die Lichtverteilung sowie den Wirkungsgrad η_L der Leuchte und den Reflexionsgrad der Raumbegrenzungsflächen, so entnimmt man der Wirkungsgradtabelle den Wert für η_B .

Zur Einschätzung für die Reflexion der Decke und der Wände kann folgender Hinweis verwendet werden:

weiße oder sehr helle Flächen	70%
helle Farben	50%
Zwischenfarbtöne	30%
dunkle Farben	10%

Weitere Hinweise enthält das Kapitel „Innenraumbeleuchtung.“

Stimmt der vorhandene Leuchtenwirkungsgrad η_L (der zu verwendenden Leuchte) nicht mit dem der Tabelle zugrunde liegenden Leuchtenwirkungsgrad $\eta_{L\text{Tab}}$ überein, dann gilt für den Beleuchtungswirkungsgrad η_B

$$\eta_B = \frac{\eta_L}{\eta_{L\text{Tab}}} \eta_{L\text{Tab}}$$

Nunmehr kann der erforderliche Gesamtlichtstrom für den Raum errechnet werden. Die Anzahl der erforderlichen Lampen ergibt sich nach der Beziehung

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_L}$$

wobei Φ_L dem Lampenlichtstrom entspricht. Die erforderliche Leuchtdrehzahl resultiert dann aus der Bestückungsmöglichkeit der Leuchte.

Welchen Einfluß der Raumfaktor k auf den Beleuchtungswirkungsgrad η_B besitzt, zeigen die nachstehenden beiden Abbildungen

In beiden Abbildungen bedeuten
1 = Anteil des direkt auf die Arbeitsfläche fallenden Lichtstroms

2 = Anteil des auf die Wände fallenden Lichtstroms
3 = Anteil des auf die Decke fallenden Lichtstroms

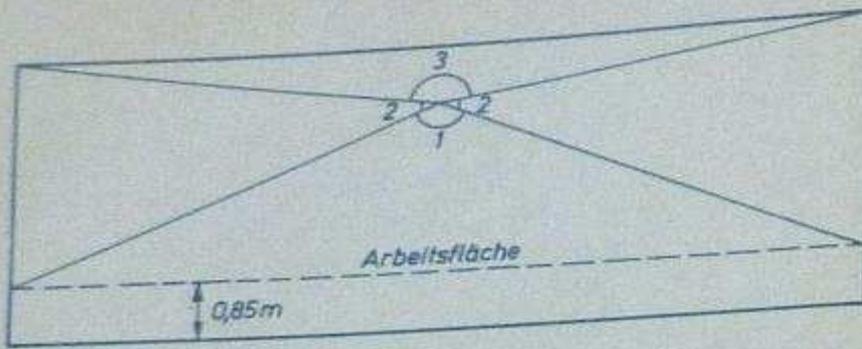
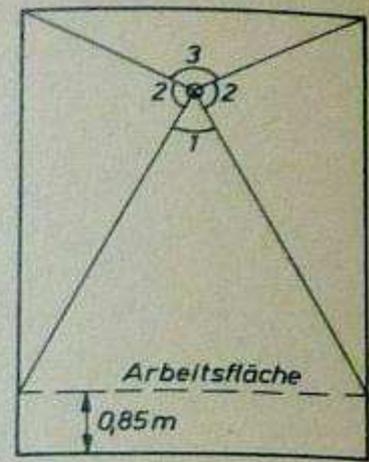


Abb. 19/1 Breiter Raum mit großem direktem Anteil des Lichtstromes

Abb. 19/2 Hoher Raum mit kleinem direktem Lichtstromanteil



Der so ermittelte Lichtstrom bezieht sich auf den Neuzustand der Beleuchtungsanlage. Durch die Einbeziehung des Verminderungsfaktors V werden die Alterungsfaktoren berücksichtigt.

Dabei erhöht sich der aufgewendete Lichtstrom auf den Anfangswert Φ_0 nach der Beziehung

$$\Phi_0 = \frac{\Phi}{V}$$

Den Anfangswert der Beleuchtungsstärke E_0 kann man errechnen zu

$$E_0 = \frac{E}{V}$$

Zusammengefaßt ergibt sich folgender Ablauf der Berechnung:

1. Feststellung der Beleuchtungsstärke sowie der Leuchtenart
2. Bestimmung des Raumindex k
3. Bestimmung des Reflexionsgrades der Decke und der Wände nach den gegebenen Hinweisen
4. Mit den Werten von 2 und 3 sowie der Leuchtenart entnimmt man der Wirkungsgradtabelle, die dem verwendeten Leuchtentyp entspricht, den Beleuchtungswirkungsgrad η_B , wobei evtl. bei Abweichungen des Leuchtenwirkungsgrades noch umgerechnet werden muß.
5. Nach der erstgenannten Beziehung

$$\Phi = \frac{E_m \cdot A}{\eta_B}$$

ist der erforderliche Lichtstrom zu ermitteln. Daraus ergeben sich dann Lampen- und Leuchtenzahl. Dabei ist der Verminderungsfaktor V in die Rechnung einzubeziehen.

19.1.1. Berechnungsbeispiel für Leuchtstofflampen

1. Beleuchtungsanspruch:

300 lx (Beratungsraum)

Leuchte: K LBL Lamellenleuchte

2 × 65 W an Pendeln

$$\Phi = \frac{E_m \cdot A}{\eta_e}$$

$$\Phi = \frac{300 \cdot 60}{0,52} = 34\,600 \text{ lm}$$

2. Raumabmessungen – Raumindex

Länge $a = 10 \text{ m}$

Breite $b = 6 \text{ m}$

Nutzhöhe $h_N = 2 \text{ m}$

$$k = \frac{0,8 \cdot b + 0,2 \cdot a}{h_N}$$

$$k = \frac{4,8 + 2}{2} = 3,4$$

3. Reflexionsgrad

Decke 70%

Wände 50%

4. Beleuchtungswirkungsgrad

Nach Tabelle: 0,52

(für die unter 2 + 3 ermittelten Werte)

Da die verwendete Lamellenleuchte einen Wirkungsgrad von 0,85 besitzt, kann der Tabellenwert voll eingesetzt werden

Der in die Formel einzusetzende Wert für den Beleuchtungswirkungsgrad beträgt 0,52

für den Neuzustand der Anlage

Unter Berücksichtigung von

Beleuchtungsart gleichförmig,

geringer Verstaubung,

Einzelauswechslung der Lampen, Reinigung alle 6 Monate

ergibt sich für den Verminderungsfaktor der Wert von $V = 0,68$

Der aufzuwendende Lichtstrom (Anfangswert) beträgt zu

$$\Phi_0 = \frac{\Phi}{V} \text{ Anfangswert}$$

$$\Phi_0 = \frac{34\,600}{0,68} = 51\,000 \text{ lm}$$

Die Anzahl der Lampen beträgt bei einem Lichtstrom der verwendeten Lampe 4 300 lm

$$\eta = \frac{\text{Gesamtlichtstrom}}{\text{Lampenlichtstrom}}$$

$$\eta = \frac{51\,000}{4\,300} = 12 \text{ Lampen}$$

65 W Weiß

5. Lichtstromermittlung für den Neuzustand sowie unter Berücksichtigung des Verminderungsfaktors

Für die 12 Leuchtstofflampen werden 6 Leuchten benötigt.

19.1.2. Berechnungsbeispiel für Quecksilber-Hochdrucklampen

1. Beleuchtungsanspruch:

150 lx (Lageraum für Draht-
erzeugnisse)

Leuchte: K LBL-Emaile-Tief-
strahler 1 x HQLG 250 W

2. Raumabmessungen – Raumindex k

Länge $a = 90$ m

Breite $b = 30$ m

Nutzhöhe $h_N = 5,0$ m

$$h = \frac{0,8 b + 0,2 a}{h_N}$$

$$k = \frac{24 + 18}{5} = 8,4$$

3. Reflexionsgrad

Decke 0,3

Wände 0,3

4. Beleuchtungswirkungsgrad

Nach Tabelle: 0,66

(für die unter 2 + 3 ermittelten
Werte)

Da der verwendete Tiefstrahler
einen Wirkungsgrad von 0,77
besitzt, der Tabelle jedoch ein
Wirkungsgrad von 0,80 zu-
grunde liegt, muß der ermittelte
Wert für den Beleuchtungswirkungs-
grad von 0,66 noch
korrigiert werden zu

$$\eta_B = \frac{0,77}{0,80} \cdot 0,66 = 0,635$$

Der in die Formel einzusetzende
Wert für den Beleuchtungswirkungs-
grad beträgt 0,635

5. Lichtstromermittlung für den Neuzustand sowie unter Be- rücksichtigung des Vermin- derungsfaktors

$$\Phi = \frac{E_m A}{\eta_B}$$

$$\Phi = \frac{150 \cdot 2700}{0,638} = 640\,000 \text{ lm}$$

für den Neuzustand der Anlage

Unter Berücksichtigung von
Beleuchtungsart direkt,
starker Verstaubung,
Einzelauswechslung der Lam-
pen, Reinigung alle 6 Monate

ergibt sich für den Verminde-
rungsfaktor der Wert $V = 0,59$
Der aufzuwendende Lichtstrom
ergibt sich zu

$$\Phi_0 = \frac{\Phi}{V}$$

$$\Phi_0 = \frac{640\,000}{0,59} = 1\,085\,000 \text{ lm}$$

Die Anzahl der Lampen und
auch Leuchten beträgt bei einem
Lichtstrom der Lampen von
11 500 lm

$$n = \frac{1\,085\,000}{11\,500} = 94$$

19.2. Wirkungsgradverfahren für die Straßenbeleuchtung

Mit geringem Aufwand läßt sich nach der Beziehung

$$E_m = \frac{\Phi}{A} = \eta_B \cdot v$$

die mittlere Beleuchtungsstärke auf der Fahrbahn er-
rechnen, gültig für den mittleren Betriebszustand der
Anlage.

In der angeführten Beziehung bedeuten

E_m = mittlere Beleuchtungsstärke in lx

Φ = Lichtstrom der verwendeten Lampe

A = Straßenstück in m^2 , welches sich ergibt aus
- a -, als dem Abstand von einer Leuchte zur
anderen in Metern, und - b -, als der Breite des
Straßenstückes in Metern

$$(A = a \cdot b)$$

η_B = Beleuchtungswirkungsgrad (abhängig von
der Straßenbreite - b - und der Lichtpunkt-
höhe - h -)

Die Werte für η_B sind den Wirkungsgrad-
kurven zu entnehmen

v = Verminderungsfaktor, der die Alterung der
Lampen sowie die Verstaubung von Lampe
und Leuchte ausdrückt

LS = Lichtschwerpunkt

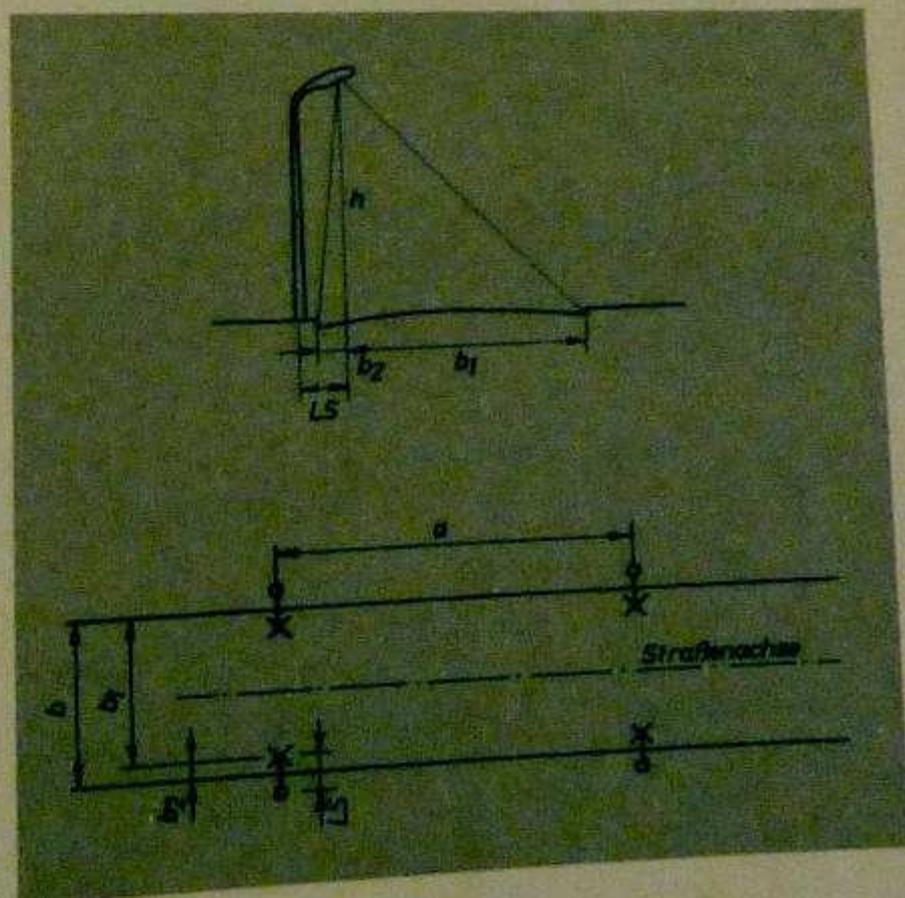


Abb. 19/3
Darstellungen zum
Wirkungsverfahren

Die Berechnung erfolgt so, daß zunächst für die beiden Teilstücke der Straße b_1 und b_2 die Werte

$$\frac{b_1}{h} \quad \text{und} \quad \frac{b_2}{h}$$

ermittelt werden (h = Lichtpunkthöhe)
Für diese Werte erhält man die beiden Werte für den Beleuchtungswirkungsgrad

$$\eta_{B_1} = \frac{b_1}{h} \qquad \eta_{B_2} = \frac{b_2}{h}$$

η_{B_1} und η_{B_2} ergeben für die erstgenannte Formel den einzusetzenden Wert η_B nach der Beziehung

Beispiel:

Beleuchtet werden soll eine 10 m breite Straße mit einer KLBL-Ansatzleuchte 1×400 W und 11 m Lichtpunkthöhe (Betonmast 10 m mit Ausleger). Die Ausladung der Leuchte vom Mast bis zum Lichtschwerpunkt (LS) beträgt 2 m. Von der Ausladung 2 m sind ca. 0,5 m abzuziehen für den nicht betrachteten Abschnitt Fahrbahnkante zu Maststandort, so daß sich ein Wert von 1,50 m ergibt als Wert b_2 .

Der Mastabstand soll 30 m betragen.

Die 10 m breite Straße teilt sich auf zu

$$b_1 = 8,5 \text{ m}$$

$$b_2 = 1,5 \text{ m}$$

$$\frac{b_1}{h} = \frac{8,5}{11} = 0,77 \qquad \eta_{B_1} = 0,31$$

$$\frac{b_2}{h} = \frac{1,5}{11} = 0,136 \qquad \eta_{B_2} = 0,05$$

$$\eta_B = 0,37$$

Die Werte für η_B werden aus der Kurve für die Leuchte dieser Bestückungsart entnommen. Die Fläche A beträgt 300 m^2 ($a = 10 \text{ m}$, $b = 30 \text{ m}$). Der Lichtstrom der 400-W-Lampe beträgt $20\,500 \text{ lm}$,

als Verminderungsfaktor v wird der Wert 0,7 angesetzt (gilt für eine Gegend mit geringer Verstaubung sowie eine halbjährliche Reinigung)

$$E_m = \frac{\Phi}{A} \eta_B v$$

$$E_m = \frac{20\,500}{300} \cdot 0,37 \cdot 0,7$$

$$E_m = 17,6 \text{ lx}$$

Bei einer zwei- oder mehrreihigen Anordnung wird jede Leuchtenreihe zunächst für sich betrachtet. Danach werden die errechneten Werte jeder Reihe addiert.

Die Beziehung

$$E_m \cdot a = \text{konstant}$$

weist auf den Zusammenhang der mittleren Beleuchtungsstärke E_m und des Mastabstandes a hin.

Am durchgerechneten Beispiel bedeutet dies

$$17,6 \cdot 30 = 528$$

Wird der Abstand von 30 auf 25 m reduziert, so ergibt sich für E_m ein neuer Wert zu

$$E_m = \frac{528}{25} = 21,1 \text{ lx}$$

Die nachfolgenden Wirkungsgradkurven gelten für Mast-
ansatzleuchten von K LBL bei einem Neigungswinkel der
Leuchte von 15° gegen die Horizontale.

Abb. 19/4

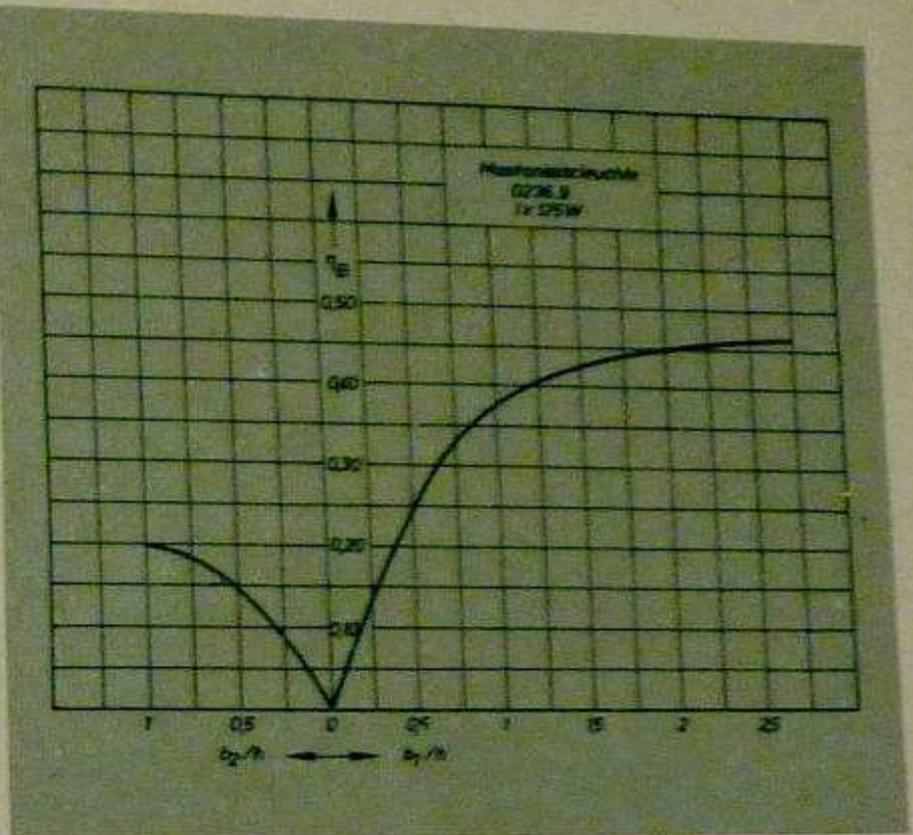


Abb. 19/5

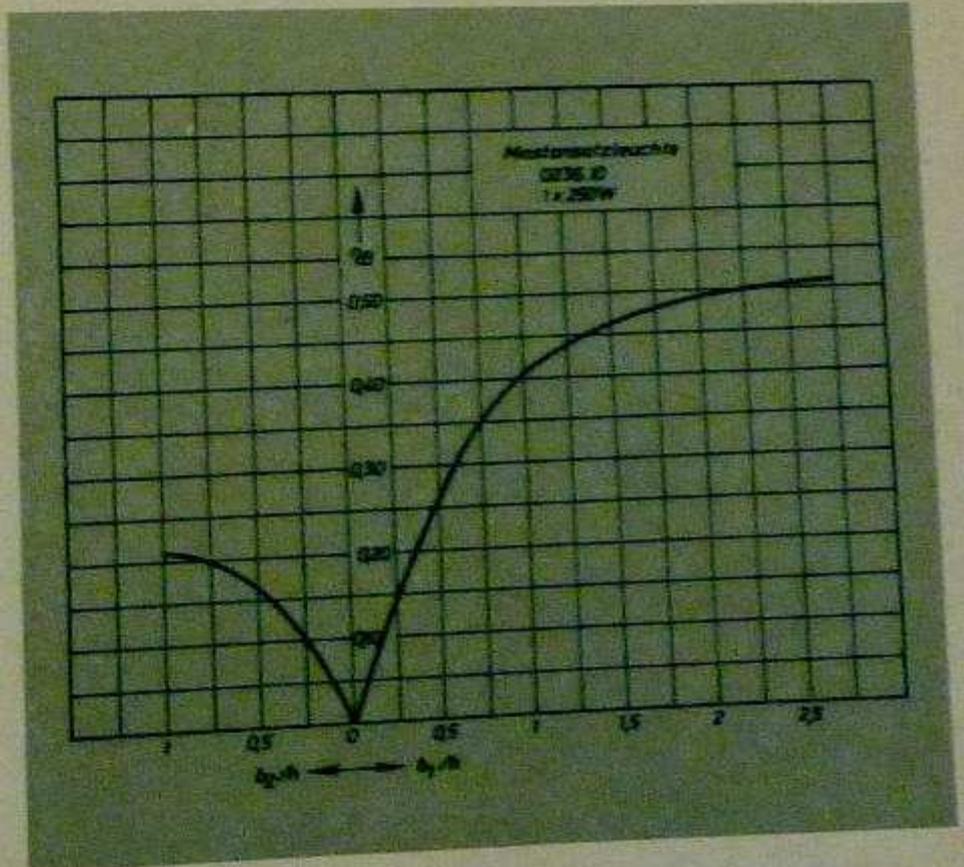


Abb. 19/6

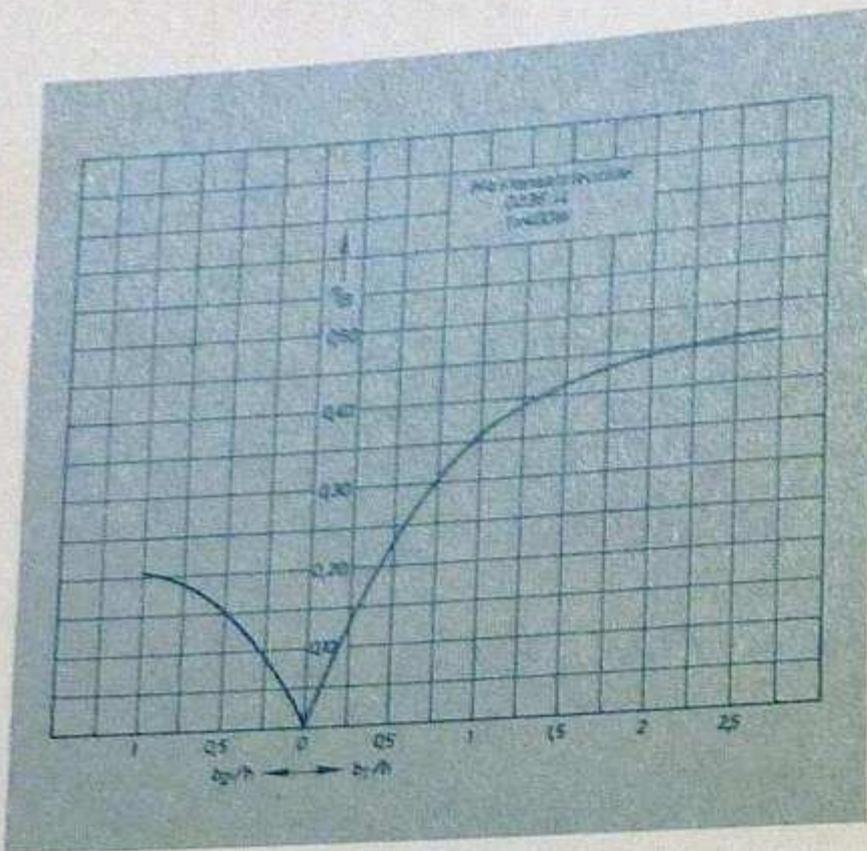


Abb. 19/7

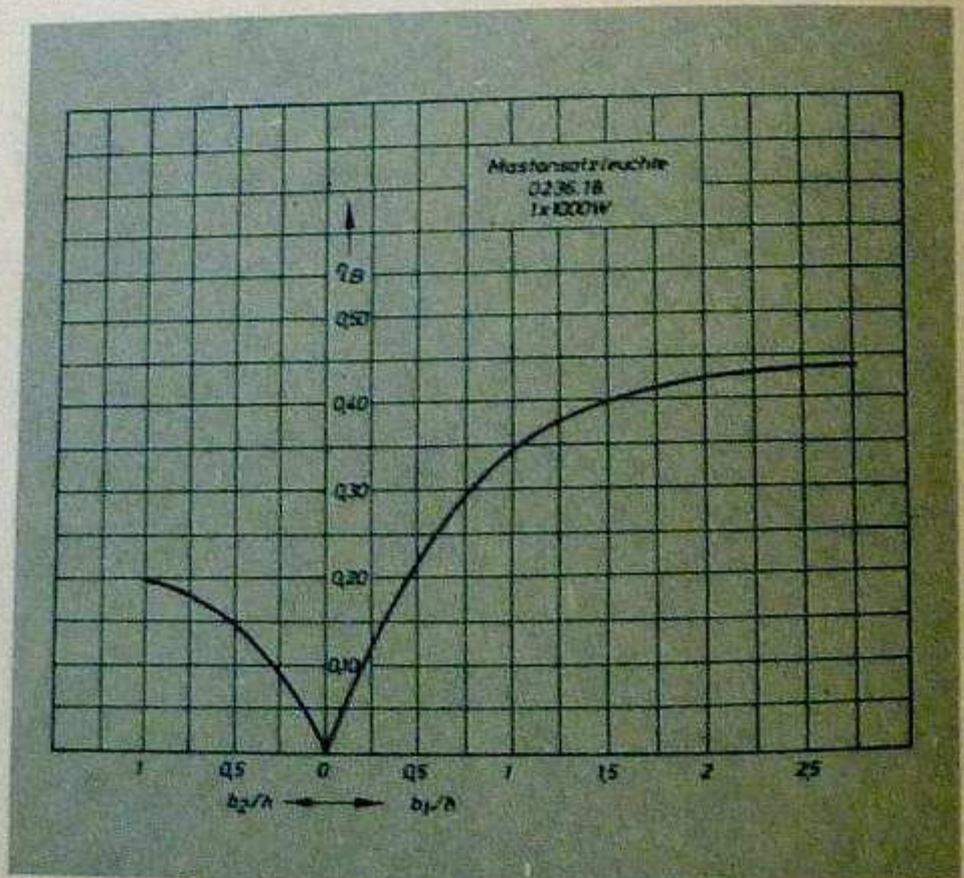


Abb. 19/8

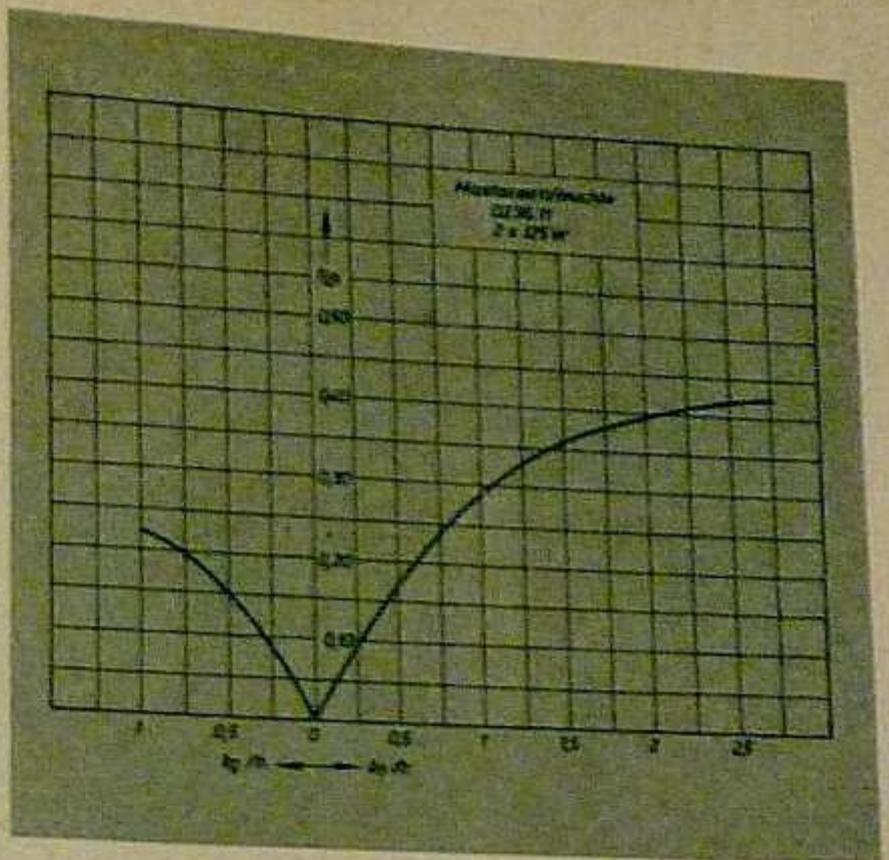
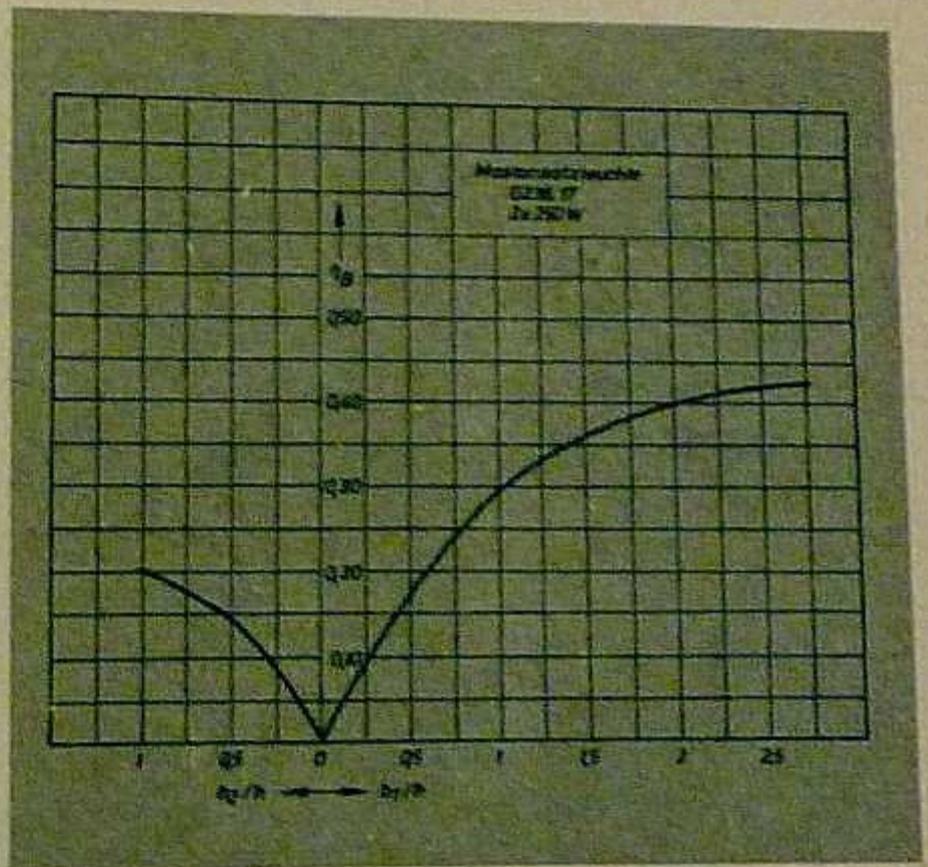


Abb. 19/9



19.3. Lichtstärkemethode für punktförmige Lichtquellen (Punktbeleuchtungsformel)

Die nachstehend beschriebene Berechnungsmethode gilt für punktförmige Lichtquellen, zu denen auch Queck-

silber-Hochdrucklampen und Metall-Halogenlampen gehören, in Verbindung mit Leuchten, die eine rotations-symmetrische Lichtverteilung besitzen, wie z. B.

Tiefstrahler
Gleisfeldleuchten
Aufsatzleuchten
Oberdeck-Arbeitsleuchten usw.

Die Methode gilt ebenso für Quecksilber-Hochdruck-lampen mit Innenreflektor.

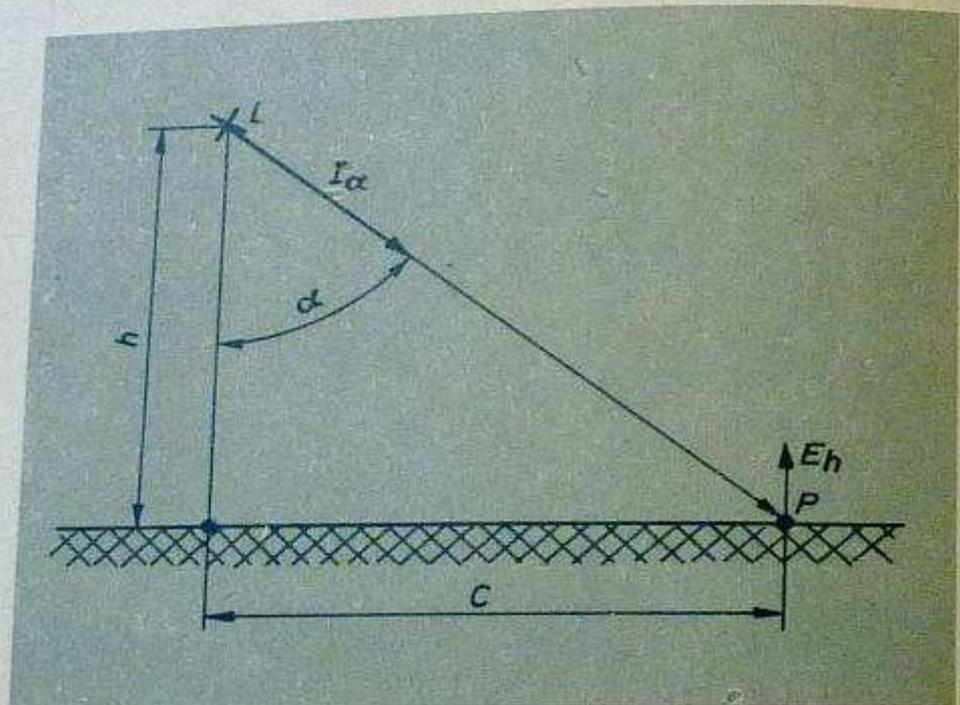


Abb. 19/10 – Darstellung zur Punktbeleuchtungsformel

Mit der nachstehenden Formel

$$E_h = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{h^2}$$

erhält man die horizontale Beleuchtungsstärke E_h im Punkt P.

I_α = Wert der Lichtstärke in cd für den Ausstrahlungswinkel (der Lichtstärkeverteilung der Leuchte zu entnehmen)

h = Lichtpunkthöhe in m (über dem Boden)

$\cos^3 \alpha$ = s. Winkeltabelle (Anhang)

Den Abstand c des Punktes von der Leuchte ermittelt man nach der Beziehung

$$c = h \cdot \tan \alpha$$

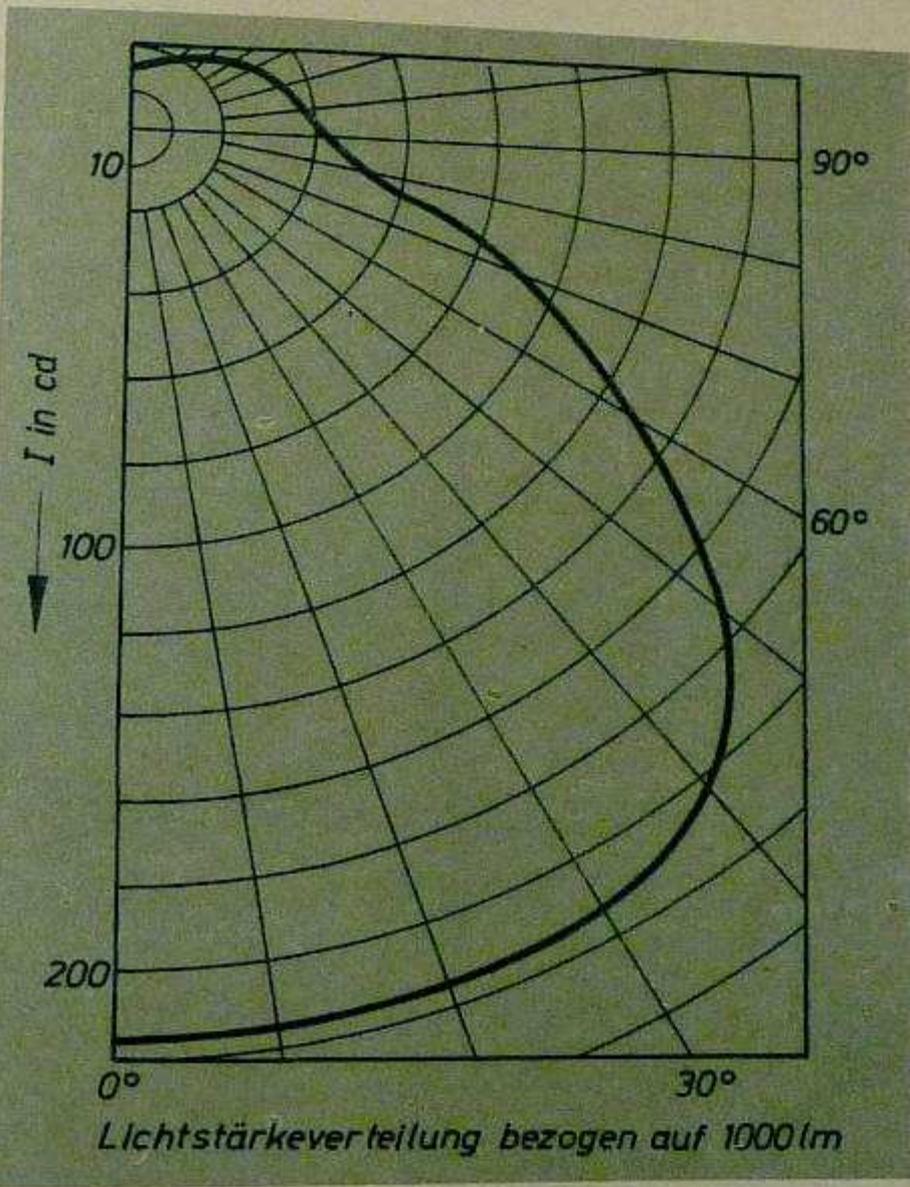
$\tan \alpha$ s. Winkeltabelle (Anhang)

Um die mittlere Beleuchtungsstärke E_m zu erhalten, teilt man die zu beleuchtende Fläche in kleine gleichgroße Teilflächen ein und berechnet den Wert für E_n in der Mitte der Teilfläche. Ist n die Anzahl der einzelnen Teilflächen, so ergibt sich die mittlere Beleuchtungsstärke E_m nach der Beziehung

$$E_m = \frac{\sum E_n}{n}$$

19.3.1. Berechnungsbeispiel 1

Für die Quecksilber-Hochdrucklampe mit Innenreflektor HQRG 250 ist die horizontale Beleuchtungsstärke E_h in Abhängigkeit von der Entfernung vom Fußpunkt der Lampe zu berechnen. Als Lichtpunkthöhe über der Meßebeine gilt ein Wert von 5 m.



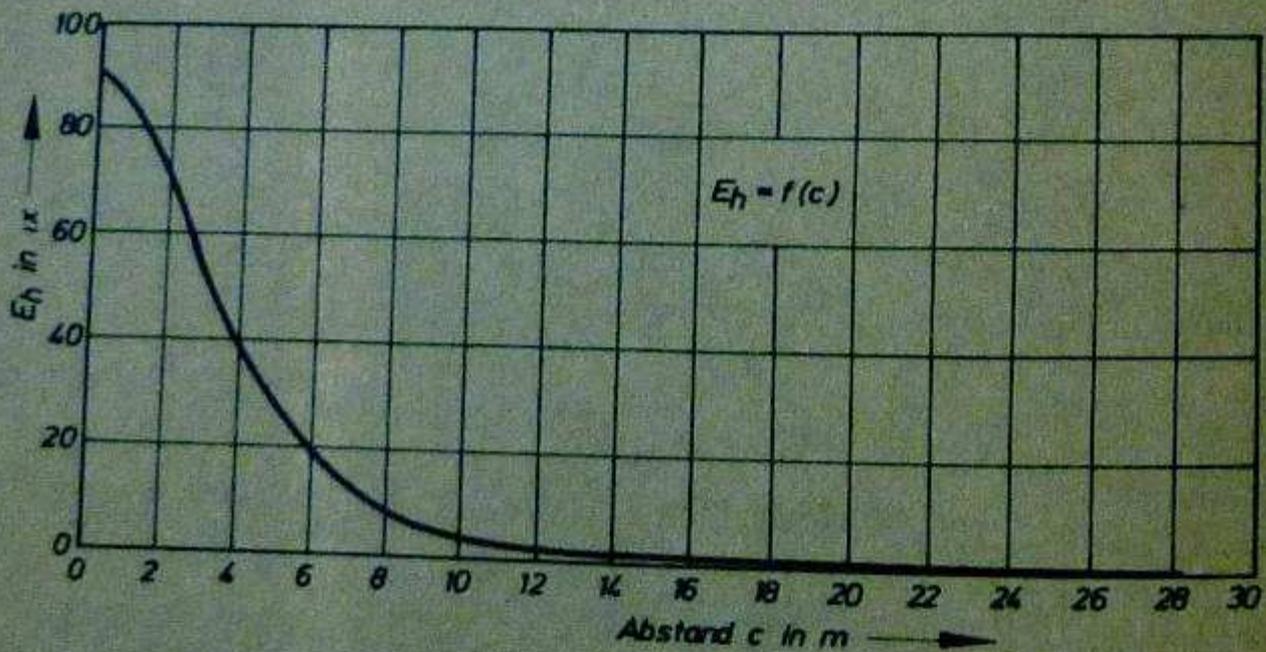
Die Berechnung nimmt man am besten durch Erfassung aller Werte in einer Tabelle vor.

Winkel α°	Lichtstärke I_α in cd für		$\cos^3 \alpha$	$\frac{\cos^3 \alpha}{h^2}$	E_h lx	Abstand c m
	1 000 lm (aus Kurve)	10 500 lm (Faktor 10,5)				
0	215	2 260	1,000	0,040	90,5	0
10	215	2 260	0,955	0,038	86,0	0,88
20	215	2 260	0,830	0,033	74,5	1,82
30	210	2 200	0,650	0,026	57,0	2,88
40	200	2 100	0,450	0,018	37,8	4,20
50	170	1 785	0,266	0,011	19,7	5,95
60	130	1 365	0,125	0,005	6,8	8,65
70	90	945	0,040	0,0016	1,5	13,80
80	50	525	0,0052	0,0002	0,1	28,20

E_h in lx gilt für den Neuzustand

Mit den Werten von E_h und c kann man für dieses Berechnungsbeispiel die Bodenbeleuchtungskurve zeichnen als Funktion $E_h = f(c)$

Abb. 19/12 Bodenbeleuchtungskurve für eine Lampe HQRG 250 bei Lichtpunkthöhe 5 m



19.3.2. Berechnungsbeispiel 2

Es ist der Beleuchtungsstärkeverlauf für eine RSL-Aufsatzleuchte mit 5 m Lichtpunkthöhe zu bestimmen.

Leuchtenbestückung: 2 × HQLG 125 (2 × 5250 lm).

Lichtstärkeverteilung s. Abb. 12/25.

Winkel α°	Lichtstärke I_a in cd für			$\frac{\cos^2 \alpha}{h^2}$	E_h lx	Abstand c m
	1 000 lm (mit Kurve)	10 500 lm (Faktor 10,5)	$\cos^2 \alpha$			
0	58	610	1,000	0,040	24,5	0
10	66	694	0,955	0,038	26,4	0,88
20	73	777	0,830	0,033	25,5	1,82
30	90	945	0,650	0,026	22,7	2,88
40	90	945	0,450	0,018	17,0	4,20
50	86	903	0,280	0,011	10,0	5,95
60	85	892	0,125	0,005	4,5	8,65
70	78	819	0,040	0,0016	1,3	13,80
80	53	557	0,0052	0,0002	0,1	28,20

E_h in lx gilt für den Neuzustand

Auch für diese Errechnung kann man den Beleuchtungsstärkeverlauf einer Leuchte RSL mit HQLG 2 × 125 W graphisch darstellen.

20. MESSUNG VON BELEUCHTUNGSANLAGEN

Die Messung von Beleuchtungsanlagen ist im Blatt 5 von TGL 200-0617 geregelt. Es sollen hier nur einige Hinweise in Anlehnung an diesen Standard gegeben werden.

Grundsätzlich ist bei neuen Anlagen eine Messung der Beleuchtungsstärke durchzuführen, um festzustellen, welche Werte sich im Vergleich zur Projektierung ergeben (zulässige Abweichungen von -15% und $+30\%$). Die Messung erfolgt nach Alterung der Anlage, die nach dem Einsetzen neuer Lampen bei Leuchtstofflampen und Quecksilber-Hochdrucklampen 100 Stunden beträgt, dabei ist vor der Messung zwecks Stabilisierung der Betriebswerte von Lampen und Leuchten eine Brenndauer von 15 min bei Leuchtstofflampen und 30 min bei Quecksilber-Hochdrucklampen abzuwarten.

Zur Messung sind zwecks Erreichung exakter Werte vorrangig Luxmeter mit V_{λ} - und Kosinuskorrektur zu verwenden. Infolge natürlicher Alterung der Fotoelemente sind Luxmeter jährlich abzugleichen. Die Ablesung der Meßwerte sollte nach Möglichkeit nicht im ersten Fünftel der Skale des Meßinstrumentes erfolgen.

20.1. Messung im Innenraum

Als Meßebeene gilt, wenn nicht eine andere Ebene sich durch die Art der Tätigkeit ergibt, eine Höhe von 0,85 m über dem Fußboden. Das Meßergebnis stellt einen Mittelwert der Beleuchtungsstärke aus vielen Einzelpunkten dar, wobei die Anzahl der Einzelwerte nicht unter 9 liegen darf.

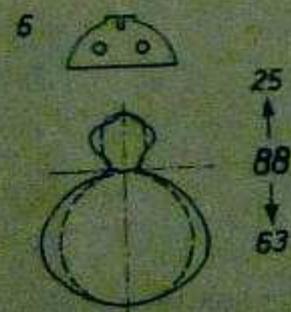
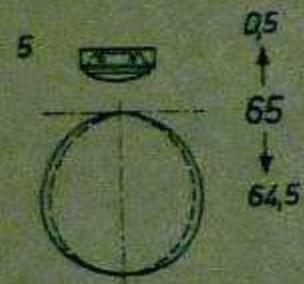
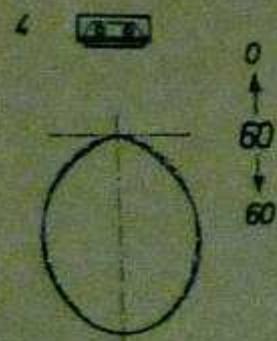
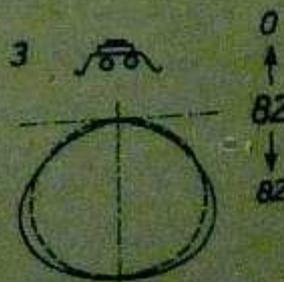
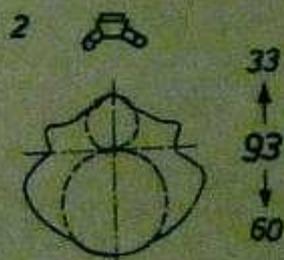
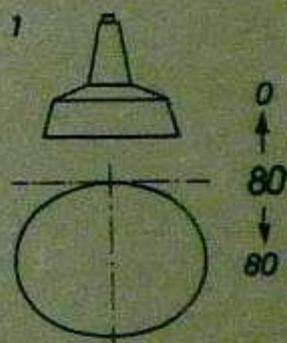
20.2. Messung von Außenbeleuchtungsanlagen

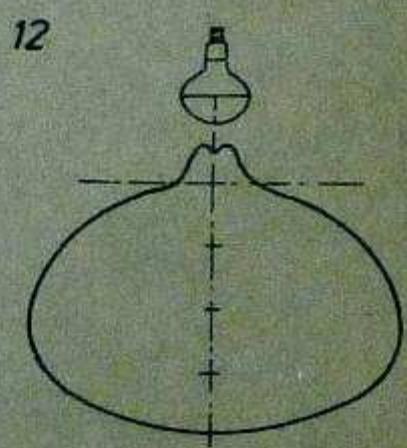
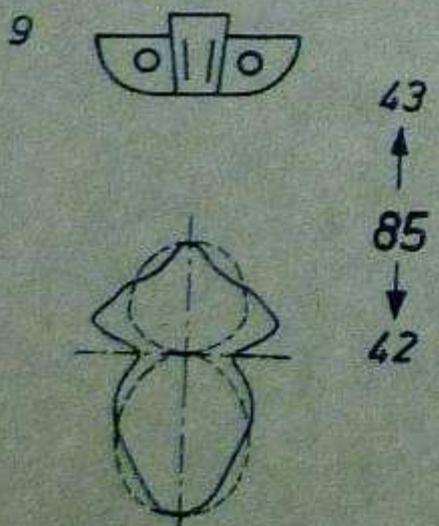
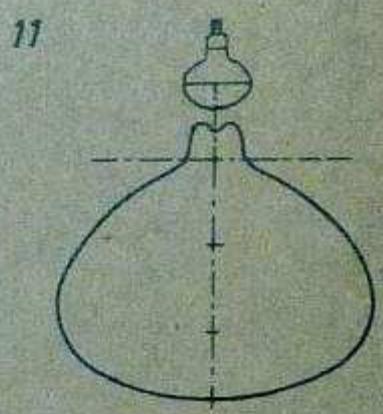
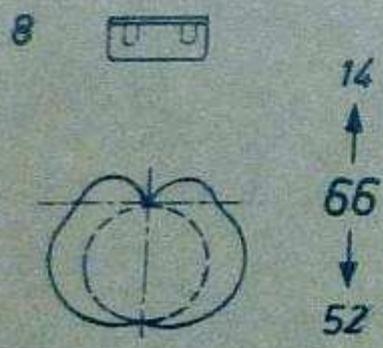
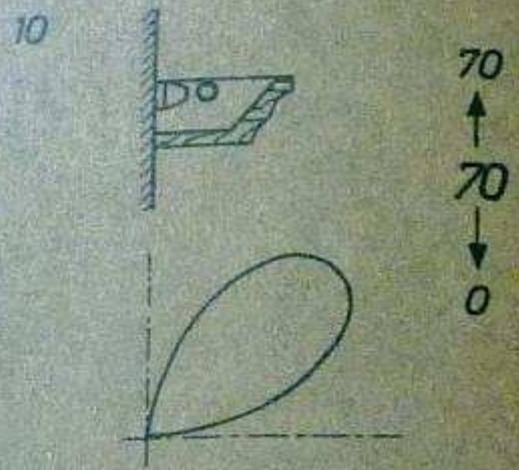
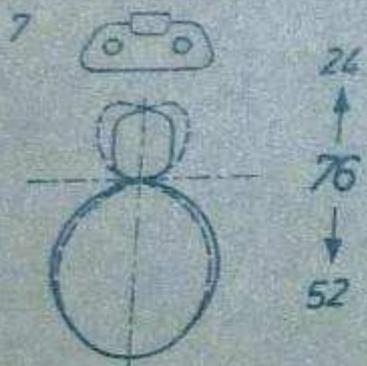
Die horizontale Beleuchtungsstärke wird auf der Fahrbahn (nicht höher als 15 cm über ihr) gemessen. Dabei ist der Meßabschnitt in gleichgroße Flächen (maximal $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ oder $2\text{ m} \times 3\text{ m}$) einzuteilen, die Anzahl der Meßwerte zur Mittelwertbildung darf auch hier nicht unter 9 sein.



Den nachfolgenden 12 Tabellen für den Beleuchtungswirkungsgrad sind die entsprechenden typischen Leuchtenformen mit den jeweiligen Lichtstärkeverteilungen vorangestellt.

Die Numerierung entspricht den Tabellennummern. Der Leuchtenwirkungsgrad, auf den die Tabellenwerte bezogen sind, ist für die Abbildungen 1 bis 10 jeweils rechts angegeben (Zahl in der Mitte)





21. BELEUCHTUNGSTABELLEN

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand

Tabelle 1 Glühlampen und Quecksilber-Hochdrucklampen

Raumfaktor k	Deckenreflexion $r_D 0,7$		Deckenreflexion $r_D 0,5$		Deckenreflexion $r_D 0,3$	
	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3
1	0,27	0,21	0,26	0,21	0,26	0,21
1,2	0,32	0,26	0,31	0,25	0,30	0,25
1,5	0,38	0,32	0,37	0,32	0,36	0,31
2	0,46	0,40	0,45	0,40	0,44	0,39
2,5	0,51	0,46	0,50	0,46	0,49	0,45
3	0,55	0,50	0,54	0,50	0,53	0,49
4	0,61	0,56	0,60	0,56	0,62	0,60
5	0,64	0,60	0,63	0,60	0,65	0,62
6	0,67	0,63	0,66	0,63	0,68	0,66
8	0,70	0,67	0,69	0,67	0,71	0,69
10	0,72	0,70	0,71	0,69	0,71	0,69

Für zentral angeordnete Leuchten gilt:

	Wandreflexion r_W		Wandreflexion r_W		Wandreflexion r_W	
	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3
1	0,29	0,23	0,28	0,23	0,28	0,23
1,2	0,35	0,29	0,34	0,29	0,33	0,28
1,5	0,42	0,37	0,41	0,36	0,41	0,36
2	0,52	0,47	0,51	0,47	0,50	0,47

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand

Tabelle 2 Leuchtstofflampen in Kombinationsleuchten (ohne Umkleidung)

Raumfaktor k	Deckenreflexion $r_p 0,7$		Deckenreflexion $r_p 0,5$		Deckenreflexion $r_p 0,3$	
	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1
1	0,27	0,20	0,24	0,18	0,21	0,16
1,2	0,31	0,25	0,28	0,22	0,25	0,20
1,5	0,37	0,31	0,33	0,28	0,29	0,25
2	0,45	0,39	0,40	0,35	0,35	0,31
2,5	0,50	0,44	0,45	0,40	0,40	0,36
3	0,54	0,48	0,48	0,44	0,43	0,39
4	0,60	0,55	0,54	0,50	0,48	0,44
5	0,63	0,59	0,57	0,53	0,51	0,48
6	0,66	0,62	0,60	0,56	0,53	0,51
8	0,70	0,66	0,63	0,60	0,57	0,54
10	0,72	0,69	0,65	0,63	0,59	0,57

Für zentral angeordnete Leuchten gilt:

1	0,28	0,22	0,17	0,20	0,22	0,18
1,2	0,33	0,27	0,22	0,24	0,26	0,22
1,5	0,40	0,34	0,29	0,30	0,32	0,28
2	0,49	0,43	0,38	0,39	0,39	0,36

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand

Tabelle 3 Leuchtstofflampen in Kombinationsleuchten mit Reflektor

Raumfaktor k	Deckenreflexion $r_b 0,7$		Deckenreflexion $r_b 0,5$		Deckenreflexion $r_b 0,3$	
	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1
1	0,29	0,24	0,29	0,23	0,28	0,23
1,2	0,35	0,29	0,34	0,28	0,33	0,28
1,5	0,41	0,36	0,41	0,35	0,40	0,35
2	0,50	0,45	0,49	0,44	0,48	0,44
2,5	0,55	0,50	0,54	0,50	0,53	0,50
3	0,59	0,55	0,58	0,54	0,58	0,54
4	0,65	0,61	0,64	0,60	0,63	0,60
5	0,68	0,65	0,67	0,64	0,66	0,64
6	0,70	0,67	0,69	0,67	0,69	0,67
8	0,73	0,71	0,72	0,71	0,72	0,70
10	0,75	0,73	0,74	0,73	0,74	0,72

Für zentral angeordnete Leuchten gilt:

1	0,32	0,26	0,31	0,26	0,30	0,26
1,2	0,38	0,33	0,37	0,32	0,37	0,32
1,5	0,46	0,41	0,46	0,41	0,45	0,41
2	0,57	0,53	0,57	0,53	0,56	0,53

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand

Tabelle 4 Leuchtstofflampen in Direktleuchten mit Raster bzw. Lamellen

Raumfaktor k	Deckenreflexion r_p 0,5		Deckenreflexion r_p 0,7		Deckenreflexion r_p 0,3	
	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1
	Wandreflexion r_w		Wandreflexion r_w		Wandreflexion r_w	
	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
1	0,24	0,21	0,24	0,18	0,24	0,18
1,2	0,29	0,25	0,28	0,22	0,28	0,22
1,5	0,34	0,30	0,33	0,27	0,33	0,27
2	0,40	0,37	0,39	0,34	0,39	0,34
2,5	0,43	0,40	0,43	0,38	0,42	0,38
3	0,46	0,43	0,45	0,41	0,45	0,41
4	0,49	0,47	0,49	0,45	0,48	0,45
5	0,51	0,49	0,51	0,47	0,50	0,47
6	0,53	0,51	0,52	0,49	0,52	0,49
8	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,52
10	0,56	0,54	0,55	0,54	0,55	0,53

Für zentral angeordnete Leuchten gilt:

1	0,27	0,23	0,26	0,23	0,26	0,23
1,2	0,32	0,29	0,32	0,28	0,31	0,28
1,5	0,39	0,36	0,38	0,35	0,38	0,35
2	0,46	0,44	0,46	0,44	0,45	0,42

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand

Tabelle 5 Leuchtstofflampen in Direktleuchten mit flacher Wanne

Raumfaktor k	Deckenreflexion $r_p 0.7$		Deckenreflexion $r_p 0.5$		Deckenreflexion $r_p 0.3$	
	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1
1	0.24	0.19	0.23	0.16	0.23	0.16
1.2	0.28	0.23	0.27	0.20	0.27	0.20
1.5	0.33	0.29	0.32	0.25	0.32	0.25
2	0.40	0.36	0.39	0.32	0.38	0.32
2.5	0.44	0.40	0.43	0.37	0.42	0.37
3	0.47	0.43	0.46	0.40	0.45	0.40
4	0.51	0.48	0.50	0.45	0.49	0.45
5	0.53	0.51	0.53	0.48	0.52	0.48
6	0.55	0.53	0.54	0.50	0.54	0.50
8	0.57	0.55	0.57	0.54	0.56	0.53
10	0.59	0.57	0.58	0.55	0.58	0.55

Für zentral angeordnete Leuchten gilt:

1	0.26	0.22	0.25	0.21	0.25	0.21	0.18
1.2	0.31	0.27	0.30	0.26	0.30	0.26	0.24
1.5	0.37	0.34	0.37	0.33	0.36	0.33	0.31
2	0.46	0.42	0.45	0.42	0.44	0.42	0.40

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand

Tabelle 6 Leuchtstofflampen in Direktleuchten mit Schlitzen (Reflektorleuchten mit oberem Lichtstromanteil)

Raumfaktor k	Deckenreflexion $r_b 0,7$		Deckenreflexion $r_b 0,5$		Deckenreflexion $r_b 0,3$	
	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1
1	0,28	0,22	0,25	0,20	0,23	0,19
1,2	0,33	0,27	0,30	0,25	0,27	0,23
1,5	0,39	0,33	0,36	0,31	0,33	0,28
2	0,47	0,42	0,43	0,39	0,40	0,36
2,5	0,53	0,47	0,48	0,44	0,44	0,41
3	0,56	0,51	0,52	0,48	0,48	0,44
4	0,61	0,57	0,57	0,53	0,52	0,50
5	0,65	0,61	0,60	0,57	0,55	0,53
6	0,67	0,64	0,62	0,60	0,58	0,55
8	0,70	0,68	0,65	0,63	0,60	0,59
10	0,72	0,70	0,67	0,65	0,62	0,61

Für zentral angeordnete Leuchten gilt:

1	0,29	0,24	0,20	0,27	0,22	0,19	0,25	0,21	0,18
0,27	1,2	0,35	0,29	0,25	0,32	0,24	0,30	0,26	0,23
0,35	1,5	0,43	0,37	0,33	0,39	0,31	0,36	0,33	0,30
2	0,52	0,48	0,44	0,49	0,45	0,42	0,45	0,42	0,40

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand

Tabelle 7 Leuchtstofflampen in Leuchten der Lichtverteilung „vorwiegend direkt“, Ausführung mit Raster bzw. Lamellen

Raumfaktor K	Deckenreflexion $r_D 0,7$		Deckenreflexion $r_D 0,5$		Deckenreflexion $r_D 0,3$	
	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3
1	0,25	0,20	0,23	0,19	0,21	0,17
1,2	0,30	0,25	0,27	0,23	0,25	0,21
1,5	0,35	0,30	0,32	0,28	0,29	0,26
2	0,42	0,38	0,39	0,35	0,35	0,32
2,5	0,46	0,42	0,43	0,39	0,39	0,36
3	0,49	0,46	0,45	0,42	0,42	0,39
4	0,54	0,50	0,49	0,47	0,45	0,43
5	0,56	0,53	0,52	0,50	0,48	0,46
6	0,58	0,56	0,54	0,52	0,49	0,48
8	0,61	0,59	0,56	0,54	0,51	0,50
10	0,62	0,60	0,57	0,56	0,53	0,52
			0,59	0,56	0,55	0,53
			0,57	0,54	0,53	0,51
			0,54	0,52	0,50	0,48
			0,49	0,47	0,45	0,43
			0,45	0,42	0,42	0,39
			0,43	0,40	0,39	0,37
			0,43	0,40	0,39	0,37
			0,39	0,36	0,36	0,34
			0,39	0,36	0,35	0,34
			0,32	0,32	0,32	0,30
			0,27	0,28	0,29	0,26
			0,27	0,23	0,25	0,23
			0,23	0,23	0,25	0,21
			0,23	0,19	0,21	0,17

Für zentral angeordnete Leuchten gilt:

1	0,27	0,22	0,19	0,26	0,23	0,19
1,2	0,32	0,27	0,24	0,29	0,27	0,24
1,5	0,39	0,34	0,31	0,36	0,33	0,30
2	0,47	0,43	0,40	0,43	0,40	0,38
			0,40	0,43	0,40	0,38
			0,34	0,36	0,33	0,30
			0,27	0,29	0,27	0,24
			0,22	0,26	0,23	0,21
			0,19	0,21	0,18	0,17

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand

Tabelle 8 Leuchtstofflampen in Leuchten mit hoher Wanne, Lichtverteilung „vorwiegend direkt“

Raumfaktor k	Deckenreflexion r_b 0,7		Deckenreflexion r_b 0,5		Deckenreflexion r_b 0,3	
	0,5	0,1	0,5	0,3	0,5	0,1
1	0,20	0,15	0,18	0,14	0,17	0,13
1,2	0,23	0,18	0,21	0,17	0,20	0,16
1,5	0,28	0,23	0,26	0,21	0,24	0,20
2	0,34	0,29	0,31	0,27	0,29	0,25
2,5	0,37	0,33	0,35	0,31	0,32	0,29
3	0,40	0,36	0,38	0,34	0,35	0,32
4	0,44	0,41	0,42	0,38	0,39	0,36
5	0,47	0,44	0,44	0,41	0,41	0,39
6	0,49	0,46	0,46	0,44	0,43	0,41
8	0,52	0,49	0,49	0,47	0,46	0,44
10	0,53	0,51	0,50	0,49	0,47	0,46

Für zentral angeordnete Leuchten gilt:

1	0,21	0,16	0,19	0,15	0,18	0,14
1,2	0,25	0,20	0,23	0,19	0,21	0,18
1,5	0,30	0,25	0,28	0,24	0,26	0,23
2	0,37	0,33	0,35	0,31	0,32	0,29

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand
 Tabelle 9 Leuchtstofflampen in Leuchten der Lichtverteilung „gleichförmig“, z. B. Lamellenleuchten,
 Leuchten mit Raster und Seitenscheiben, Faltglasleuchten usw.

Raumfaktor k	Deckenreflexion r_b 0,7		Deckenreflexion r_b 0,5		Deckenreflexion r_b 0,3	
	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3
1	0,25	0,20	0,22	0,18	0,19	0,15
1,2	0,30	0,24	0,26	0,21	0,22	0,18
1,5	0,35	0,30	0,30	0,26	0,26	0,23
2	0,42	0,37	0,36	0,33	0,31	0,28
2,5	0,47	0,42	0,40	0,37	0,34	0,32
3	0,50	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34
4	0,55	0,51	0,47	0,44	0,40	0,38
5	0,58	0,54	0,50	0,47	0,43	0,41
6	0,60	0,57	0,52	0,50	0,44	0,43
8	0,62	0,60	0,54	0,53	0,47	0,45
10	0,64	0,62	0,56	0,54	0,48	0,47

Raumfaktor k	Wandreflexion r_w		Wandreflexion r_w		Wandreflexion r_w	
	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3
1	0,17	0,15	0,15	0,13	0,15	0,13
1,2	0,21	0,18	0,18	0,16	0,18	0,16
1,5	0,26	0,23	0,23	0,20	0,23	0,20
2	0,33	0,29	0,29	0,26	0,28	0,26
2,5	0,38	0,34	0,34	0,32	0,32	0,29
3	0,42	0,37	0,37	0,34	0,34	0,32
4	0,48	0,42	0,42	0,38	0,38	0,36
5	0,51	0,45	0,45	0,41	0,41	0,39
6	0,54	0,48	0,48	0,44	0,44	0,41
8	0,58	0,51	0,51	0,47	0,47	0,44
10	0,60	0,53	0,53	0,48	0,48	0,44

Für zentral angeordnete Leuchten gilt:

1	0,23	0,19	0,16	0,14
1,2	0,27	0,23	0,20	0,18
1,5	0,33	0,29	0,26	0,23
2	0,40	0,36	0,34	0,30

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand

Tabelle 10 Leuchtstofflampen in Hohlkehlen bzw. Vouten

Raumfaktor k	Deckenreflexion $r_D 0,7$		Deckenreflexion $r_D 0,5$		Deckenreflexion $r_D 0,3$	
	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3
1	0,12	0,10	0,08	0,06	0,04	0,03
1,2	0,14	0,11	0,09	0,07	0,05	0,04
1,5	0,17	0,13	0,11	0,09	0,06	0,04
2	0,20	0,17	0,13	0,11	0,07	0,05
2,5	0,21	0,20	0,14	0,13	0,08	0,06
3	0,23	0,21	0,15	0,14	0,08	0,07
4	0,25	0,23	0,17	0,15	0,09	0,08
5	0,27	0,25	0,18	0,16	0,10	0,08
6	0,28	0,26	0,18	0,17	0,10	0,09
8	0,28	0,27	0,19	0,18	0,11	0,10
10	0,31	0,28	0,20	0,19	0,11	0,10

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand

Tabelle 11 Quecksilber-Hochdrucklampen mit Innenreflektor 250 W

Raumfaktor k	Deckenreflexion r_p 0,7		Deckenreflexion r_p 0,5		Deckenreflexion r_p 0,3	
	0,5	0,1	0,5	0,3	0,5	0,1
	Wandreflexion r_w		Wandreflexion r_w		Wandreflexion r_w	
	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
1	0,35	0,28	0,33	0,27	0,32	0,26
1,2	0,41	0,34	0,39	0,33	0,37	0,32
1,5	0,49	0,42	0,47	0,41	0,45	0,39
2	0,59	0,53	0,57	0,51	0,54	0,49
2,5	0,65	0,60	0,63	0,58	0,60	0,56
3	0,69	0,64	0,67	0,62	0,64	0,60
4	0,75	0,70	0,72	0,68	0,70	0,66
5	0,79	0,75	0,76	0,72	0,73	0,70
6	0,81	0,78	0,78	0,75	0,76	0,73
8	0,85	0,82	0,82	0,79	0,79	0,77
10	0,87	0,84	0,84	0,82	0,81	0,79

Für zentral angeordnete Leuchten gilt:

1	0,37	0,30	0,36	0,30	0,34	0,29	0,26
1,2	0,45	0,38	0,43	0,37	0,41	0,36	0,32
1,5	0,55	0,49	0,53	0,48	0,51	0,46	0,43
2	0,68	0,63	0,66	0,61	0,63	0,60	0,56

Werte mit Faktor 0,9 multiplizieren

Beleuchtungswirkungsgrade im Neuzustand
Tabelle 12 Quecksilber-Hochdrucklampen mit Innenreflektor 400 W

Raumfaktor k	Deckenreflexion r_D 0,7		Deckenreflexion r_D 0,5		Deckenreflexion r_D 0,3	
	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1
	Wandreflexion r_W		Wandreflexion r_W		Wandreflexion r_W	
	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
1	0,34	0,27	0,32	0,26	0,30	0,25
1,2	0,40	0,33	0,37	0,31	0,35	0,30
1,5	0,47	0,41	0,44	0,39	0,42	0,37
2	0,57	0,51	0,54	0,48	0,51	0,46
2,5	0,63	0,57	0,59	0,54	0,56	0,52
3	0,67	0,61	0,63	0,59	0,60	0,56
4	0,73	0,68	0,69	0,65	0,65	0,62
5	0,76	0,72	0,72	0,69	0,69	0,66
6	0,79	0,75	0,75	0,72	0,71	0,68
8	0,82	0,79	0,78	0,76	0,74	0,72
10	0,84	0,82	0,80	0,78	0,77	0,75

Für zentral angeordnete Leuchten gilt:

1	0,36	0,30	0,25	0,28	0,32	0,27
1,2	0,43	0,37	0,32	0,35	0,39	0,34
1,5	0,53	0,47	0,43	0,45	0,48	0,43
2	0,64	0,59	0,56	0,57	0,59	0,55

Werte mit Faktor 0,9 multiplizieren

22. WINKEL-TABELLE

α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$\cos^3 \alpha$	$\tan \alpha$	$\sin \alpha \cos^2 \alpha$
0	0,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000
1	0,017	1,000	1,000	1,000	0,017	0,017
2	0,035	0,999	0,999	0,998	0,035	0,035
3	0,052	0,999	0,997	0,996	0,052	0,052
4	0,070	0,998	0,995	0,993	0,070	0,070
5	0,087	0,996	0,992	0,989	0,087	0,086
6	0,105	0,995	0,989	0,984	0,105	0,104
7	0,122	0,993	0,985	0,978	0,123	0,120
8	0,139	0,990	0,981	0,971	0,141	0,136
9	0,156	0,988	0,976	0,964	0,158	0,152
10	0,174	0,985	0,970	0,955	0,176	0,168
11	0,191	0,964	0,946	0,194	0,194	0,184
12	0,208	0,978	0,957	0,936	0,213	0,199
13	0,225	0,974	0,949	0,925	0,231	0,214
14	0,242	0,970	0,941	0,913	0,248	0,228
15	0,259	0,966	0,933	0,901	0,268	0,242
16	0,276	0,961	0,925	0,888	0,287	0,256
17	0,292	0,956	0,916	0,875	0,306	0,268
18	0,309	0,951	0,905	0,860	0,325	0,280
19	0,326	0,946	0,894	0,845	0,344	0,291
20	0,342	0,940	0,883	0,830	0,364	0,302
21	0,358	0,934	0,871	0,814	0,284	0,312
22	0,375	0,927	0,860	0,797	0,404	0,322
23	0,391	0,921	0,847	0,780	0,424	0,331
24	0,407	0,914	0,834	0,762	0,445	0,339
25	0,423	0,906	0,821	0,744	0,466	0,347
26	0,438	0,899	0,808	0,726	0,488	0,354
27	0,454	0,891	0,794	0,707	0,510	0,360
28	0,469	0,883	0,782	0,688	0,532	0,366
29	0,485	0,875	0,765	0,669	0,554	0,371
30	0,500	0,866	0,750	0,650	0,577	0,375

Winkeltabelle (Fortsetzung)

α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$\tan \alpha$	$\sin \alpha \cos^2 \alpha$
31	0.515	0.857	0.735	0.630	0.601	0.378
32	0.530	0.848	0.719	0.610	0.625	0.381
33	0.545	0.839	0.703	0.590	0.649	0.383
34	0.559	0.829	0.687	0.570	0.675	0.384
35	0.574	0.819	0.671	0.550	0.700	0.385
36	0.588	0.809	0.655	0.530	0.727	0.385
37	0.602	0.799	0.638	0.509	0.754	0.384
38	0.616	0.788	0.621	0.489	0.781	0.382
39	0.629	0.777	0.604	0.469	0.810	0.380
40	0.643	0.766	0.587	0.450	0.839	0.377
41	0.656	0.755	0.570	0.430	0.869	0.374
42	0.669	0.743	0.552	0.410	0.900	0.369
43	0.682	0.731	0.535	0.391	0.933	0.364
44	0.695	0.719	0.517	0.372	0.966	0.359
45	0.707	0.707	0.500	0.354	1.000	0.353
46	0.719	0.695	0.483	0.335	1.04	0.347
47	0.731	0.682	0.465	0.317	1.07	0.340
48	0.743	0.669	0.448	0.300	1.11	0.333
49	0.755	0.656	0.431	0.292	1.15	0.325
50	0.766	0.643	0.413	0.266	1.19	0.318
51	0.777	0.629	0.296	0.249	1.24	0.308
52	0.788	0.616	0.379	0.233	1.28	0.299
53	0.799	0.602	0.362	0.218	1.33	0.290
54	0.809	0.588	0.346	0.203	1.38	0.280
55	0.819	0.574	0.329	0.189	1.43	0.270
56	0.829	0.559	0.313	0.175	1.48	0.260
57	0.839	0.545	0.297	0.162	1.54	0.249
58	0.848	0.530	0.281	0.149	1.60	0.238
59	0.857	0.515	0.265	0.137	1.66	0.227
60	0.866	0.500	0.250	0.125	1.73	0.216

Winkeltabelle (Fortsetzung)

α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$\tan \alpha$	$\sin \alpha \cos^2 \alpha$
61	0,875	0,485	0,235	0,114	1,80	0,205
62	0,883	0,469	0,220	0,103	1,88	0,194
63	0,891	0,454	0,206	0,094	1,96	0,183
64	0,899	0,438	0,192	0,084	2,05	0,172
65	0,906	0,423	0,179	0,076	2,15	0,162
66	0,914	0,407	0,165	0,067	2,25	0,151
67	0,921	0,391	0,153	0,060	2,36	0,141
68	0,927	0,375	0,140	0,053	2,48	0,130
69	0,934	0,358	0,129	0,046	2,61	0,120
70	0,940	0,342	0,117	0,040	2,75	0,110
71	0,945	0,326	0,106	0,035	2,90	0,100
72	0,951	0,309	0,096	0,030	3,08	0,091
73	0,956	0,292	0,086	0,025	3,27	0,082
74	0,961	0,276	0,076	0,021	3,49	0,073
75	0,966	0,259	0,067	0,017	3,73	0,065
76	0,970	0,242	0,059	0,014	4,01	0,057
77	0,974	0,225	0,051	0,011	4,33	0,050
78	0,978	0,208	0,043	0,0089	4,71	0,042
79	0,982	0,191	0,036	0,0069	5,15	0,035
80	0,985	0,174	0,030	0,0052	5,67	0,030
81	0,988	0,156	0,025	0,0038	6,31	0,025
82	0,990	0,139	0,019	0,0027	7,12	0,020
83	0,993	0,122	0,015	0,0018	8,14	0,015
84	0,995	0,105	0,011	0,0011	9,51	0,011
85	0,996	0,087	0,0076	0,0007	11,4	0,0076
86	0,998	0,070	0,0049	0,0003	14,3	0,0049
87	0,999	0,052	0,0027	0,0001	19,1	0,0027
88	0,999	0,035	0,0012	$4,2 \times 10^{-4}$	28,6	0,0012
89	1,000	0,017	0,0003	$5,2 \times 10^{-6}$	57,3	0,0003
90	1,000	0,000	0,000	0,000		0,000



Abb. 1

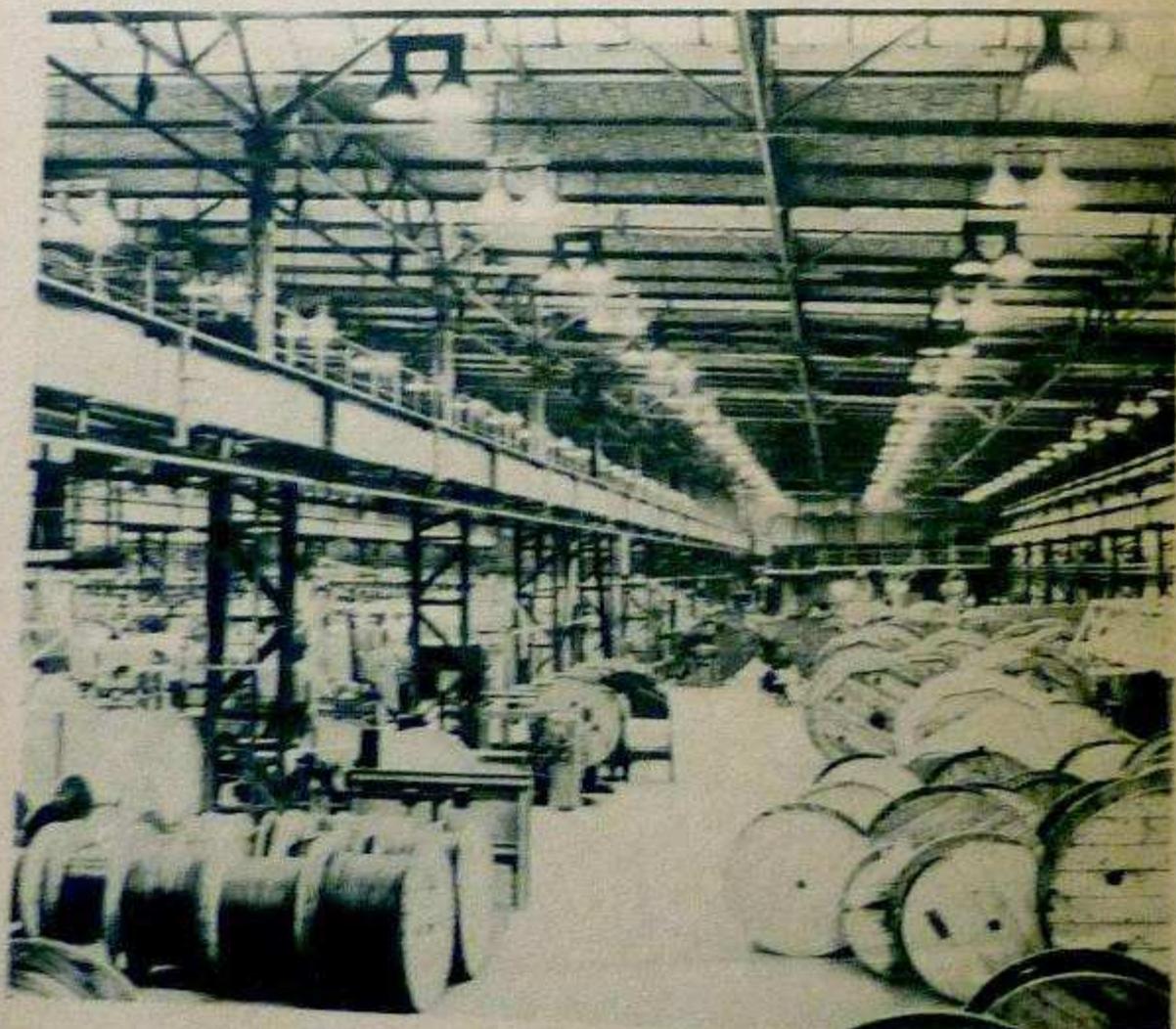


Abb. 2

23. ANWENDUNGSBEISPIELE



Abb. 1
Beleuchtung eines Zeichensaales mit Lamellenleuchten für Leuchtstofflampen 65 W

Abb. 2
Beleuchtung einer Fabrikationshalle für Kabel mit Hallentiefstrahlern für HQLG 400 und Glühlampen 500 W.
Gute Farbunterscheidungsmöglichkeit der farbigen Kabeladern

Abb. 3
Beleuchtung einer Spinnerei mit mehrlampigen Einbauleuchten

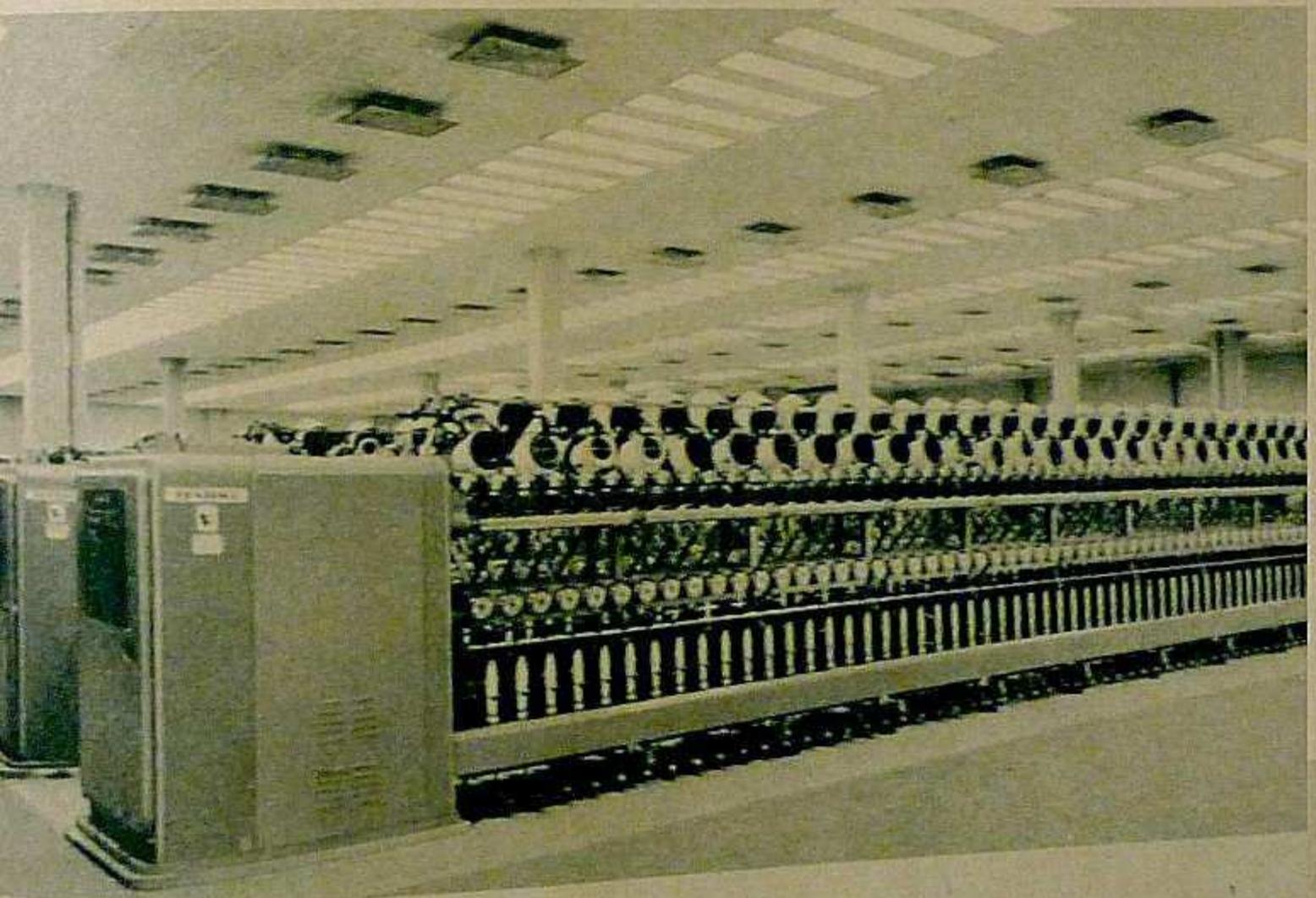


Abb. 3

Abb. 4



Abb. 4 -
Beleuchtung des Lebensmittel-
fachbaues des Konsument-
Warenhauses in Leipzig mit Ein-
bauleuchten für 3 Leuchtstoff-
lampen 20 W

Abb. 5
Erdgeschoß des Konsument-
Warenhauses in Leipzig. Beleuch-
tung dieses Warenhauses durch
freistrahlende Deckenleuchten für
Leuchtstofflampen 40 W

Abb. 6
Gute Ausleuchtung des Karl-Marx-
Platzes in Leipzig durch eine
Hochmastanordnung mit An-
satzleuchten an zwei- bzw.
fünfarmigen Auslegern

Abb. 7
Straßenbeleuchtung in Rostock
durch 2 Ansatzleuchten ein-
lampig 400 W

Abb. 8
Tagesaufnahme der Hochmast-
anordnung in Leipzig am Karl-
Marx-Platz



Abb. 5

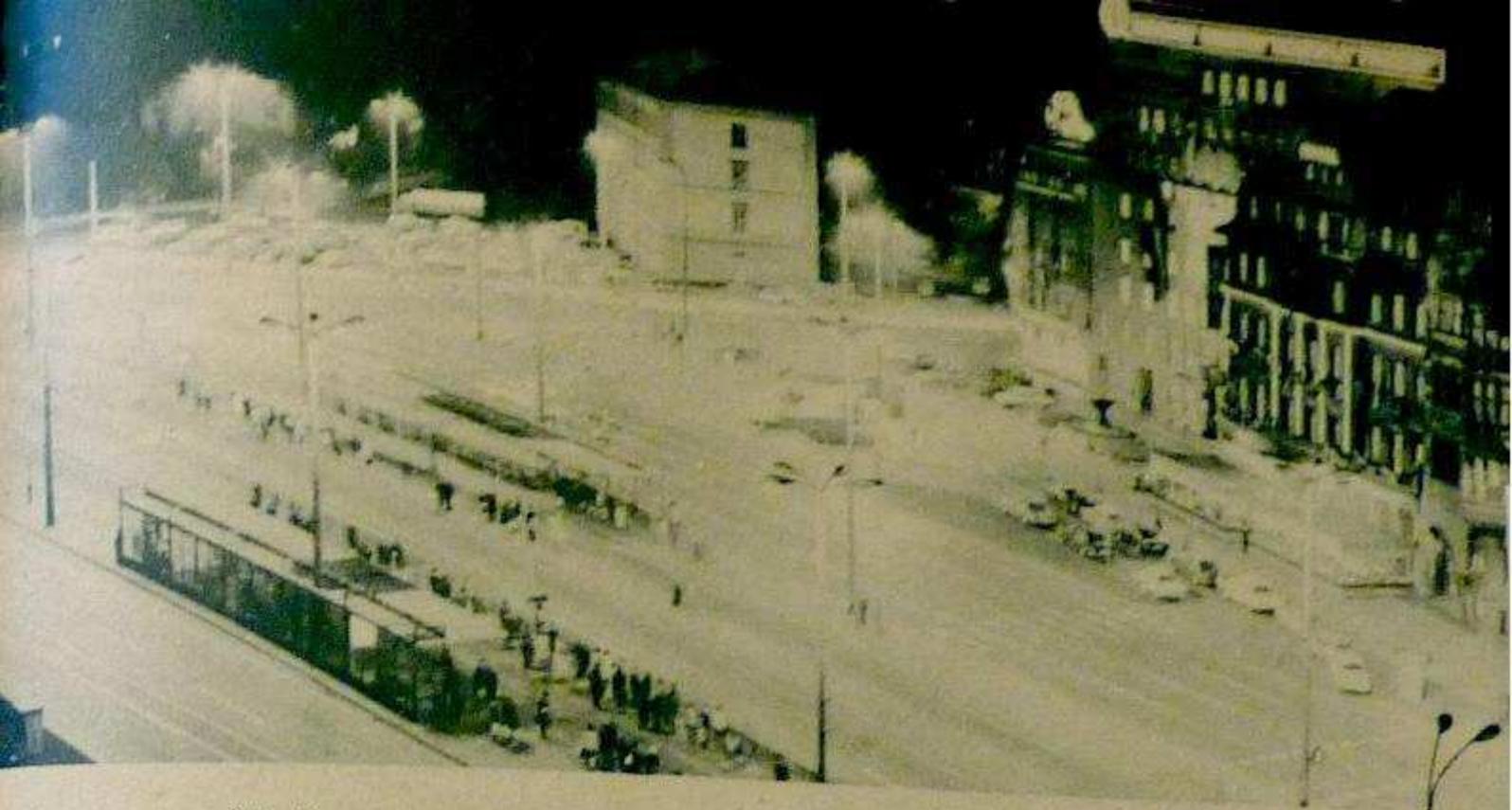


Abb. 6



Abb. 7



Abb. 8

24. LITERATURVERZEICHNIS

- Amlong, U. J.; Heller, J.:
Entwicklungstendenzen bei Hochdruckentladungslampen
Elektrie 9/1966
- Amlong, U. J.; Krzeniessa, S.:
Einige Bemerkungen zur Zündung von Leuchtstofflampen
Elektro-Praktiker 7/1963
- Baer, R.:
Beleuchtung von Sportstadien
Elektro-Praktiker 1/1965
- Bätz, H.:
Optimale Beleuchtung für seh-schwache Kinder
Lichttechnik 9/1964
Beleuchtung für Fußball, Handball und Rugby
Lichttechnik 9/1967
Beleuchtung von Gymnastik-, Turn- und Sporthallen mit künstlichem Licht
Lichttechnik 4/1967
Beleuchtung für Tennis
Lichttechnik 1/1968
- Boereboom, A.:
Internationale Empfehlungen für die Beleuchtung öffentlicher Verkehrswege
Lichttechnik 8/1964
- Dodillet, H.-J.:
Der Maximalwert des phytophotometrischen Strahlungsäquivalents
Lichttechnik 11/1961
- Elenbaas:
Leuchtstofflampen und ihre Anwendung
Philips Technische Bibliothek
- Elenbaas:
Quecksilberdampf-Hochdrucklampen
Philips Technische Bibliothek
- Enderlein, M.:
Der Einfluß der künstlichen Beleuchtung auf die Arbeitsleistung des Menschen
Energie 1/1959
- Favié u. a.:
Praxis der Beleuchtung
Philips Technische Bibliothek
- Fischer, D.:
Lichtverluste während des Betriebes
ETZ-B 9/1953
- Gloor, H.:
Beleuchtung verkehrsreicher Straßen
Bull. SEV 6/1966
- Hieronymus, W.:
Instandhaltung von Beleuchtungsanlagen als Wirtschaftlichkeitsfaktor, unter besonderer Berücksichtigung der Leuchtstofflampen-Anlagen
Elektro-Post 2/1955
- Jansen, J.:
Beleuchtungstechnik
Philips Technische Bibliothek
- Khek, J.:
Der Einfluß auf die Arbeitsproduktivität
Elektro-Praktiker 6/1968
- Kirchner, E.:
Wartung von Beleuchtungsanlagen mit Leuchtstofflampen
Siemens-Zeitschrift 6/1952
- Kirchner, S.:
Aufgehellte Straßenbeläge in Stadtstraßen und ihre Leuchtdichtecharakteristiken
Elektrie 5/1968
- Kirchner, S.:
Die Forderungen des Straßenverkehrs bezüglich der Beleuchtung von Verkehrswegen aus internationaler Sicht
Elektro-Praktiker 2/1965

- Kirchner, S.:
Straßenbeleuchtung und ihre
Grenzgebiete
Elektro-Praktiker 3/1965
- Krause-Liebscher, J.:
Beleuchtung, Sehen und Arbeits-
fähigkeit des Menschen
Elektropraktiker 3 und 4/1967
- Neß, E.:
Künstliche Beleuchtung in der
Landwirtschaft
Elektro-Praktiker 11/1968
- Nagel, M.:
Probleme der Wartung von Be-
leuchtungsanlagen
Elektro-Praktiker 3/1967
- Riemann, E.:
Prinzipien der Beleuchtung von
Arbeitsplätzen im Freien
Elektro-Praktiker 4/1967
- Riemenschneider:
Lichttechnik
Schrift der Fa. Novelectric
Buchs/Schweiz
- Schneider, L.:
Optimale Beleuchtungsstärken für
die Arbeit
Lichttechnik 6 und 7/1963
- Schmidt, K. P. R.; Schubert, H.:
Entscheidende Verbesserung der
Straßenbeleuchtung
Mitteilung des VEB Leuchtenbau
Leipzig
- Schnor, R.:
Erläuterungen zum Standard
TGL 200-0617 Bl. 7 „Beleuch-
tung mit künstlichem Licht,
Innenraumbeleuchtung“
Teil I und II
Elektro-Praktiker 8 und 9/1968
- Schnor, R.:
Lichtquellen für die Straßen-
beleuchtung
Elektro-Praktiker 5/1968
- Schnor, R.:
Wartung von Beleuchtungsanlagen
nach TGL 200-0617
Energieanwendung 7/1967
- Steck, B.:
Probleme der Beleuchtung in
Büro-Großräumen
Haus der Technik, Heft 58
- Ströbel, D.:
Bürobeleuchtung
Baumeister 5 und 6/1961
- Sturm, C.-H.:
Lebensdauer der Vorschaltgeräte
für Leuchtstofflampen bei Netz-
überspannungen
Lichttechnik 5/1966
- Sturm, C.-H.:
Vorschaltgeräte und Schaltungen
für Niederspannungs-Entladungs-
lampen
4. Auflage
Girardet-Verlag
- Tröger, H.:
Zur Notbeleuchtung und zum
gegenwärtigen Stand der Vor-
schriften
Elektro-Praktiker 5/1968
- Wittig, E.:
Über die Abnahme der Beleuch-
tungsstärke in Innenräumen im
Laufe der Betriebszeit
Lichttechnik 4/1957
- Wittig, E.:
Die Lichtstromabnahme in Innen-
beleuchtungsanlagen
Siemens-Zeitschrift 7/1962
- Witzig, H.-J.:
Probleme der Voutenbeleuchtung
Elektrizität 9/1959
VEM-Handbuch
Beleuchtungstechnik
VEB Verlag Technik Berlin

- TGL 8624 – Leuchtstofflampen
- TGL 9563 – Quecksilber-Hochdrucklampen
- TGL 70-43 – Glimmstarter für Leuchtstofflampen
- TGL 200-0617
Bl. 1 bis 9 – Beleuchtung mit künstlichem Licht
- TGL 4229 – Induktive Vorschaltgeräte (Drosseln)
für Leuchtstofflampen
- TGL 200-1596 – Induktive Vorschaltgeräte (Drosseln)
für Quecksilber-Hochdrucklampen

Redaktionsschluß 2. 1. 1969

VEB NARVA

Kombinat der Volkseigenen Lichtquellenindustrie

B E R L I N E R G L Ü H L A M P E N W E R K
1017 Berlin



VEB NARVA

Kombinat der Volkseigenen Lichtquellenindustrie

BERLINER GLÜHLAMPENWERK

1017 Berlin

Ehrenbergstraße 11-14

Telefon 58 08 61 · Telex-Nr. 011-2738

Exporteur:

Elektrotechnik

EXPORT-IMPORT

VOLKSEIGENER AUSSENHANDELSBETRIEB DER
DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK-
DDR 102 BERLIN-ALEXANDERPLATZ
HAUS DER ELEKTROINDUSTRIE

Herstellung: M. Schwarz

ODW II 20 8 Ag 27 898 70

Schutzgebühr M 7,-

