

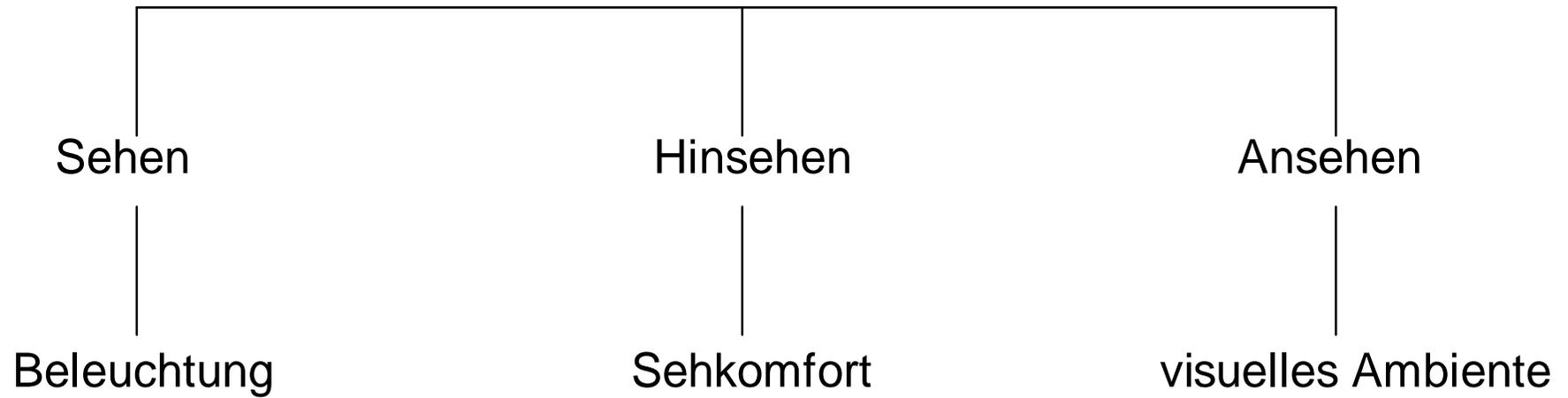
Lichttechnik SS 2002
Grundlagen der Technischen Gebäudeausrüstung
Materialien zur Vorlesung und Übung



Quelle: 30 Jahre Elektrogemeinschaft EVS, Stuttgart 1979

- Ris, Hans R.: Beleuchtungstechnik für Praktiker. Berlin, Offenbach: VDE- Verlag, 1997
- Ganslandt; Hofmann: Handbuch der Lichtplanung. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg und Sohn Verlagsgesellschaft, 1992
- IMPULS Programm Hessen: Qualifikationsprogramm Rationelle Stromnutzung und Niedrigenergiebauweise. CD-ROM und Seminardokumentation. Darmstadt, 1999 [www.impulsprogramm.de]
- Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL): Schriftenreihe Informationen zur Lichtanwendung. Darmstadt [www.licht.de]
- DIN 5035: Beleuchtung mit künstlichem Licht
- Arbeitstättenverordnung (ArbStättV) §7 Beleuchtung; dazu: Arbeitstätten-Richtlinien ASR 7

Licht



Licht zum Sehen

- orientiert sich an der Sehaufgabe
- bezieht sich auf den Arbeitsbereich
- ist in Normen und Empfehlungen festgelegt

Licht zum Hinsehen

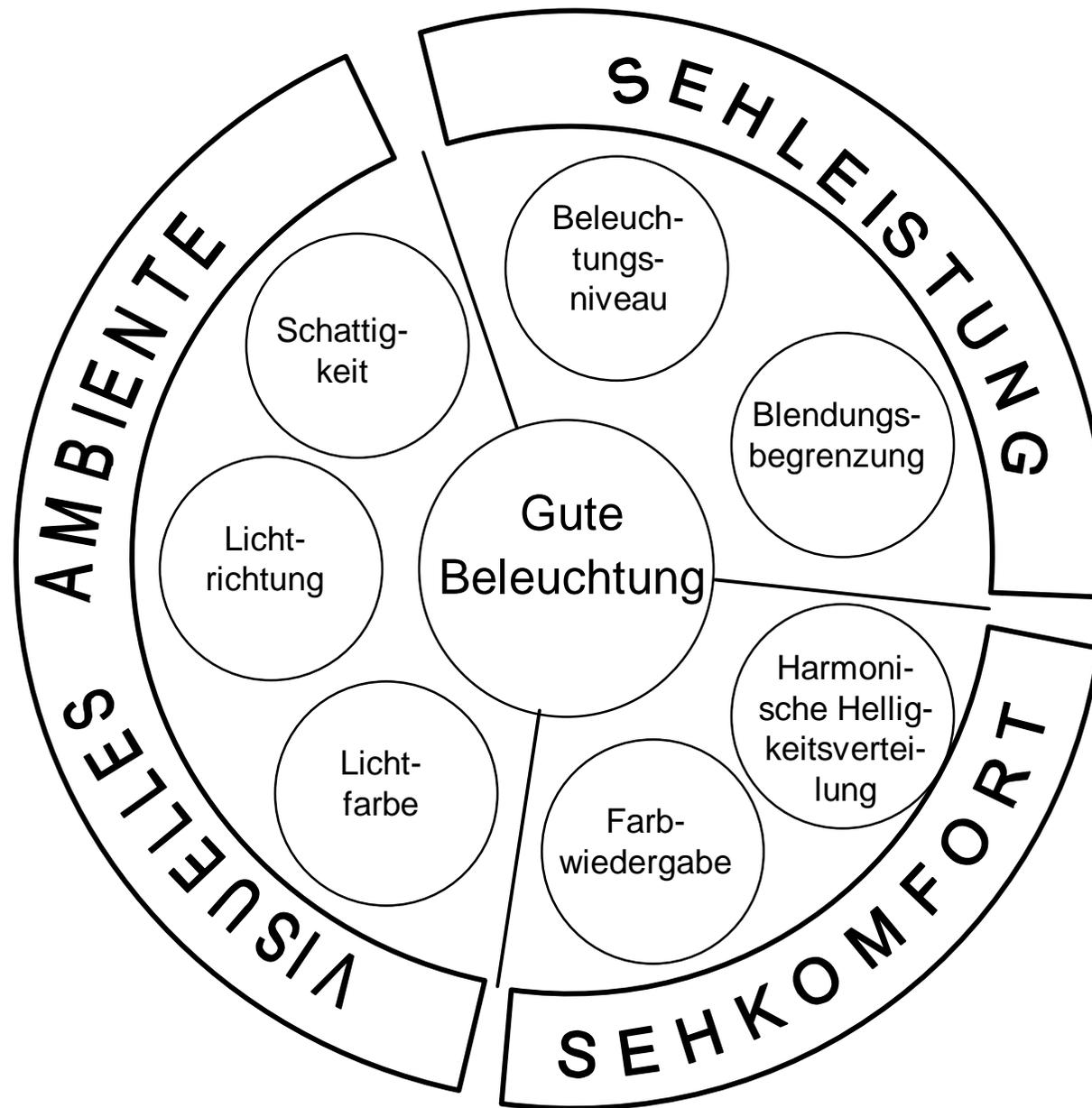
- orientiert sich an visuellen Bedürfnissen
- Ausblick aus dem Fenster
- Raumwahrnehmung und Orientierung
- Kommunikation

Licht zum Ansehen

- Beleuchtung zur Interpretation von Architektur
- Leuchten als Architekturdetails
- Beleuchtung als Raumdekor

Funktionale
Beleuchtung

Architektonische
Beleuchtung



nach: Schriftenreihe der Fördergemeinschaft Gutes Licht Nr.6, 2001

SEHLEISTUNG

Als entsprechendes Gütemerkmal bestimmt

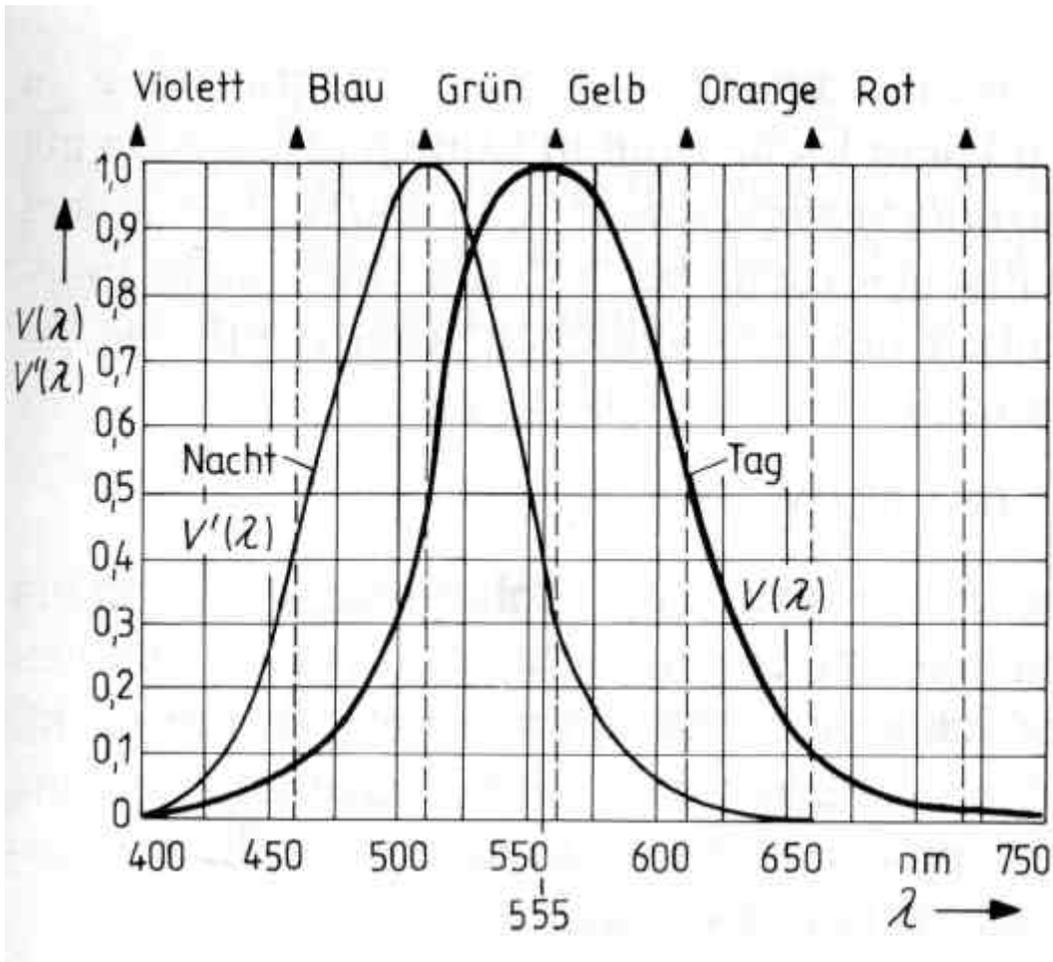
das **Beleuchtungsniveau**

die Helligkeit.

die **Blendungsbegrenzung**

das störungsfreie Sehen ohne Direkt- oder Reflexblendung.

nach: Schriftenreihe der Fördergemeinschaft Gutes Licht Nr.6, 2001



Tagessehen :

photopisches Sehen

Farben deutlich
wahrnehmbar

max. Hellempfindlichkeit
555nm (gelbgrün)

Nachtsehen:

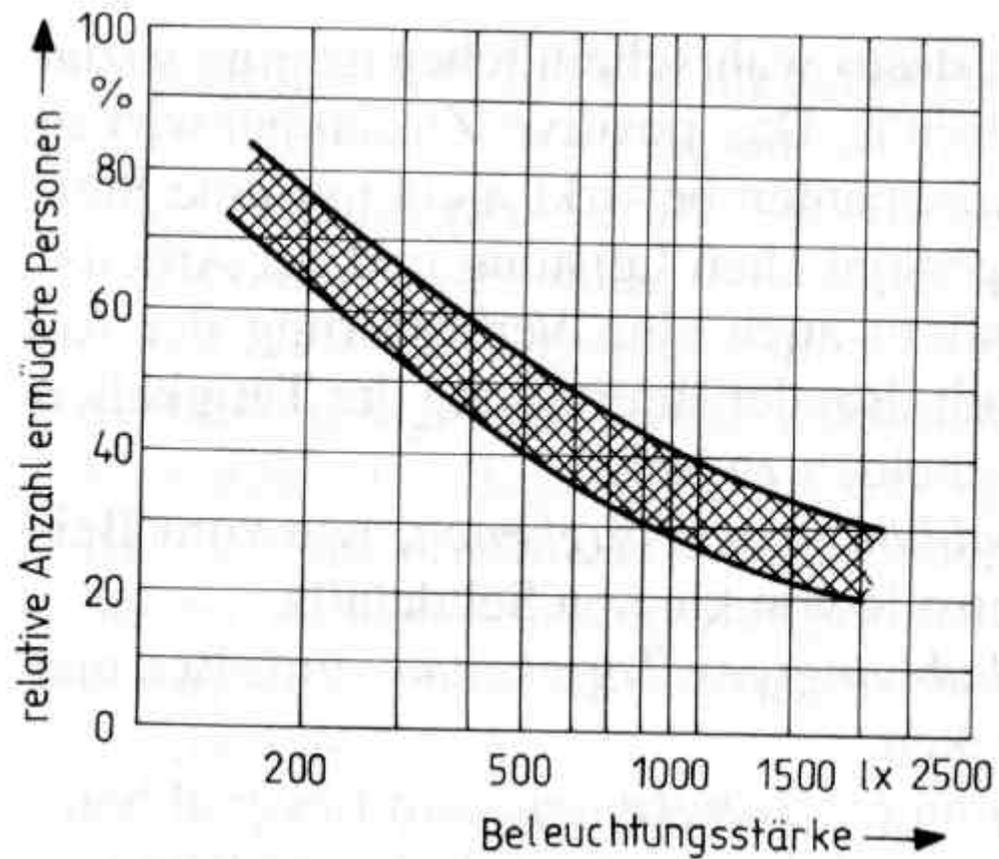
scotopisches Sehen

Farben nicht mehr
deutlich wahrnehmbar

max. Hellempfindlichkeit
507nm (blau-grün)

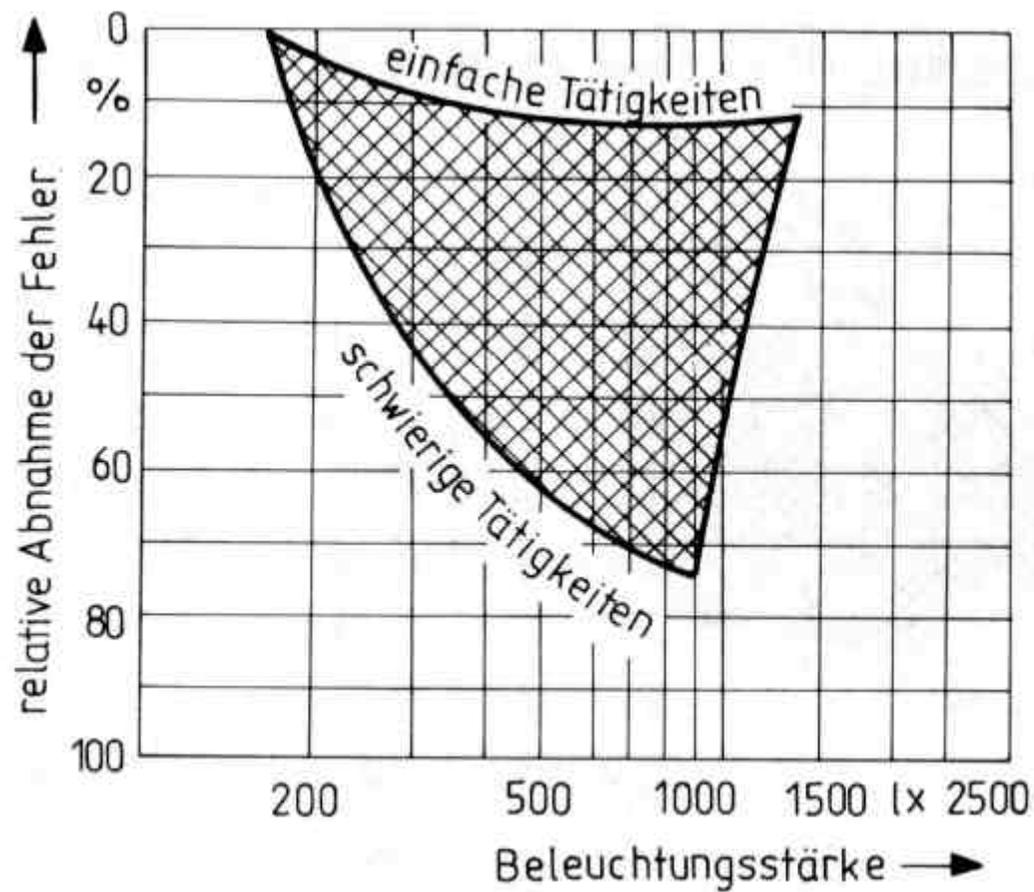
Spektrale Hellempfindlichkeit $V(\lambda)$ des menschlichen Auges nach CIE als Funktion der Wellenlänge?

aus: Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997



Relative Abnahme der Ermüdung als Funktion der Beleuchtungsstärke E.

aus: Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997



Relative Abnahme der Fehlerrate als Funktion der Beleuchtungsstärke E.

aus: Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997

SEHKOMFORT

Als entsprechendes Gütemerkmal bestimmt

die **Harmonische Helligkeitsverteilung** das ausgewogene Verhältnis der Leuchtdichten.

der **Farbwiedergabe** das fehlerfreie Erkennen und Unterscheiden von Farben, sowie die Raumstimmung.

nach: Schriftenreihe der Fördergemeinschaft Gutes Licht Nr.6, 2001

VISUELLES AMBIENTE

Als entsprechendes Gütemerkmal bestimmt

die **Lichtfarbe**

das Aussehen der Lampen und in Verbindung mit der Farbwiedergabe das fehlerfreie Erkennen und Unterscheiden von Farben, sowie die Raumstimmung

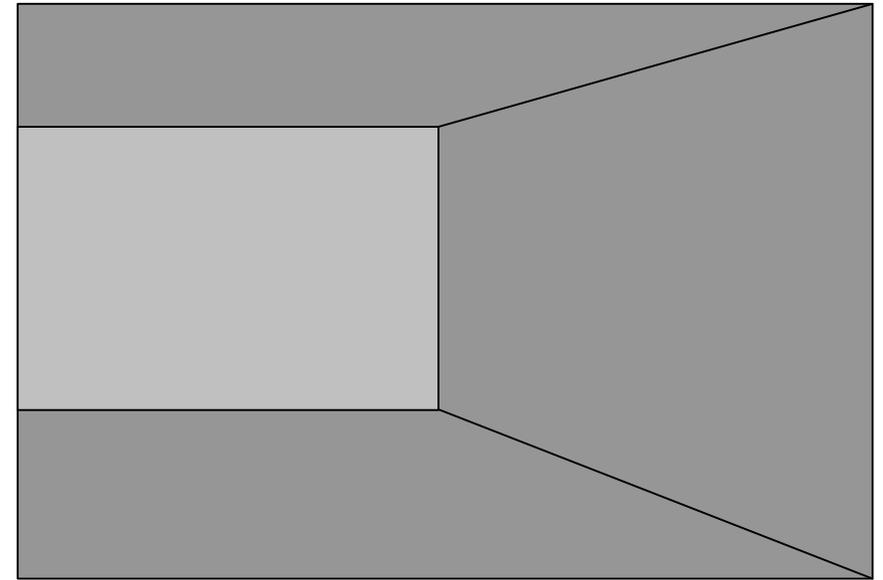
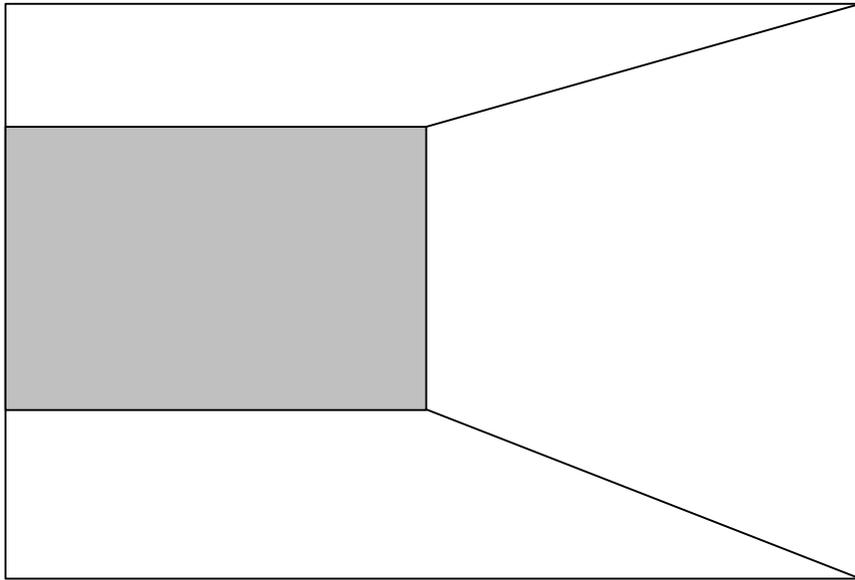
die **Lichtrichtung**

sowie

die **Schattigkeit**

das Erkennen von Körperlichkeit und Oberflächenstrukturen.

nach: Schriftenreihe der Fördergemeinschaft Gutes Licht Nr.6, 2001



Die Wahrnehmung der Helligkeit des grauen Feldes hängt von der Umgebung ab.
Bei hellem Umgebung wirkt das graue Feld dunkler als bei dunklem Umfeld.

aus:Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

Von der Schwierigkeit der Sehaufgabe hängen die Anforderungen an die Güte der Beleuchtung ab, insbesondere auch an das Beleuchtungsniveau.

Die Sehaufgabe ist desto schwieriger, je geringer der Kontrast ist, je kleiner das Sehobjekt ist und je schneller das Sehobjekt wahrgenommen werden muß.

So ist eine schwarze Schrift auf weißem Papier leichter lesbar als eine gleiche Schrift auf grauem Grund. Mit höherem Beleuchtungsniveau kann man nachhelfen.

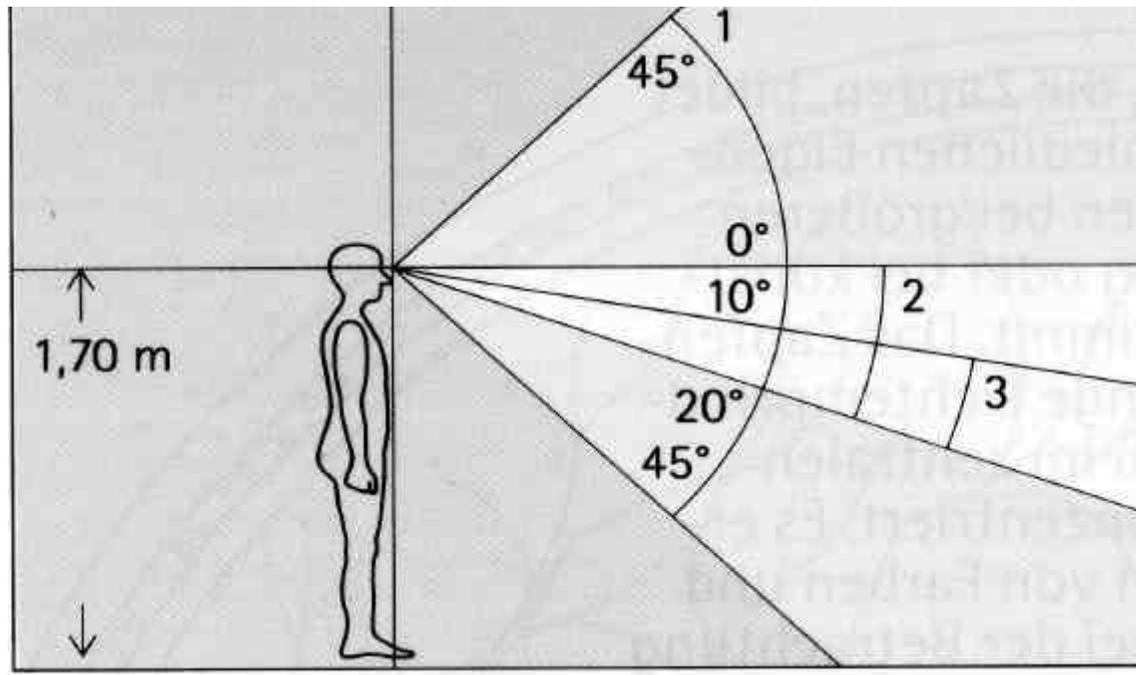
Von der Schwierigkeit der Sehaufgabe hängen die Anforderungen an die Güte der Beleuchtung ab, insbesondere auch an das Beleuchtungsniveau.

Die Sehaufgabe ist desto schwieriger, je geringer der Kontrast ist, je kleiner das Sehobjekt ist und je schneller das Sehobjekt wahrgenommen werden muß.

So ist eine schwarze Schrift auf weißem Papier leichter lesbar als eine gleiche Schrift auf grauem Grund. Mit höherem Beleuchtungsniveau kann man nachhelfen.

aus: RWE Energie Bau- Handbuch, 1994

Stehender Mensch bei vertikalen Sehaufgaben



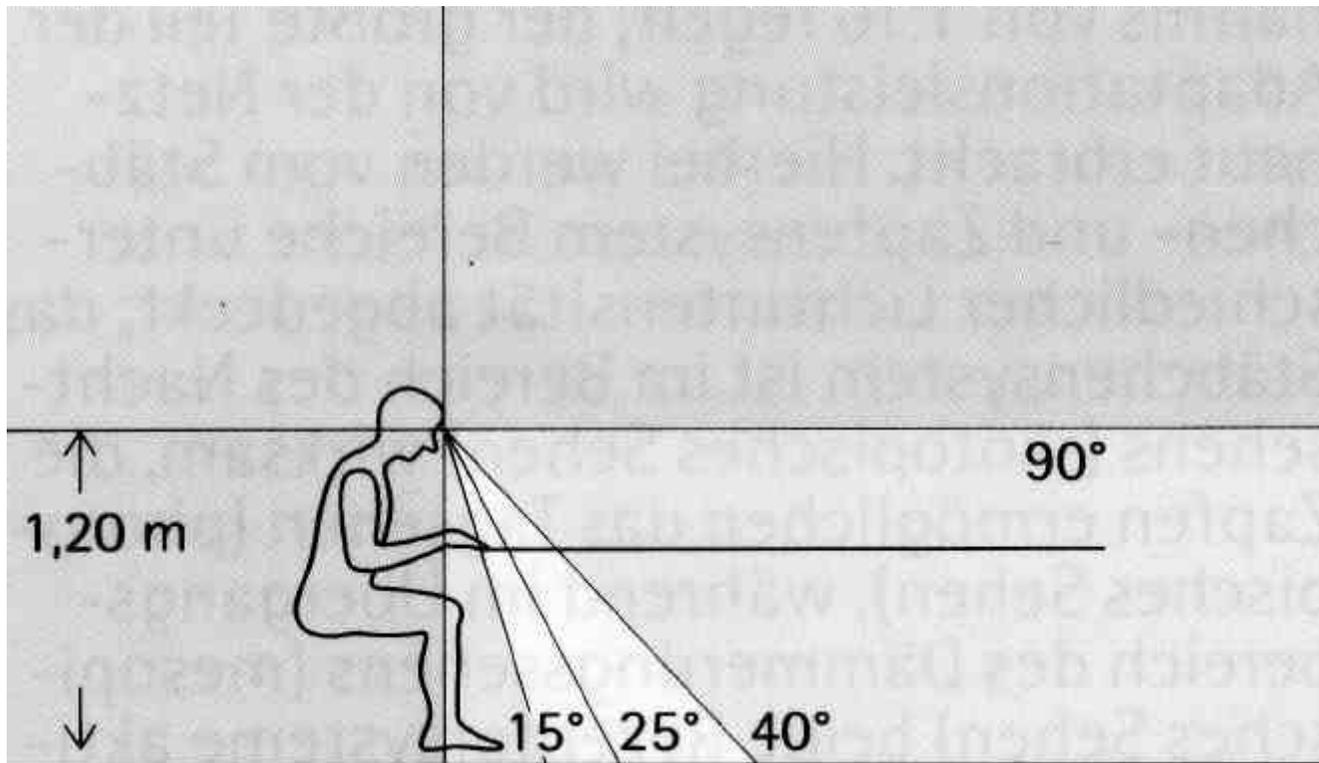
1 Sehraum

2 bevorzugter Sehraum

3 optimaler Blickbereich

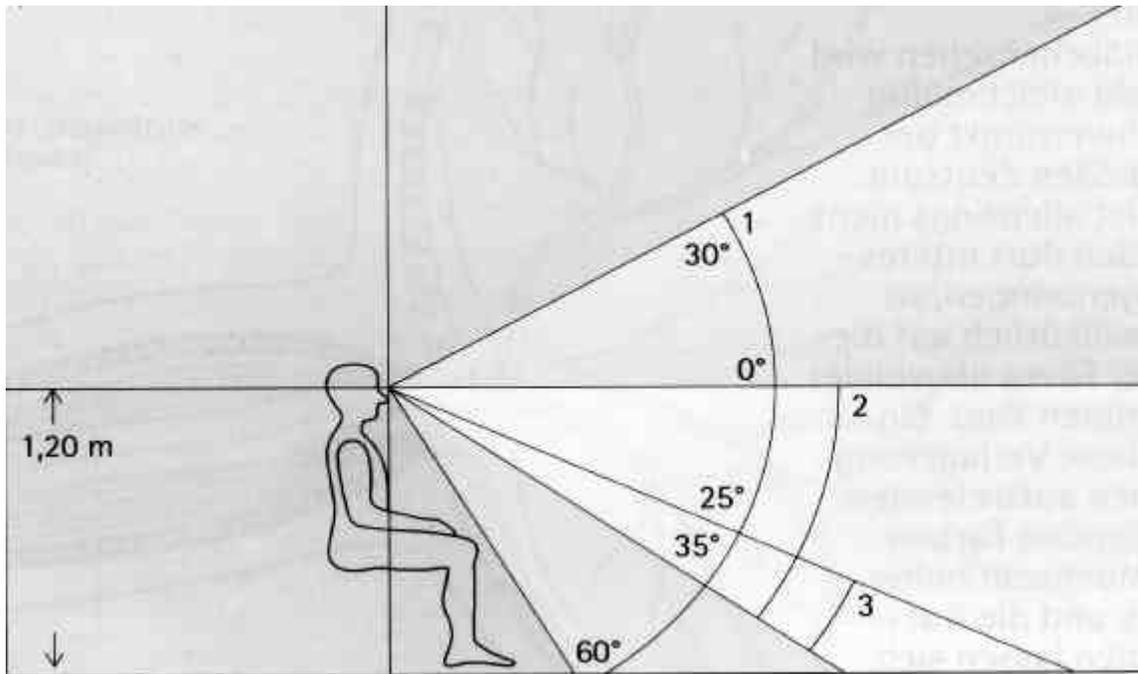
aus: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

Bevorzugter Blickbereich bei horizontalen Sehaufgaben



aus: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

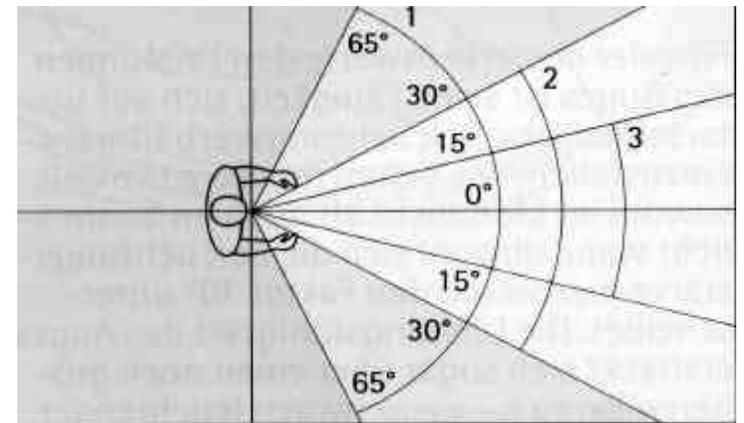
Sitzender Mensch bei vertikalen Sehaufgaben



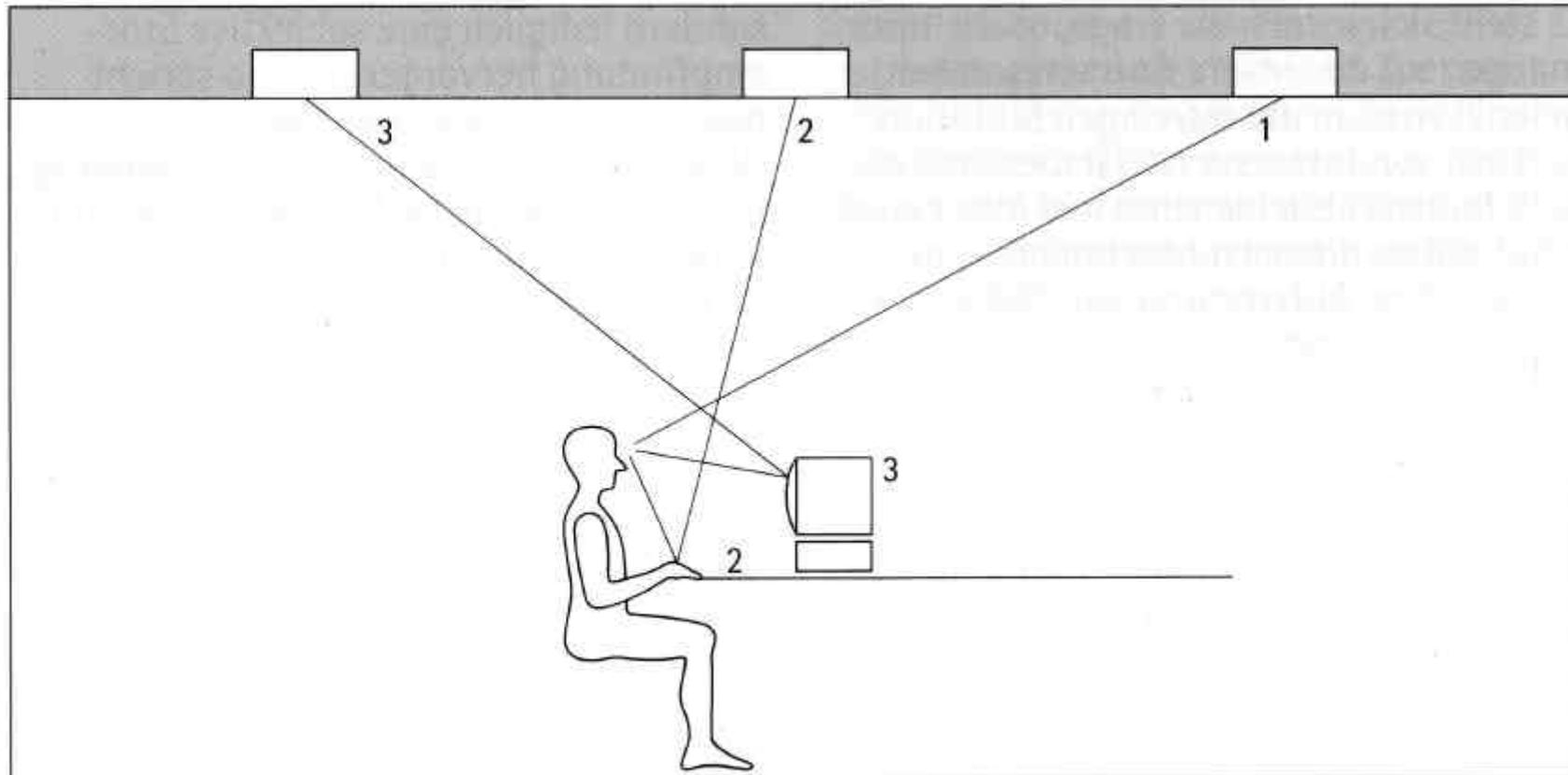
1 Sehraum

2 bevorzugter Sehraum

3 optimaler Blickbereich



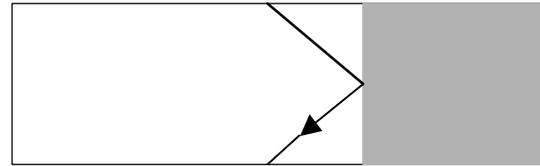
aus: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992



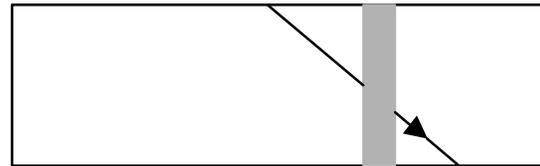
- 1 Direktblendung
- 2 Reflexblendung an horizontalen Oberflächen
- 3 Reflexblendung an vertikalen Oberflächen

nach: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

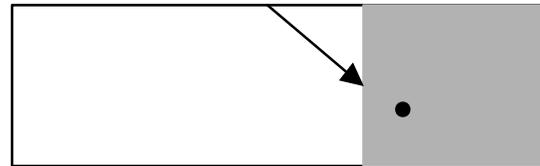
Reflexion



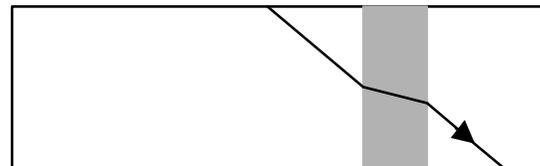
Transmission



Absorption



Brechung



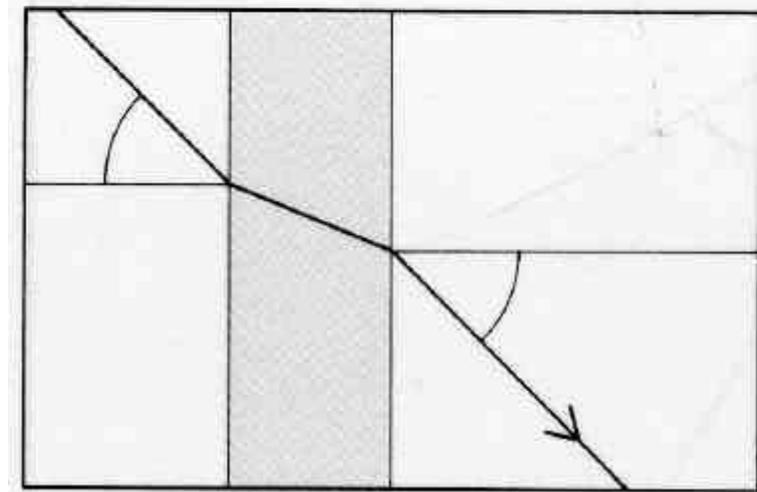
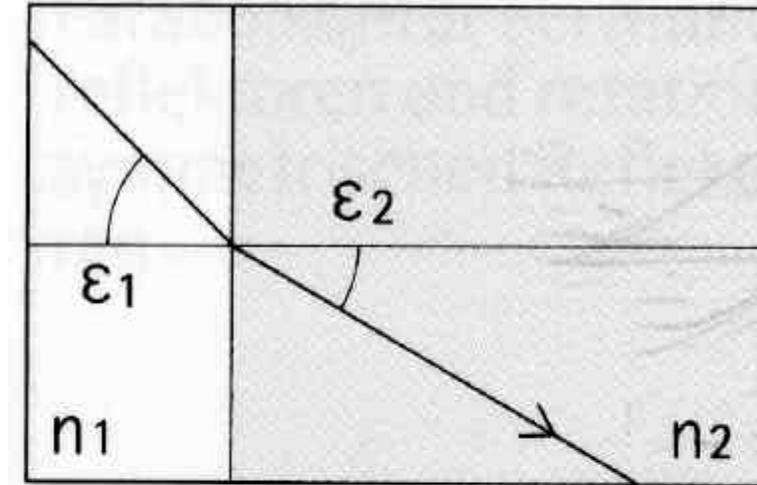
Interferenz

nach:Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

Beim Übergang in ein Medium größerer Dichte werden Lichtstrahlen zum Einfallslot hin abgelenkt. ($\epsilon_1 > \epsilon_2$).

n: Brechungsindex

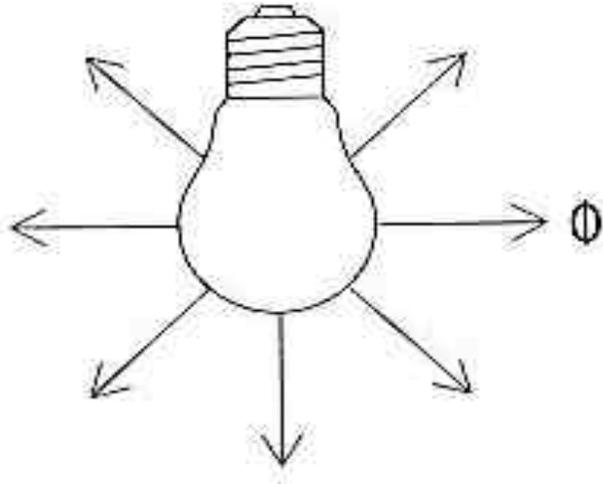
$$\frac{\sin \epsilon_1}{\sin \epsilon_2} = \frac{n_2}{n_1}$$



Beim Durchgang durch ein Medium anderer Dichte werden Lichtstrahlen parallel versetzt.

nach: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

Der Lichtstrom Φ beschreibt die gesamte von einer Lichtquelle abgegebene Lichtleistung.



$$[\Phi] = \text{Lumen (lm)}$$

Sie berechnet sich aus der spektralen Sehleistung durch die Bewertung mit der spektralen Hellempfindlichkeit $V(\lambda)$ des Auges.

1 Watt erzeugt einen Lichtstrom von 683 lm (abgegeben im Maximum der spektralen Augenempfindlichkeit, photopisch 555nm).

aus: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

Lichtquelle	Lichtstrom Φ
Glühlampe 100 W	1400 lm
Leuchtstofflampe 36 W	3200 lm
Halogen- Metall dampflampe 250 W	20000 lm
Natrium- Hochdrucklampe 250 W	25000 lm

aus: Schmid, Nipkow et al., Bau und Energie Band 5, 2000

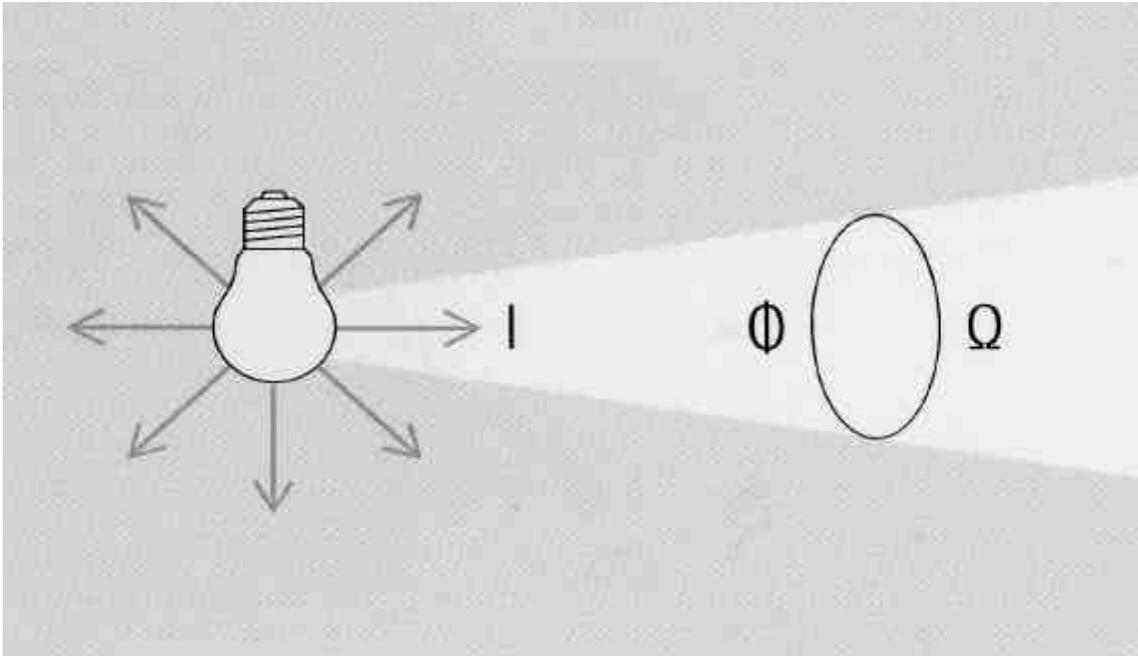
Die Lichtausbeute η in dient als Maß für den Wirkungsgrad einer Lichtquelle. Sie gibt an, wieviel Lichtstrom die Lichtquelle aus 1 Watt zugeführter elektrischer Energie erzeugt.

$$\eta = \frac{\Phi}{P_{el}} \quad [\eta] = \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

Das photometrisch größtmögliche Strahlungsäquivalent für Tagessehen ist die theoretisch größtmögliche Lichtausbeute. Sie beträgt 683 lm/W. Dazu müßte die gesamte zugeführte elektrische Energie in Strahlung der Wellenlänge 555 nm umgewandelt werden (monochromatisch gelbgrün; für allgemeine Beleuchtung also unbrauchbar).

Bei den üblichen, aus vielen Wellenlängen zusammengesetzten Lichtarten reichen die theoretischen Lichtausbeuten von 154 lm/W für Normglühlampenlicht bis etwa 240 lm/W für zenitales Tageslicht.

aus: Schmid, Nipkow et al., Bau und Energie Band 5, 2000



Die Lichtstärke I ist der Lichtstromanteil F pro Raumwinkel Ω . Sie beschreibt die räumliche Verteilung des Lichtstroms.

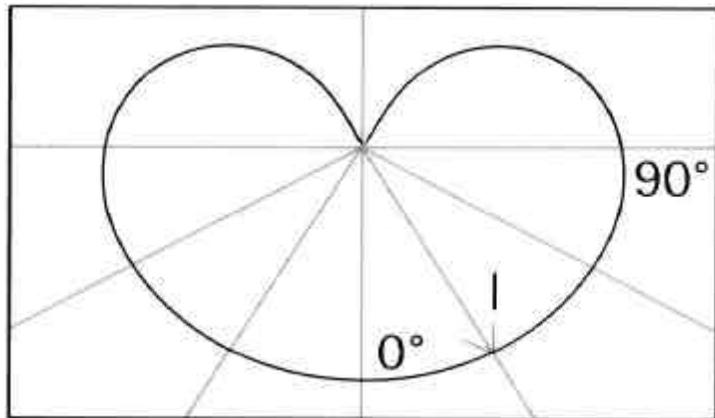
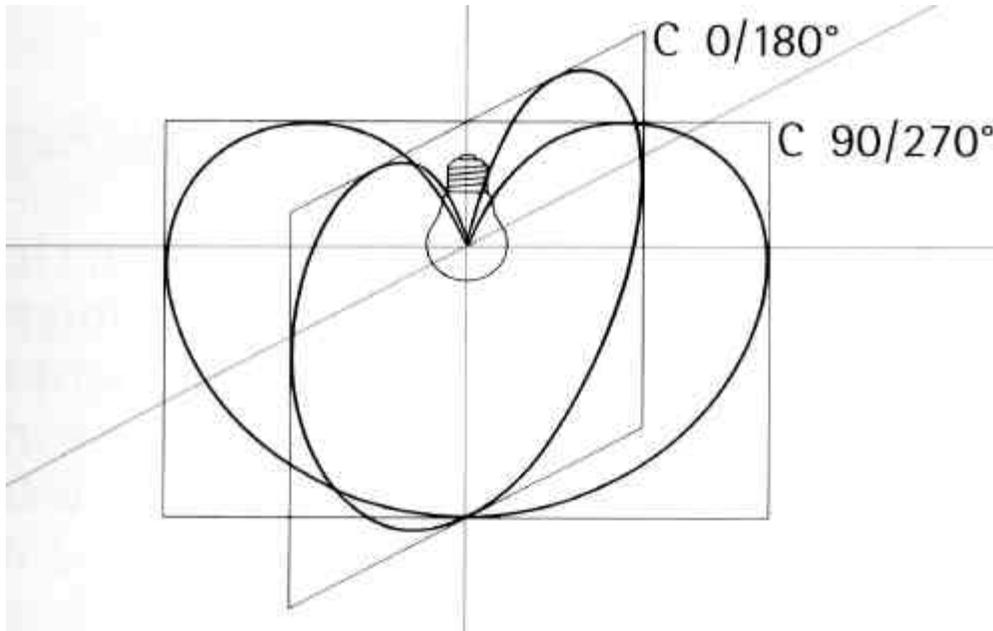
$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

$$I = \frac{\text{lm}}{\text{sr}} = \text{Candela (cd)}$$

(ein Raumwinkel von 1 sr entspricht einer Fläche von 1m^2 auf einer Kugel mit Radius 1m)

candela (span.): Kerze

aus: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992



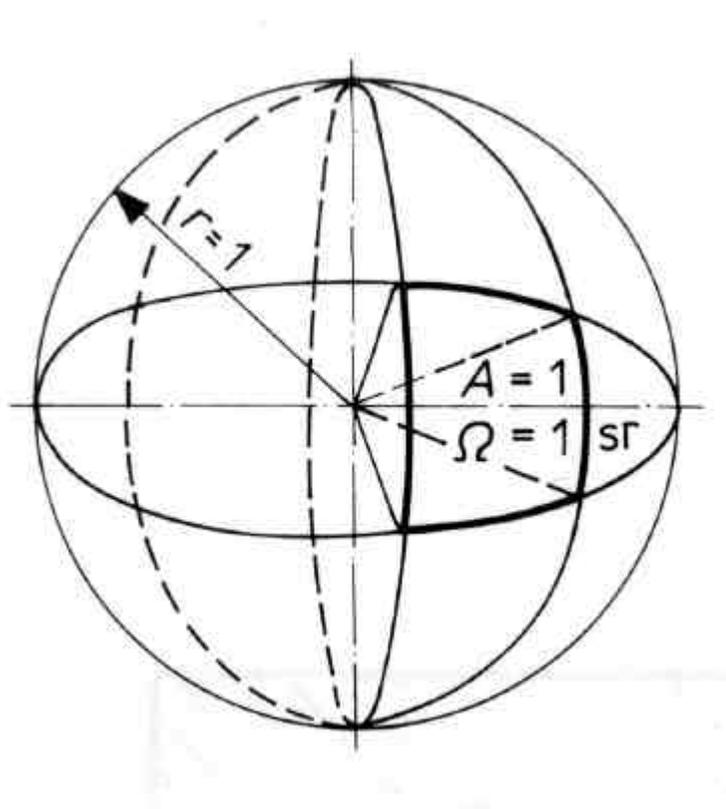
Die räumliche Verteilung der Lichtstärke einer Lichtquelle ergibt einen dreidimensionalen Lichtstärkeverteilungskörper als Graph.

Der Schnitt durch diesen Lichtstärkekörper ergibt die Lichtstärkeverteilungskurve.

Für den direkten Vergleich verschiedener Leuchten werden die Angaben auf 1000 lm Lichtstrom bezogen.

Bei rotationssymmetrischen Leuchten reicht eine Kurve zur Beschreibung, bei achsensymmetrischen Leuchten werden zwei benötigt.

aus: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992



Der Raumwinkel Ω [sr] ist das Verhältnis einer beliebig umgrenzten Fläche auf der Kugeloberfläche zum Quadrat des Kugelradius:

$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

$$[\Omega] = \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2} = \text{Steradian (sr)}$$

Mit ihm kann die Größe eines kegel- oder pyramidenförmigen Raums, der aus einer Kugel herausgeschnitten wird, bestimmt werden.

aus: Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997

$$\text{Raumwinkel } \Omega = \frac{A}{r^2}$$

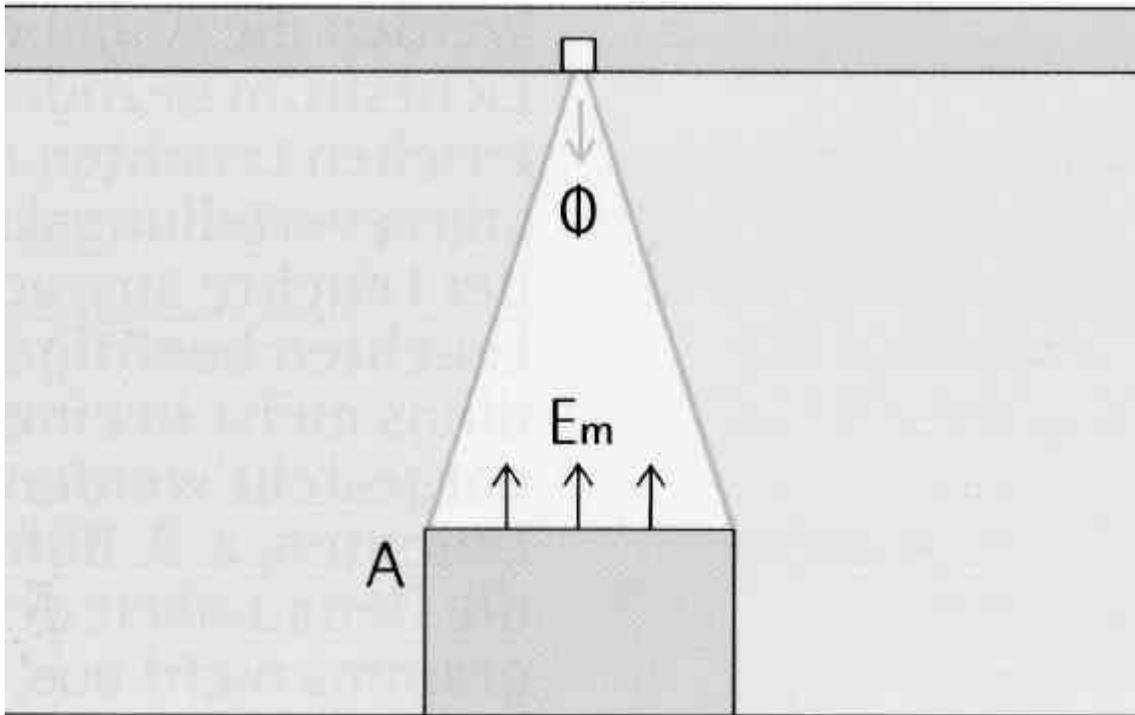
mit :

A Kugeloberfläche in m^2

r Radius in m

$$\text{Kugeloberfläche } A = 4\pi \cdot r^2$$

$$\rightarrow \Omega_{\text{Kugel gesamt}} = \frac{4\pi \cdot r^2}{r^2} = 4\pi \text{sr} = 12,56 \text{sr}$$



Die Beleuchtungsstärke E ist ein Maß für die Lichtstromdichte.

Definiert als das Verhältnis des auf eine Fläche A fallenden Lichtstroms Φ zur Größe dieser Fläche A .

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

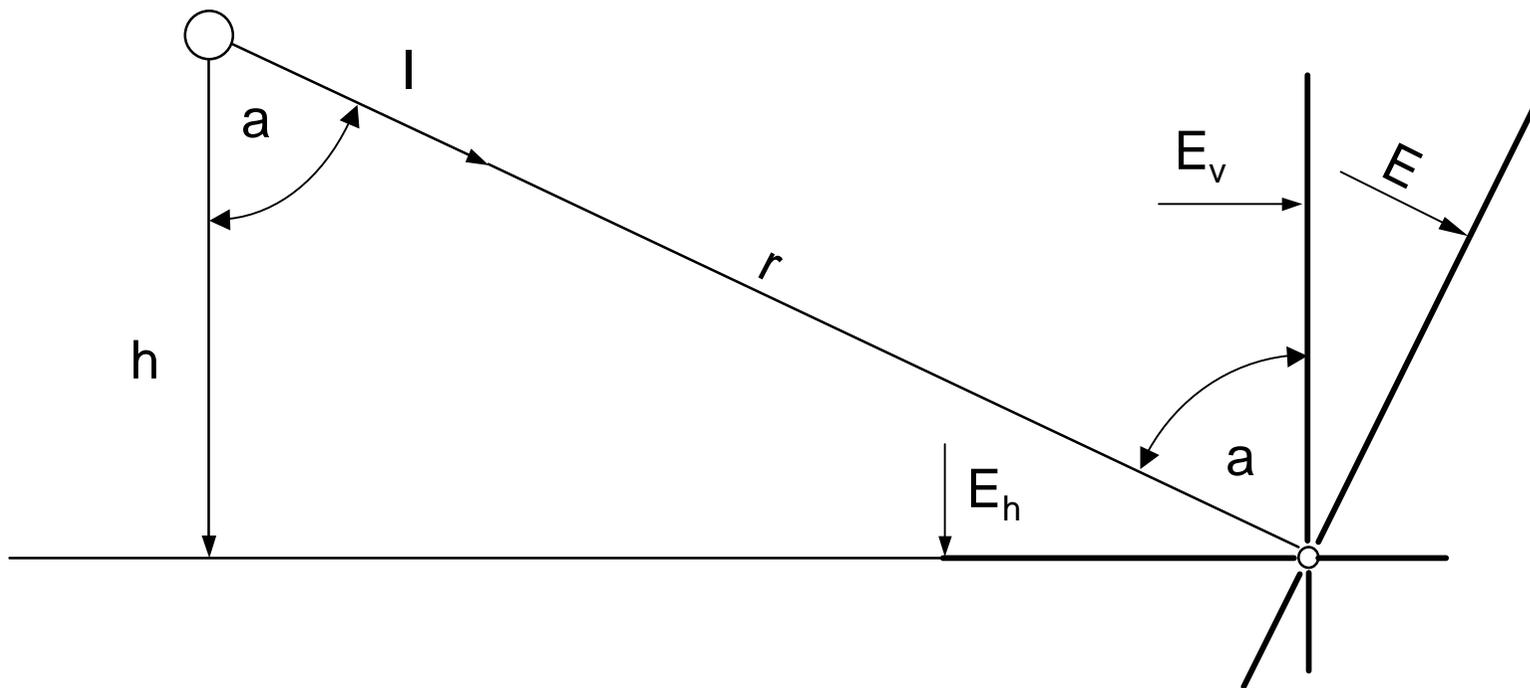
$$[E] = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \text{Lux (lx)}$$

Die Beleuchtungsstärke nimmt mit dem Quadrat der Entfernung von der Lichtquelle ab (gilt nur für punktförmige Lichtquellen).

aus: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

	E (lx)
Sonnenlicht	100.000
bedeckter Himmel	10.000
Arbeitsplatzbeleuchtung	1.000
Verkehrszonenbeleuchtung	100
Straßenbeleuchtung	10
Mondlicht	1

aus: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992



E Beleuchtungsstärke senkrecht zur Strahlungsrichtung

E_v Vertikalbeleuchtungsstärke

E_h Horizontalbeleuchtungsstärke

aus: Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997

Für die Beleuchtungsstärke E senkrecht zur Strahlungsrichtung gilt:

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{I \cdot \Omega}{A} = \frac{I \cdot \frac{A}{r^2}}{A} \quad \text{und somit:}$$

$$E = \frac{I}{r^2}$$

mit:

- | | | |
|---|--------------------|-------|
| E | Beleuchtungsstärke | in lx |
| I | Lichtstärke | in cd |
| r | Abstand zur Fläche | in m |

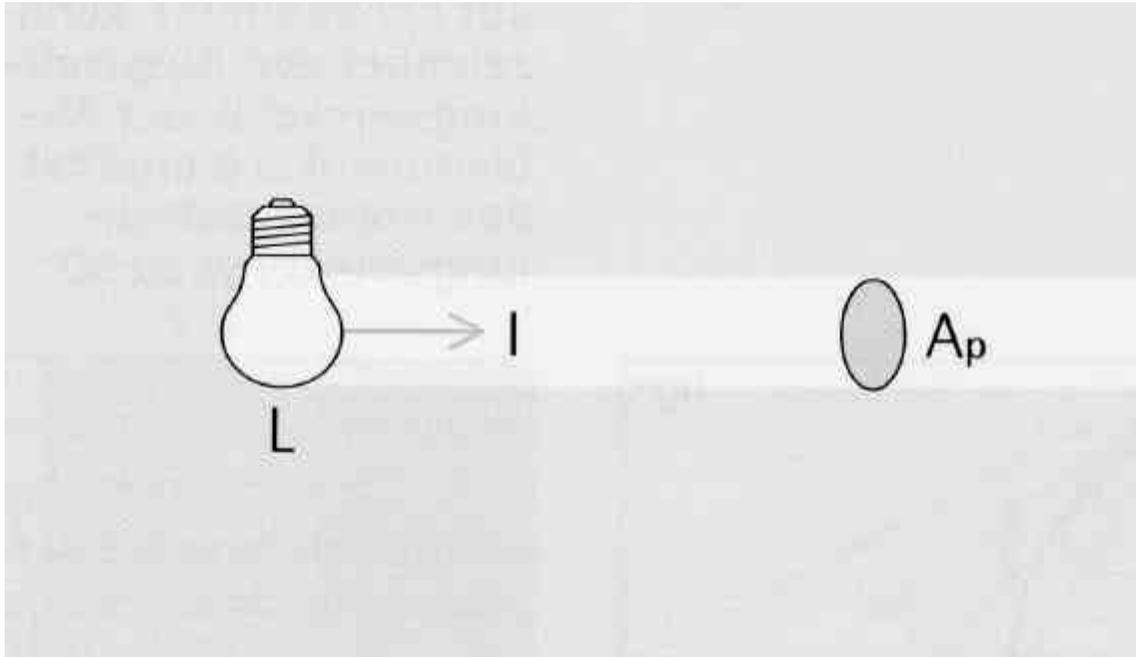
h Höhe der Lichtquelle über der Horizontalebene

a Ausstrahlungswinkel zur Senkrechten

es gilt: $E = \frac{I}{r^2}$ und $r = \frac{h}{\cos \alpha}$

mit $E_h = E \cdot \cos \alpha$ ergibt sich:

$$E_h = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$



Die Leuchtdichte L beschreibt die Helligkeit einer Fläche, die durch Eigenleuchtdichte als Lichtquelle, Transmission oder Reflexion Licht abgibt.

Die Leuchtdichte ist hierbei das Verhältnis von Lichtstärke I zu der senkrecht zur Beobachtungsrichtung projizierten Fläche A_p definiert.

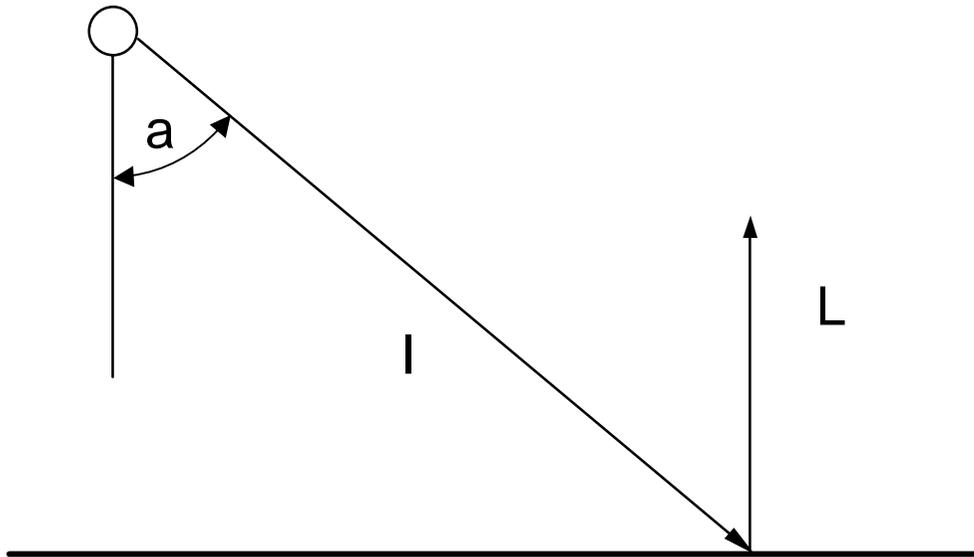
$$L = \frac{I}{A_p} \quad [L] = \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} = \text{Candela pro m}^2$$

Die Leuchtdichte beschreibt den **Helligkeitseindruck** und ist deshalb das wichtigste Maß in der Beleuchtungstechnik.

aus: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

	L (cd/m ²)
Sonne	100.000.000
Glühlampe (mattiert)	100.000
Leuchtstofflampe	10.000
besonnte Wolken	10.000
blauer Himmel	5.000
Lichtdecken	500
Spiegelraster-Leuchten	100
bevorzugte Werte in Innenräumen	50-500
weißes Papier bei 500 lx	100
Bildschirm (negativ)	10-50
weißes Papier bei 5 lx	1

aus: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992



Bei nicht senkrechter Strahlungsrichtung wird die Leuchtdichte L kleiner.

$$L = \frac{I_{\alpha}}{A \cdot \cos \alpha}$$

mit :

I_{α} Lichtstärke in Richtung des Winkels α in cd

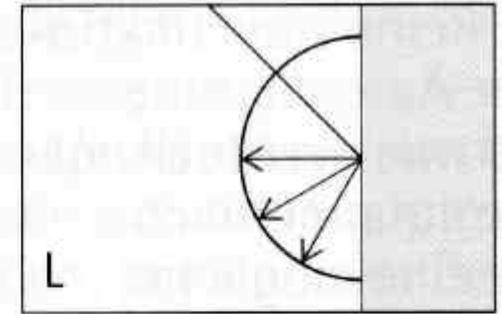
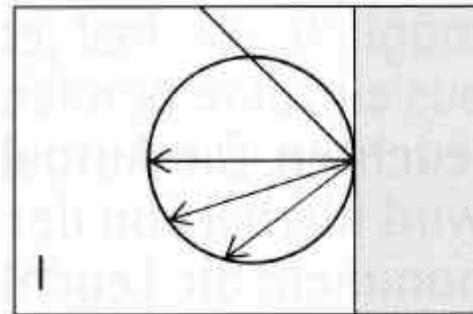
A Fläche in m^2

α Ausstrahlungswinkel der Lichtquelle

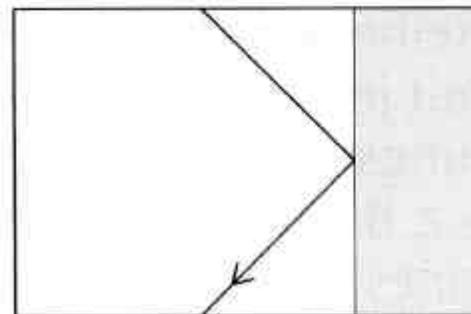
aus: Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997

Lichtstärkeverteilung I und Leuchtdichteverteilung L bei diffuser Reflexion

Die Leuchtdichteverteilung ist aus allen Blickwinkeln
gleich.



Lichtstärkeverteilung I bei spiegelnder Reflexion



nach: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

Metalle

ρ

Aluminium, hochglänzend

0,80 - 0,85

Aluminium, mattiert

0,50 - 0,70

Kupfer, poliert

0,60 - 0,70

Stahl, poliert

0,50 - 0,60

Farbanstriche

weiß

0,70 - 0,80

hellgelb

0,60 - 0,70

hellgrün, hellrot, hellblau, hellgrau

0,40 - 0,50

dunkelgrau, dunkelrot, dunkelblau, dunkelgrün

0,10 - 0,20

Baustoffe

Putz, weiß

0,70 - 0,85

Beton

0,30 - 0,50

Granit

0,10 - 0,30

Ziegel, rot

0,10 - 0,20

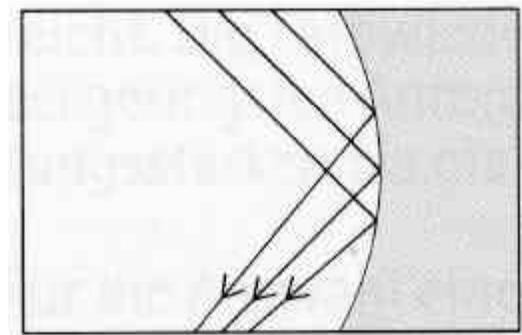
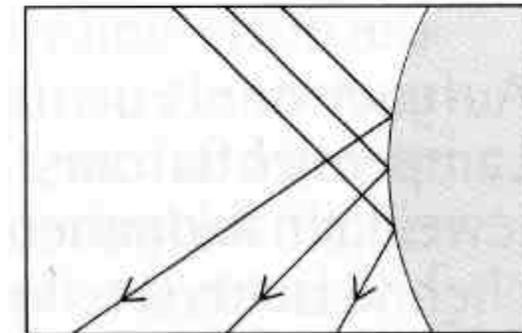
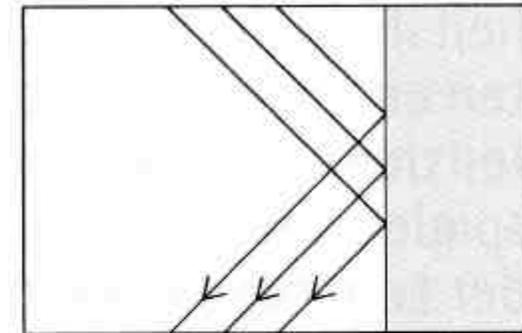
Glas, klar

0,05 - 0,10

aus:Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

Spiegelnde Reflexion an

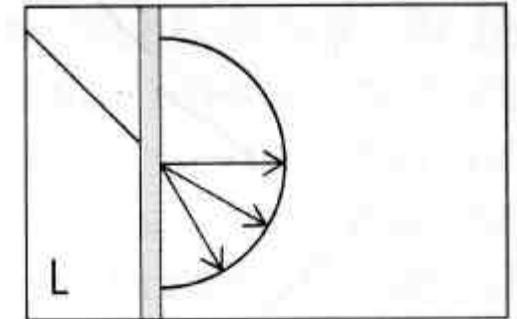
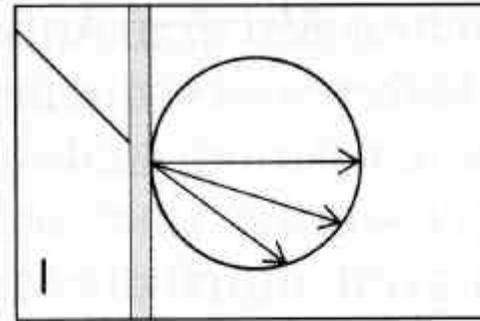
- planen Oberflächen
(paralleler Strahlengang)
- konvexen Oberflächen
(divergierender Strahlengang)
- konkaven Oberflächen
(konvergierender Strahlengang)



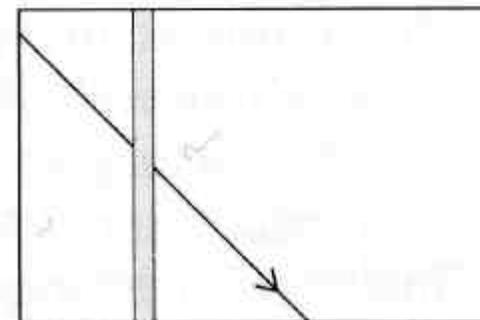
nach:Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

Lichtstärkeverteilung I und Leuchtdichtevertellung L bei diffuser Transmission

Die Leuchtdichtevertellung ist aus allen Blickwinkeln gleich.



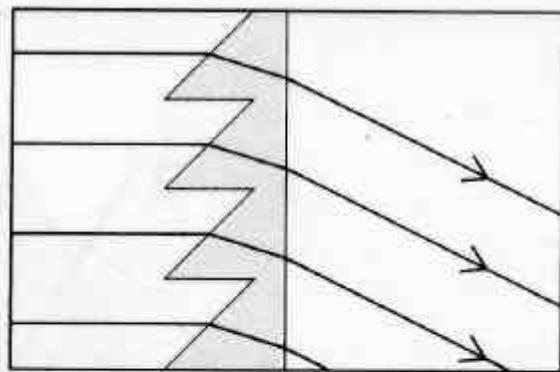
Lichtstärkeverteilung I bei gerichteter Transmission durch klares Material



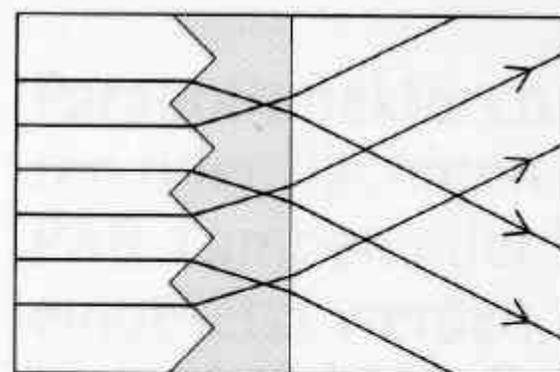
nach: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

Strahlengang parallel einfallenden Lichts beim Durchtritt durch

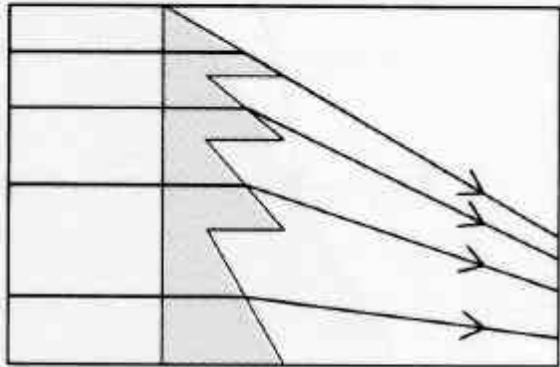
asymmetrische
Prismenraster



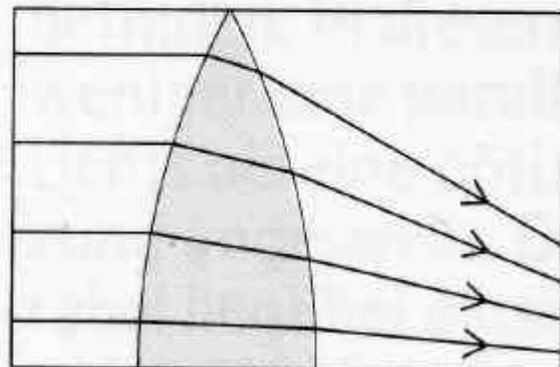
symmetrische
Prismenraster



Fresnellinsen



Sammellinsen



nach: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

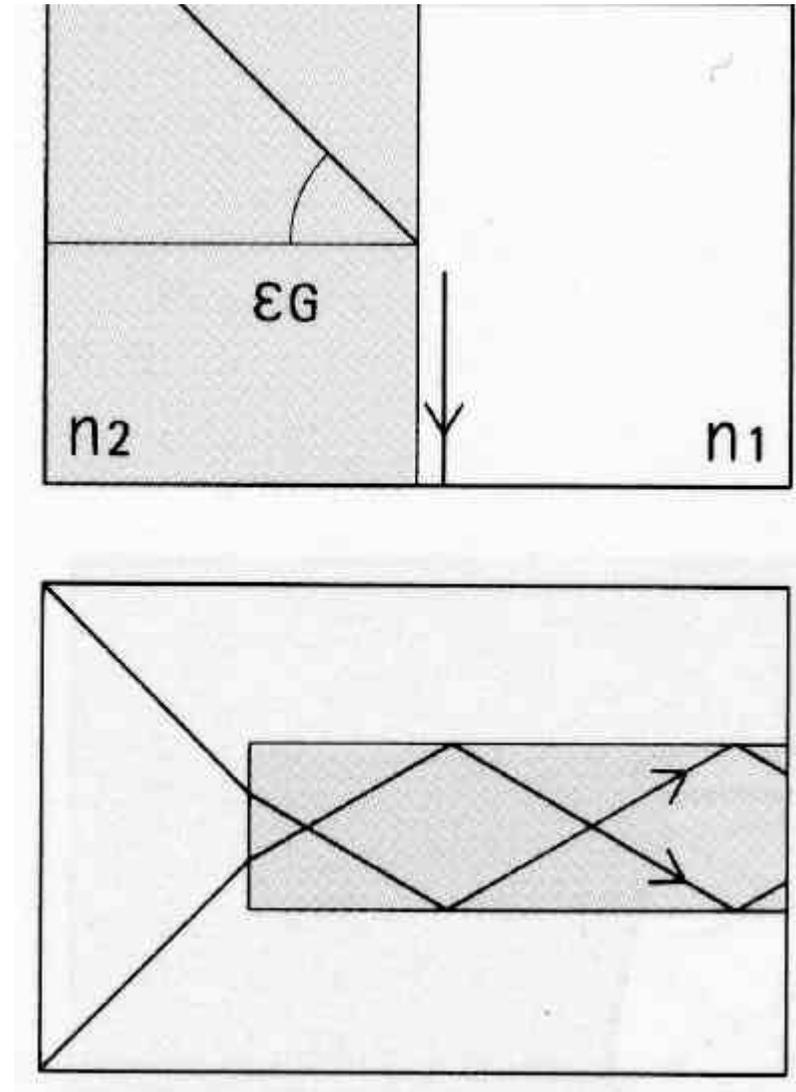
Beim Übergang in ein Medium geringerer Dichte existiert ein Grenzwinkel ε_G .

Bei Überschreiten des Grenzwinkels wird der Lichtstrahl in das dichtere Medium reflektiert (Totalreflexion).

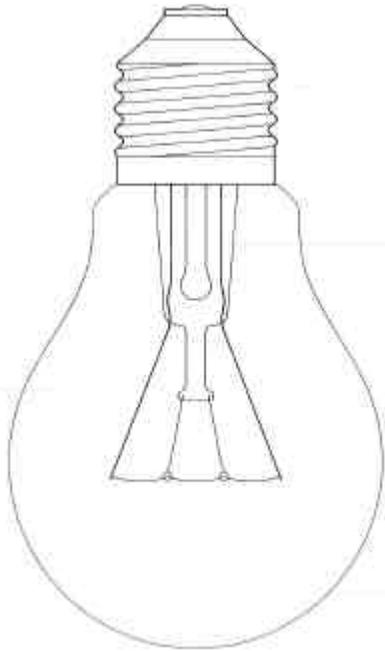
$$\sin \varepsilon_G = \frac{n_2}{n_1}$$

Übergang von Glas zu Luft: $\varepsilon_G = 42^\circ$

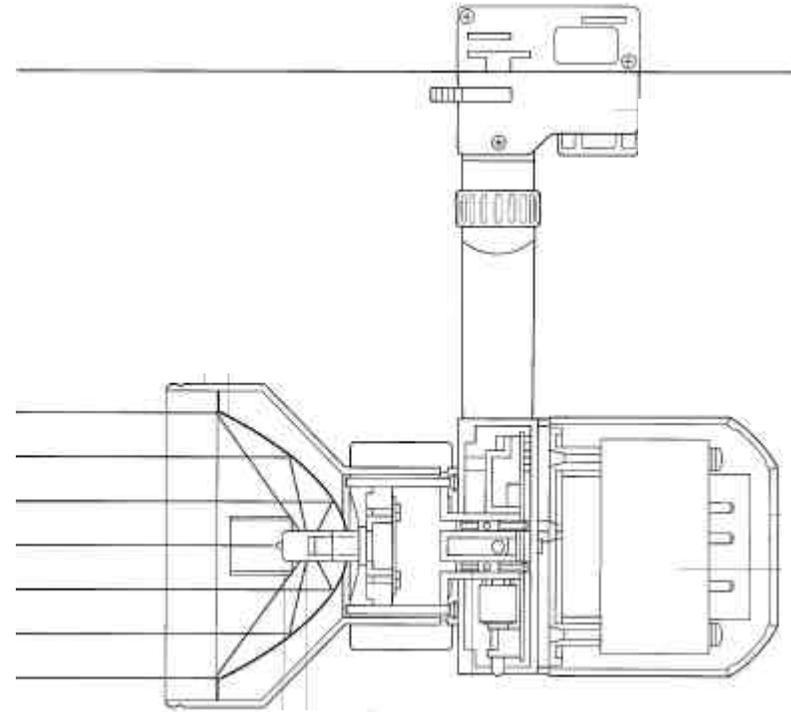
Anwendung der Totalreflexion in Lichtleitern



nach: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992



Lampe bzw. Leuchtmittel
(Lichtquelle)



Leuchte

- ortsfest
- beweglich
- Lichtstruktur (z.B.Schiene)

Beleuchtungsart	Tätigkeitsbereich	Richtwert E(lx)
Allgemeinbeleuchtung in vorübergehend benutzten Räumen	Verkehrswege	50
	Treppen und Räume bei kurzem Aufenthalt	100
	Eingangshallen, Räume mit Publikumsverkehr	200
Allgemeinbeleuchtung in Arbeitsräumen	Büro mit tageslichtorientiertem Arbeitsplatz	300
	Sitzungs- und Besprechungszimmer	300
	Bürobereich, Datenverarbeitung	500
	Großraumbüro, Zeichen- und Konstruktionsbüro	750
	Sehaufgaben mit hoher Schwierigkeit, Feinmontage	1000
Zusatzbeleuchtung für sehr schwierige Sehaufgaben nach DIN 5035 Teil2 und ASR 7/3		2000

aus: Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung, 1992

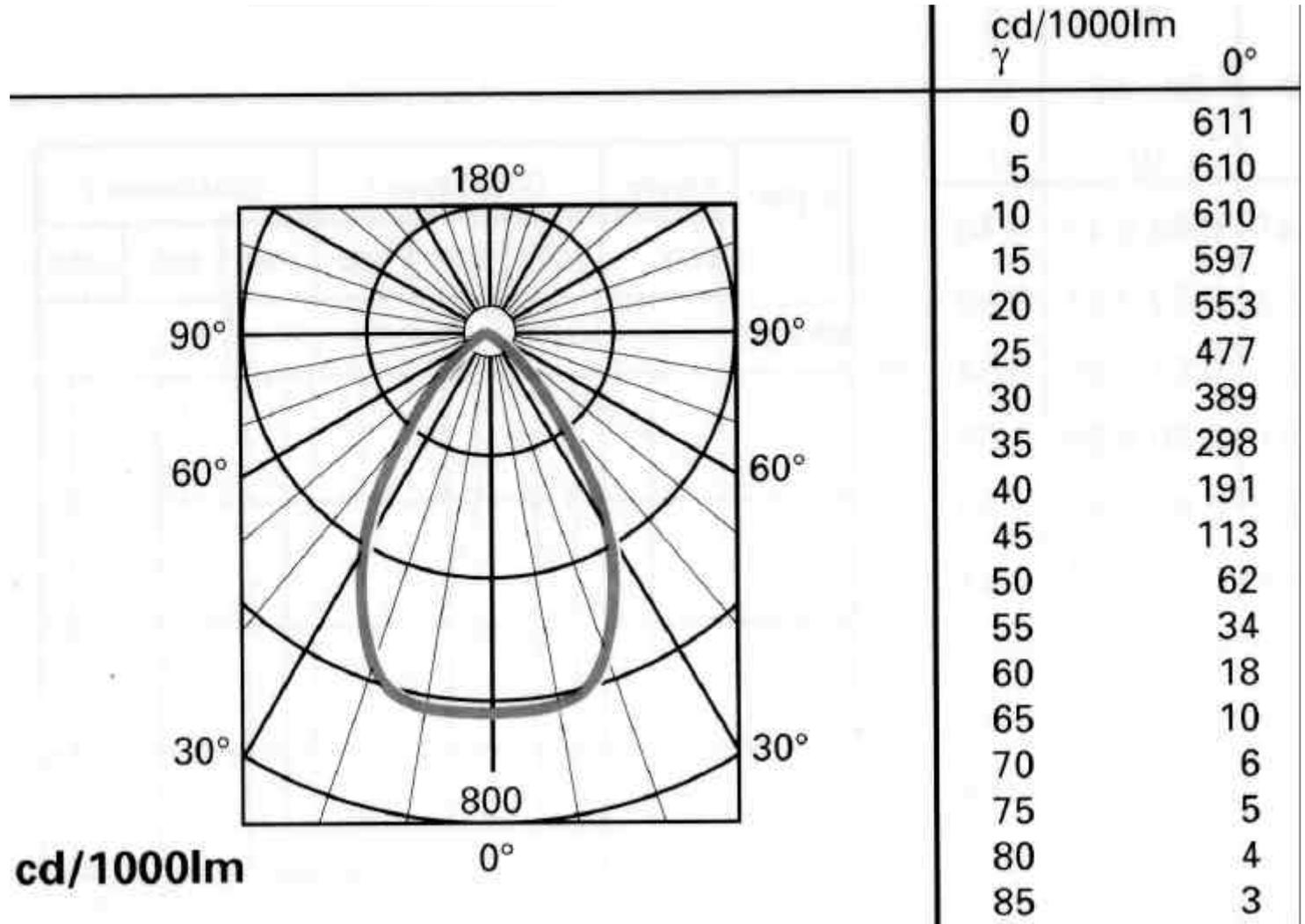
Aufgabe:

Eine Deckenleuchte in einem Raum mit einer LVK gemäß Beiblatt ist mit einer Halogenlampe 150 W mit 2300 lm bestückt.

Aufhängehöhe über Fußboden 4m

mit diffusem Reflexionsgrad $\rho=0,40$

- a) Welche horizontalen und vertikalen Beleuchtungsstärken E_h und E_v ergeben sich bei einem Winkel von $\alpha= 20^\circ$?
- b) Welche Leuchtdichte L ergibt sich bei einem Winkel von $\alpha= 20^\circ$?



aus: Philips Licht, Architektonische Beleuchtung Katalog, 1993

Lösung:

aus LVK: $I_{20^\circ} = 553 \text{ cd}/1000 \text{ lm}$

für eingesetztes Leuchtmittel gilt:

$$I = \frac{553 \text{ cd} \cdot 2300 \text{ lm}}{1000 \text{ lm}} = 1272 \text{ cd}$$

$$E_h = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{1272 \text{ cd} \cdot \cos^3 20^\circ}{(4\text{m})^2} = 66 \text{ lx}$$

$$E_v = E_h \cdot \tan \alpha = 66 \text{ lx} \cdot 0,36 = 23,8 \text{ lx}$$

Leuchtdichte L bei diffuser Reflexion:

$$L = \frac{\rho \cdot E_h}{\pi} = \frac{0,4 \cdot 66 \text{ lx}}{\pi} = 8,4 \text{ cd/m}^2$$

- Beleuchtungsstärke und Leuchtdichteverteilung im Blickfeld bestimmen die physiologische Sehleistung des Auges.
- Gerichtetes Licht unterstützt die Wahrnehmung von Raum und Form.
- Lichtrichtung und Punktförmigkeit einer Lichtquelle machen Oberflächenstruktur und Glanzgrad (Transparenz) eines Materials sichtbar.
- Das Lichtspektrum - Lichtfarbe und Farbwiedergabe - beeinflussen Farbe und Reflexionsgrad eines Materials.
- Intensität und räumliche Verteilung von Beleuchtung beeinflussen Helligkeits- und Farbempfinden.

nach:IMPULS-Programm Hessen, Rationell Stromnutzung CD-ROM,1999

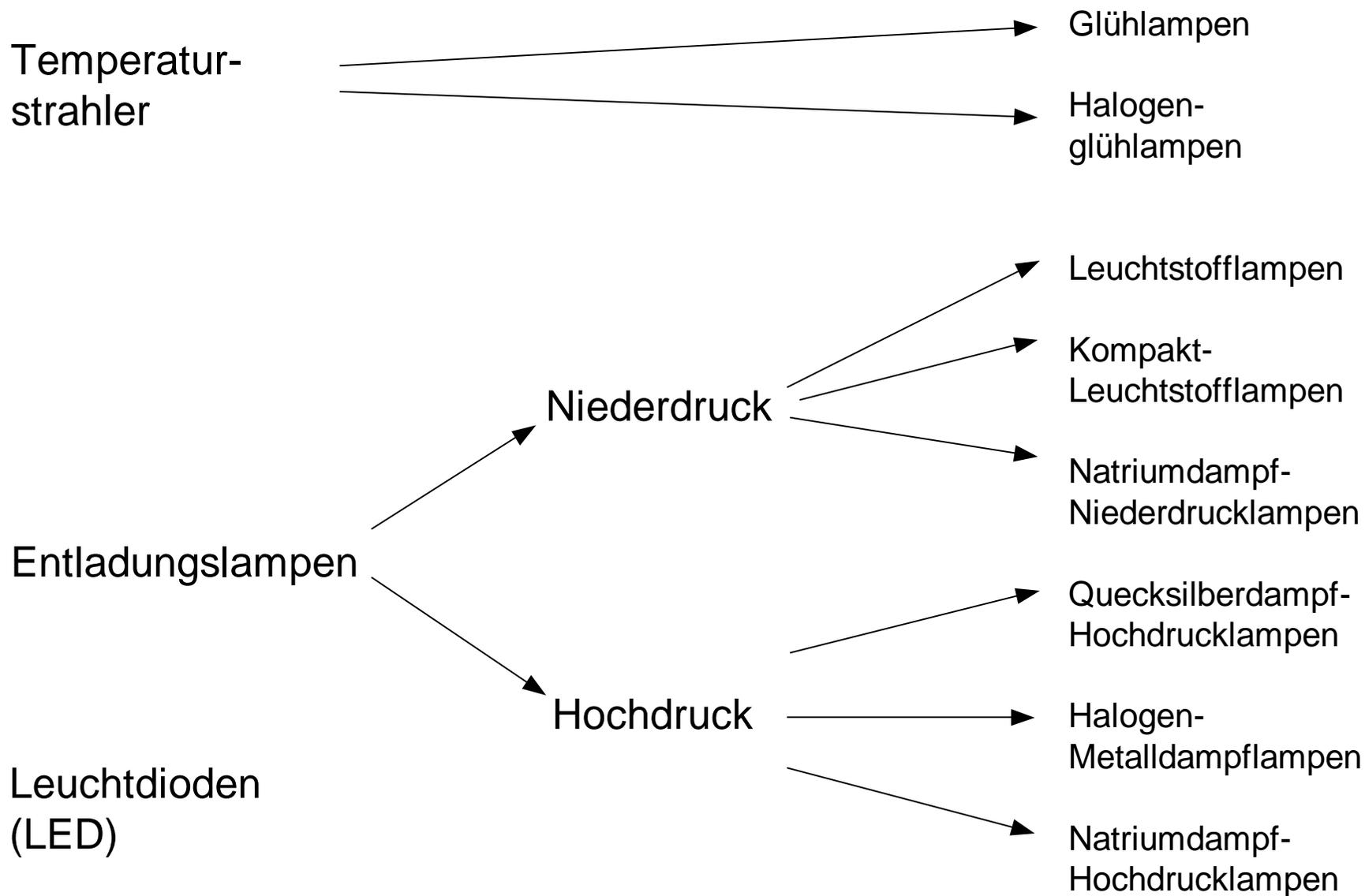
	Licht	Schall	Luftqualität
Quellenleistung	lumen (Lichtstrom Φ)	Watt	olf
Pegel	lux (Beleuchtungsstärke E)	dezibel	dezipol

Vergleich der Einheiten für Licht mit den analogen Einheiten für Schall und Luftqualität

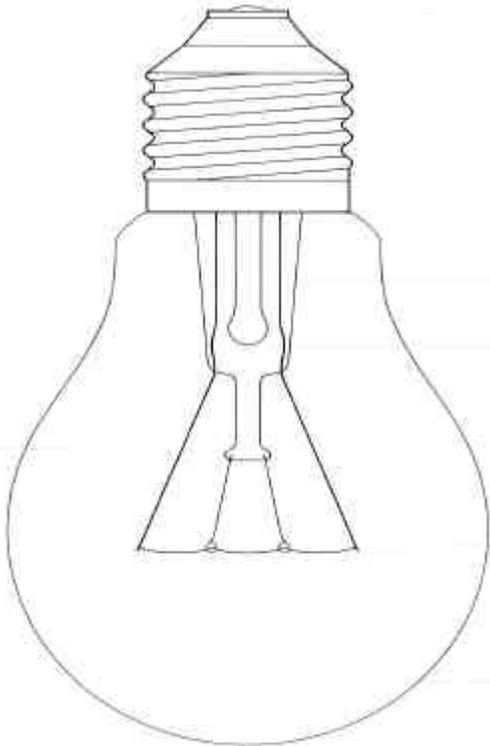
aus: Rietschel, Raumklimotechnik, 1994

Lichttechnische Größe	Definition	Abkürzung
Lampenleistung	Elektrische Leistung	P [W]
Lichtleistung	Lichtstrom	Φ [lm]
Lichtausbeute	Verhältnis von Lichtleistung zu Lampenleistung	η [lm/W]
Lebensdauer		t [h]

Lichttechnische Größe	Definition	Abkürzung
Lichtfarbe	Warmweiß (ww)	$T < 3.300\text{K}$
	Neutralweiß (nw)	$3.300\text{K} < T < 5.000\text{K}$
	Tageslichtweiß (tw)	$T > 5.000\text{K}$
Farbwiedergabe	Stufe (DIN)	Index Ra
	1A	$Ra > 90$
	1B	$80 \leq Ra \leq 90$
	2A	$70 \leq Ra < 80$
	2B	$60 \leq Ra < 70$
	3	$40 \leq Ra < 60$
4	$20 \leq Ra < 40$	



nach: Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker 1997



Bei Glühlampen wird ein gewendelter Wolframdraht von Strom durchflossen und dabei auf 2500 bis 2700°C erwärmt.

Damit der Draht nicht verbrennt, wird der Glaskolben evakuiert oder mit einem inerten (nicht reagierendem) Gas gefüllt.

Die Lichtfarbe ist warm-weiß.

Lebensdauer niedrig, ca 1000 h

Lichtausbeute 10-20 lm/W

Halogenleucht Lampen wird neben dem Füllgas noch ein Halogen (Jod, Brom oder Fluor) zugesetzt.

Das Wolfram, das während des Betriebs von der Wendel abdampft, geht mit dem Halogen eine chemische Verbindung ein, so daß es sich nicht mehr am Lampenkolben niederschlägt.

In der unmittelbaren Umgebung der Wendel aber zerfällt die Verbindung wegen der dort sehr hohen Temperatur. Das frei werdende Wolfram lagert sich wieder auf dem Glühdraht ab. Dieser Prozeß läuft nur unter sehr hohen Temperaturen ab und erfordert daher einen kompakten Kolben aus Quarzglas.

Eigenschaften:

- stark reduzierte Abmessungen
- weisseres Licht (Farbtemperatur ca 3000 K)
- erhöhte mittlere Lebensdauer (1500 h, bei Reflektorlampen bis 4000 h)
- keine Kolbenschwärzung (daher kein Lichtstromrückgang durch Alterung)
- erhöhte Leuchtdichte (daher bessere Bündelungsfähigkeit des Lichts)
- hohe Anschaffungskosten
- sehr hohe Kolben- und Fassungstemperatur
- Lichtausbeute 25 lm/W

In einem mit Quecksilberdampf (Grundfüllung aus Argon oder Krypton) gefüllten Glasrohr werden bei Stromdurchgang die Quecksilberatome durch Elektronenstöße angeregt und senden UV- Strahlung aus (Stossionisation). Diese Strahlung trifft an der Rohrwand auf eine Leuchtstoffschicht. Der Leuchtstoff absorbiert die UV- Strahlung und wandelt sie um in sichtbare Strahlung.

Die spektrale Zusammensetzung des Lichts, also Lichtfarbe und Farbwiedergabe- Eigenschaft, hängt von der Zusammensetzung des Leuchtstoffes ab.

Neben dem Vorschaltgerät zur Strombegrenzung (zur Verhinderung eines Kurzschlussstromes) ist zum Zünden der Lampe ein Starter (Vorheizen der Elektroden) oder eine spezielle Schaltung erforderlich, da die Zündspannung über der normalen Netzspannung liegt.

Eigenschaften:

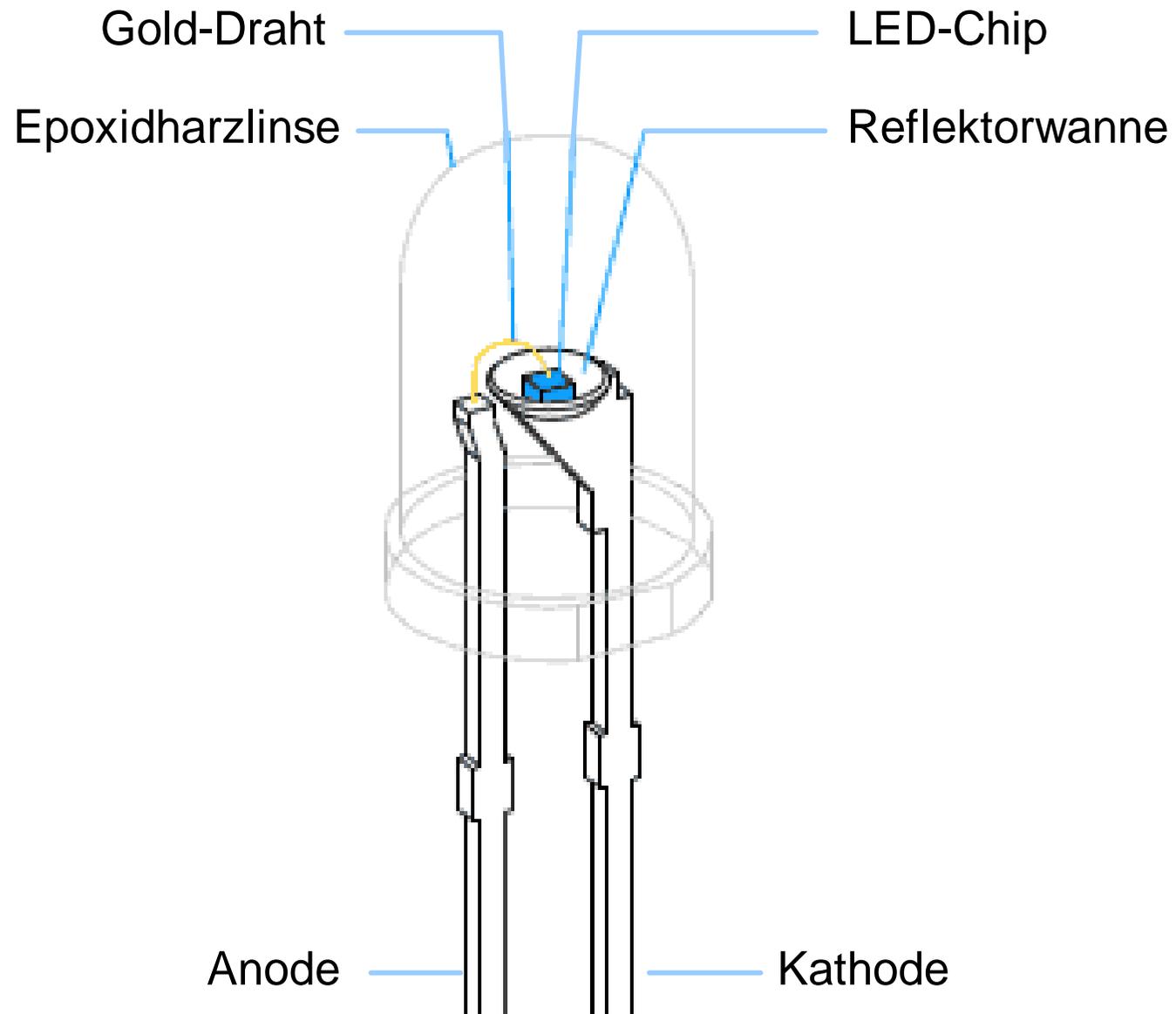
- große Auswahl an Lichtfarben ww, nw, tw
- sehr gute Farbwiedergabeeigenschaften
- hohe Lebensdauer, im Mittel 8000 - 12000 h
- niedrige Oberflächentemperatur
- geringe Spannungsabhängigkeit
- relativ niedrige Leuchtdichte
- Lichtausbeute von Umgebungstemperatur abhängig

Der Dampfdruck im Entladungsrohr wird so stark erhöht, daß die Atome bei Anregung durch die Elektronen ihre Energie als Strahlung vorwiegend im sichtbaren Bereich abgeben.

Eine Umwandlung der Strahlung durch Leuchtstoffe ist daher nicht mehr nötig oder dient ausschließlich dazu, Lücken im Emissionsspektrum zu schließen.

Eigenschaften:

- kompakte Bauform
- hohe Lichtstromkonzentration pro Einheit
- gute bis sehr gute Bündelungsfähigkeit
- lange Lebensdauer
- Anlaufzeit nach dem Zünden mehrere Minuten, bis der volle Lichtstrom abgegeben wird
- nach Stromunterbrechung oder Spannungsabsenkung Wiederzündung erst, wenn Lampe genügend abgekühlt ist
- eingeschränkte Auswahl an Lichtfarben
- Vorschaltgerät und z.T. auch Zündgeräte erforderlich



Quelle: www.led-info.de

- geringe Abmessung
- hoher Wirkungsgrad
- keine UV Strahlung, keine IR Strahlung (Wärme)
- nahezu unbegrenzte Lebensdauer (abhängig von Farbe und Bauart; 25.000 bis 100.000 h) mit geringer Abnahme der Lichtleistung
- alle Lichtfarben möglich (gelb, orange, rot grün,blau, weiß); z.B. Tageslichtweiß 6000 K, Farbwiedergabe Stufe 1B, $R_a=80$
- kein Betriebsgeräusch
- keine Reinigungs- und Wartungskosten
- stoß- und vibrationsfest
- präzise Lichtlenkung ohne zusätzlichen Reflektor durch LED mit definiertem Abstrahlwinkel; keine Lampenfassung erforderlich
- Betrieb mit 24 Volt Gleichspannung; Sicherheit durch Schutzkleinspannung

Quelle: www.led-info.de

- hohe Stückkosten
- große Anzahl von LED nötig, um Leuchtstärke konventioneller Leuchtmittel zu erreichen
- hoher Energiebedarf in der Fertigung
- angestrebte Effizienz (Lichtausbeute) noch nicht erreicht
- Vorschaltgerät notwendig

Quelle: www.led-info.de



3mm (5mm) LED



SMD (Surface Mounted Device) LED



Spider LED
(Agilent: „Superflux“ oder „Piranha“)

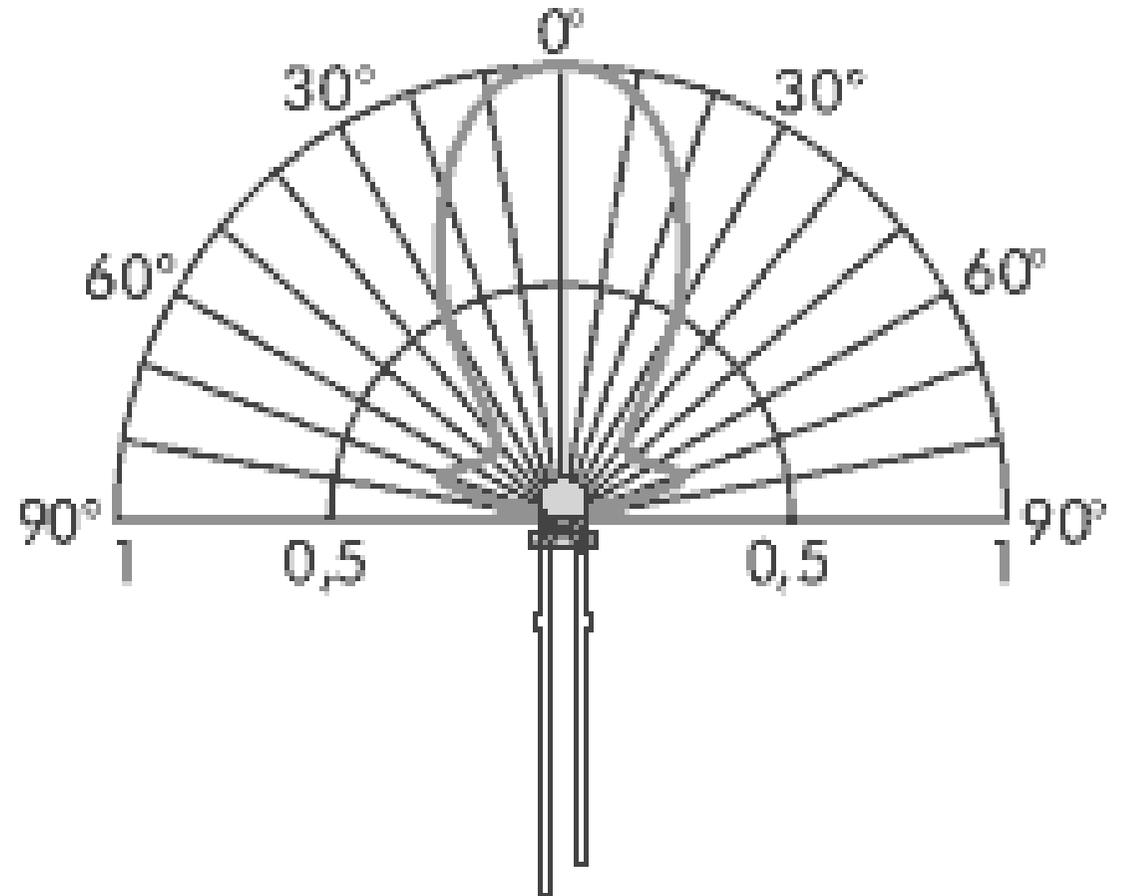


Barracuda LED
(Agilent)

Quelle: www.led-info.de

- Bereiche, in denen IR- und UV Strahlung schädlich oder unerwünscht ist, z.B. Museen, Kühltheken, explosionsgefährdete Umgebung
- Feuchtraum, unter Wasser (Schutzkleinspannung)
- starke Beanspruchung, Erschütterungen (öffentlicher Raum, mobile Leuchte, mobile Geräte mit Leuchte)

Quelle: www.led-info.de



LVK einer LED bei einem Abstrahlwinkel von 30°
 (Als Abstrahlwinkel ist der Winkel definiert, bei dem die Intensität 50% beträgt.)

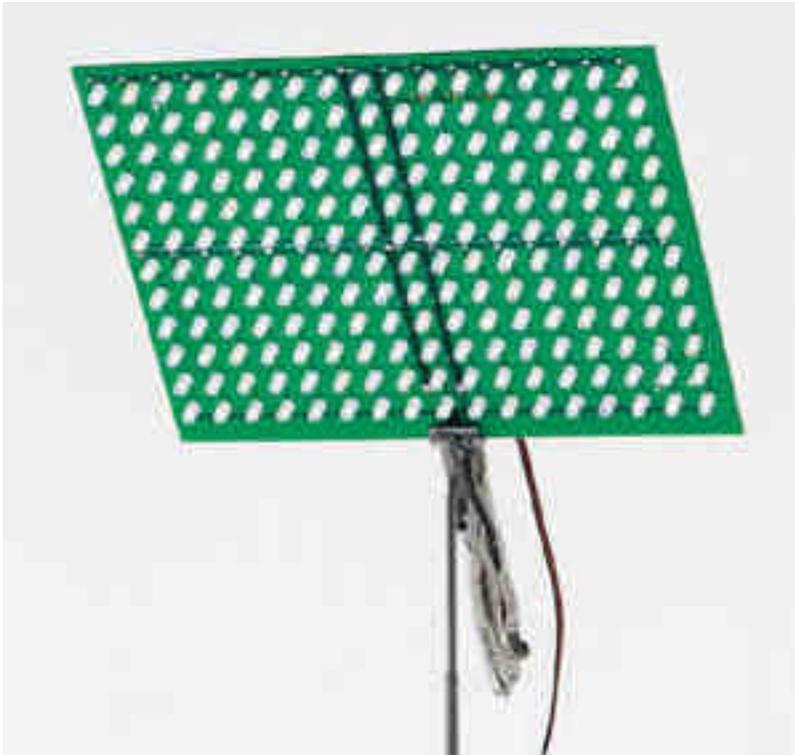
Quelle: www.led-info.de



Synagoge Kassel
Gesamtkonzept/-entwurf und Ausführung: Architekturbüro Prof.
Alfred Jacoby, Frankfurt a. M.
Lichtplanung: Bengner und Partner Ingenieursozietät für
Elektroplanung, Hainburg
Beleuchtungskonzept und -design: Dr. Ing. Horst Rellecke,
Möhnesee



LED-Schutzbrille, CJ-Light GmbH
Am linken und am rechten Bügel, der Designer-Schutzbrille befinden sich die hellsten LEDs unserer Zeit. Dadurch eignet sich die Brille selbst zum Lesen. Das Einschalten der Lichtquellen erfolgt durch das Öffnen der Brillenbügel. Die LED-Schutzbrille kann über eine normale Sehbrille umgesetzt werden.



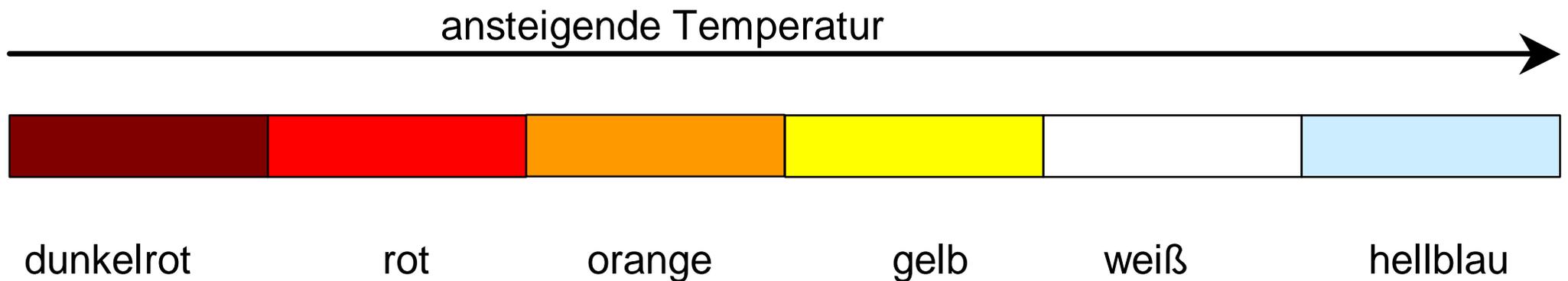
LED- Leuchten von Ingo Maurer



Lochblechdecke mit integrierter
LED- Beleuchtung, Bartenbach
Lichtlabor

Die Farbtemperatur
charakterisiert die Lichtfarbe einer Lampe.

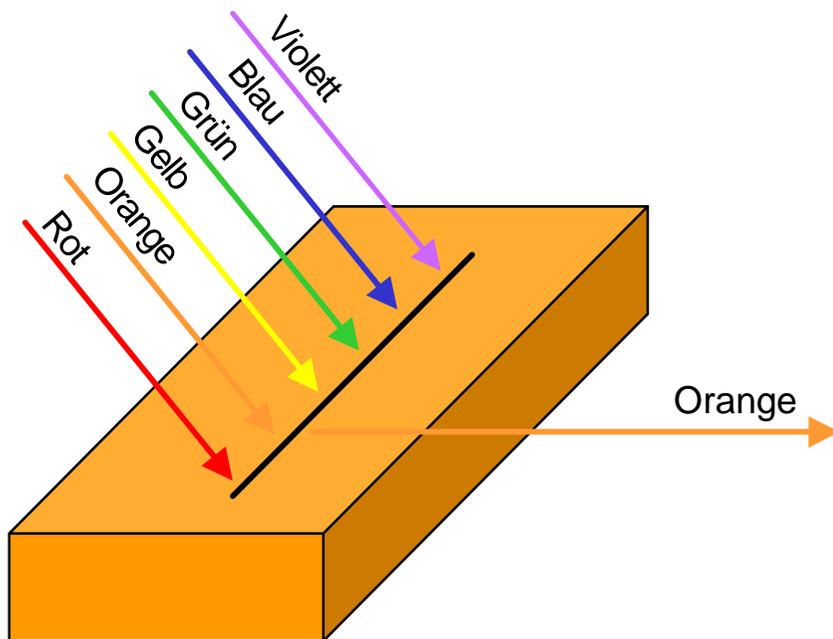
Vergleichsobjekt sind die Temperaturen, die ein schwarzer Körper beim Erhitzen annimmt und die Farben, die er dabei aussendet.



nach: Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker 1997

Die Farbe in der ein Gegenstand erscheint hängt ab von :

- der spektralen Zusammensetzung des Lichts,
- der spektralen Zusammensetzung des vom Gegenstand reflektierten Lichts und
- den individuellen Eigenschaften des Gesichtssinns des Betrachters.



Ein Körper erscheint farbig, wenn die im auftretenden Licht enthaltene Farbe vorhanden ist und er diese reflektiert.

nach: Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker 1997

Farbtemperaturen für Beleuchtungszwecke nach DIN 5035:

- tw Tageslichtweiß >5000 K kühle Atmosphäre
- nw Neutralweiß 3300 K bis 5000 K sachliche Atmosphäre
- ww Warmweiß <3300 K warme gemütliche Stimmung

Beispiele für Farbtemperaturen:

Glühlampe	2800 K
Halogenglühlampe	3100 - 3400 K
Quecksilberdampf- Hochdrucklampe	2900 - 4200 K
Natriumdampf- Niederdrucklampe	2000 K
Tageslicht	6500 K
Blauer Himmel	20000 K

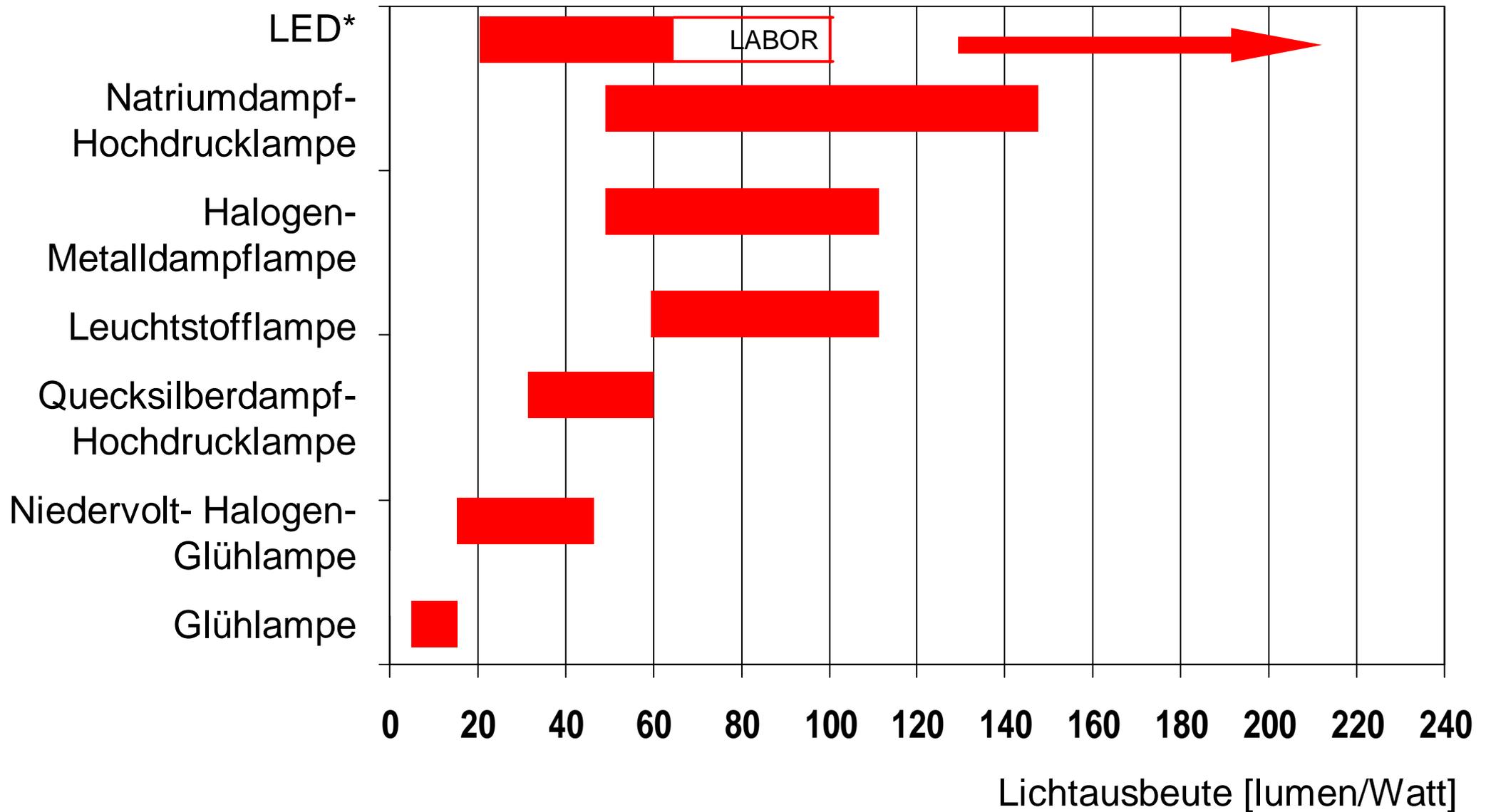
nach: Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker 1997

Der Farbwiedergabeindex R_a
beschreibt die Farbwiedergabemöglichkeit von Lampen.

Farbwieder- gabeeigenschaft	Farbwieder- gabestufe	Farbwieder- gabeindex R_a	Lampenbeispiele
sehr gut	1A	≥ 90	Glühlampen „de-Luxe“- Leuchtstofflampen
	1B	80 - 89	Dreibanden- Leuchtstofflampe
gut	2A	70 - 79	Leuchtstofflampen (Philips 25, Osram 10,25)
	2B	60 - 69	Halogen- Metall dampflampen Leuchtstofflampen (Philips 33, Osram 20)
genügend	3	40 - 59	Leuchtstofflampen (Philips 29, Osram 30) Quecksilberdampf- Hochdrucklampen
ungenügend	4	20 - 39	Na- Hochdrucklampen Na- Niederdrucklampen

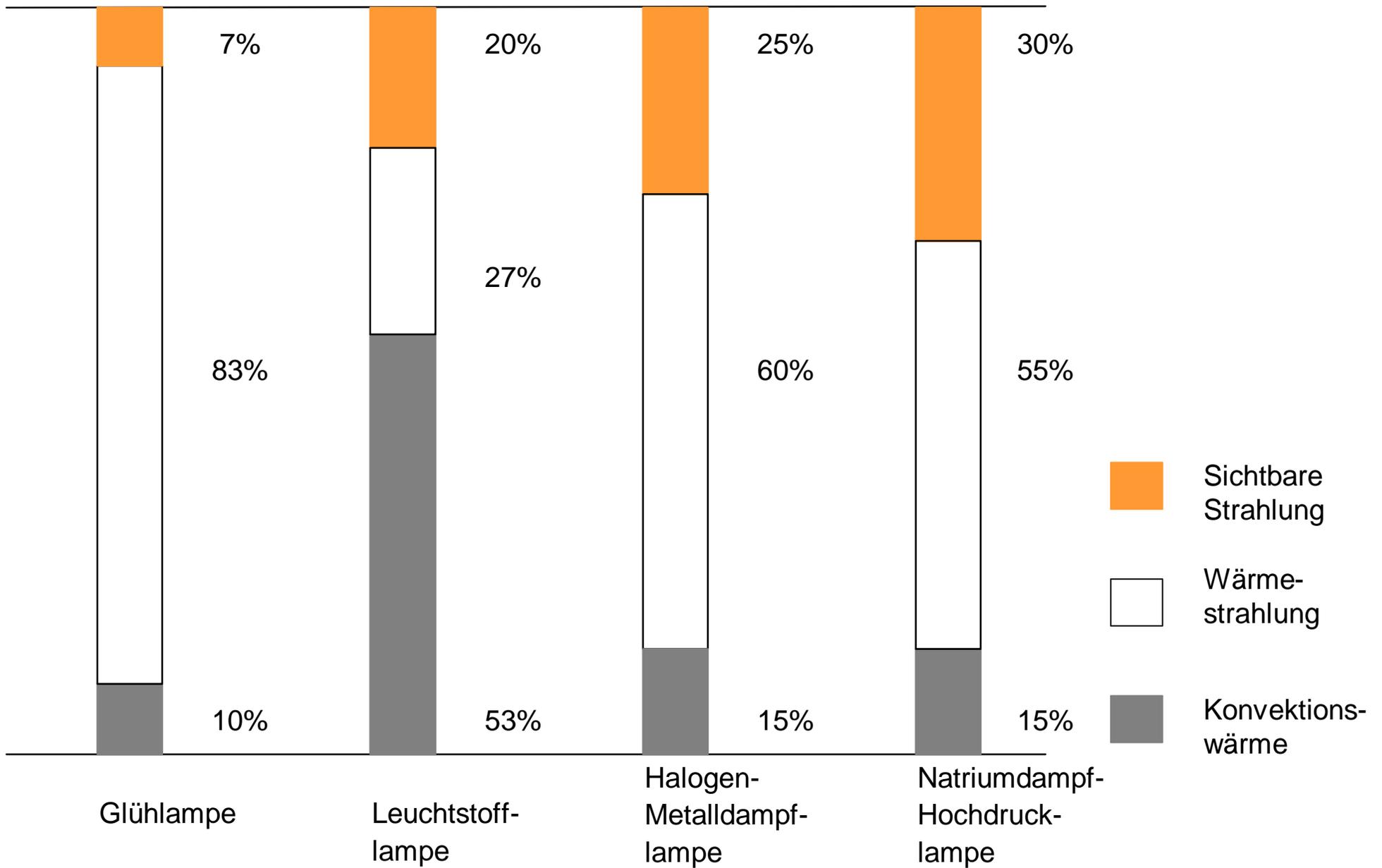
nach DIN 5035 Teil 1

nach: Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker 1997



*z.Zt. grüne LED bis 55 lm/W; weiße LED bis 18 lm/W

nach: Lichtforum 40



aus: Schmid et al., Bau und Energie Band 5, 2000

Raumzweck bzw. Art der Tätigkeit	Nenn- beleuchtungs- stärke E_n [lx]	Anschlußleistung P/A [W/m ²]	
		Glüh- lampen	Leuchtstoff- lampen
Lagerräume, Wohnräume, Theater	100	20 - 25	4 - 8
Einzelbüros, allgem. Unterrichts- räume, mittelfeine Montagearbeit	300	60 - 75	10 - 20
Gruppen- Büroräume, EDV, Hörsäle mit Fenster, Kaufhäuser, feine Montagearbeit	500	100 - 120	12 - 24
Großraumbüros, Technisches Zeichnen, Supermärkte, Hörsäle ohne Fenster, Feinmontage	750	-	15 - 30
Bildschirmgerechte Büros	500	-	12 - 18
Montage feinsten Teile, Farbkontrolle	1500	-	30 - 60

Kennbuchstabe	Leuchtenart	Lichtstromanteil	
		im unteren Halbraum	im oberen Halbraum
A	direkt	100% bis 90%	0% bis 10%
B	vorwiegend direkt	90% bis 60%	10% bis 40%
C	gleichförmig	60% bis 40%	40% bis 60%
D	vorwiegend indirekt	40% bis 10%	60% bis 90%
E	indirekt	10% bis 0%	90% bis 100%

Beispiel: A 42 breitstrahlend

1. Kennziffer	Nutzlichtstrom im Bereich F_{SU}	
1	0% bis 30%	
2	31% bis 40%	
3	41% bis 50%	
4	51% bis 60%	
5	61% bis 70%	F_{SU} Nutzlichtstromanteil nach unten
6	71% bis 100%	F_{SO} Nutzlichtstromanteil nach oben

2. Kennziffer	Nutzlichtstrom im Bereich F_{SO}
1	0% bis 50%
2	51% bis 70%
3	71% bis 90%
4	91% bis 100%

Beispiel: A 42 breitstrahlend

Kennbuchstaben:

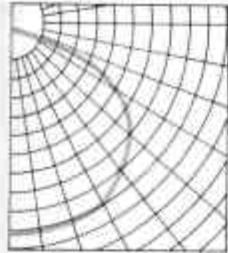
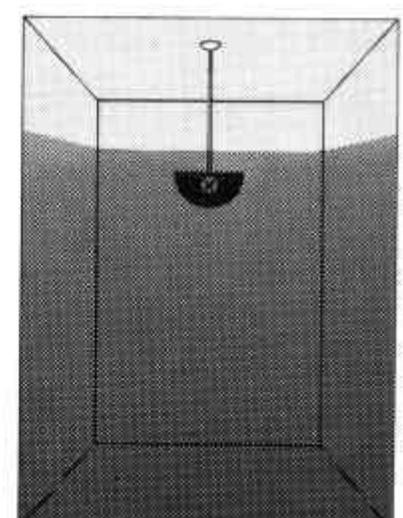
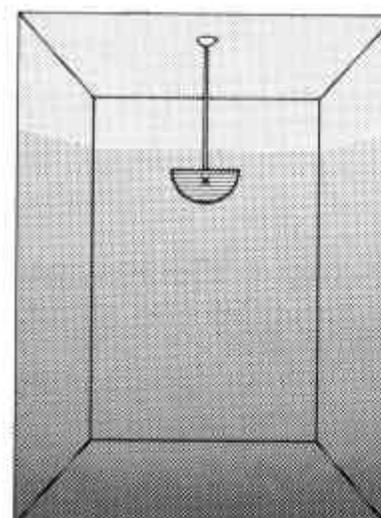
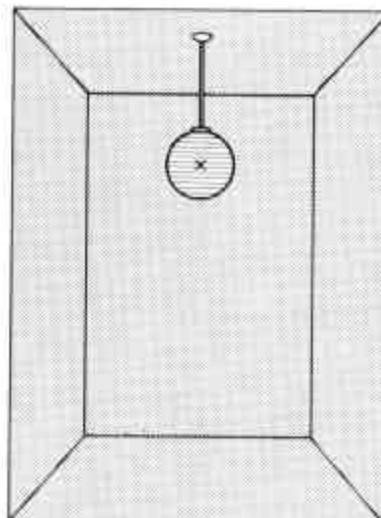
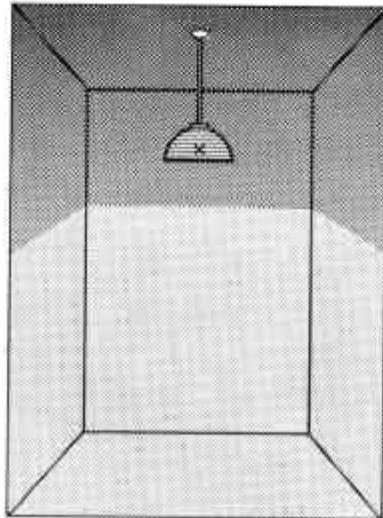
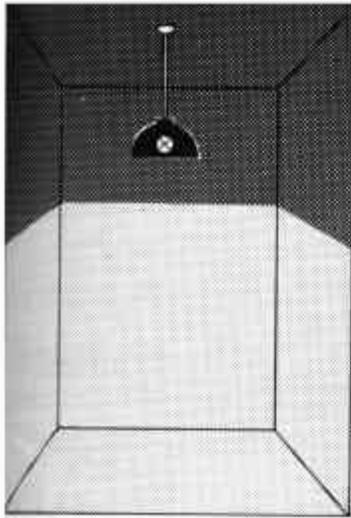
A

B

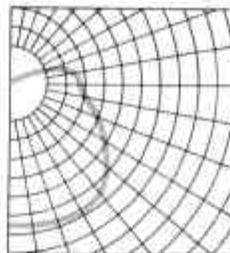
C

D

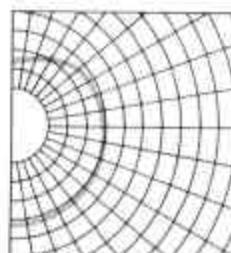
E



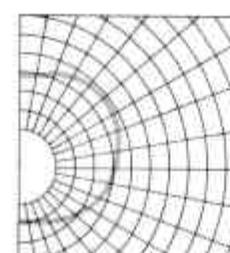
direkt



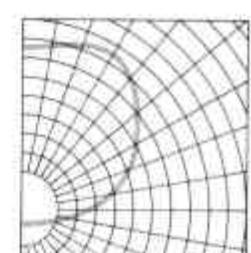
**vorwiegend
direkt**



gleichförmig



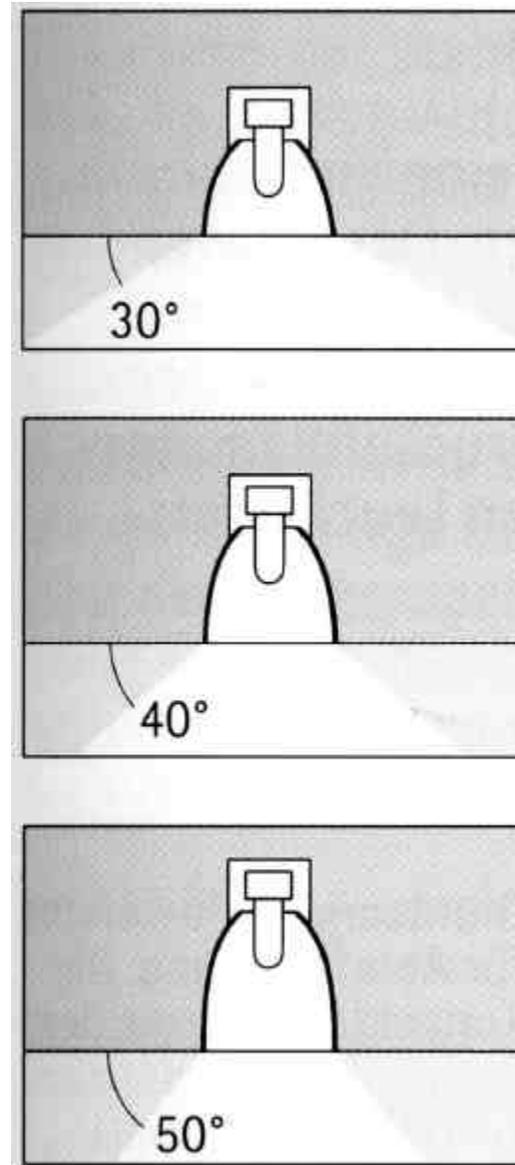
**vorwiegend
indirekt**



indirekt

aus: RWE Energie Bau- Handbuch, 1994

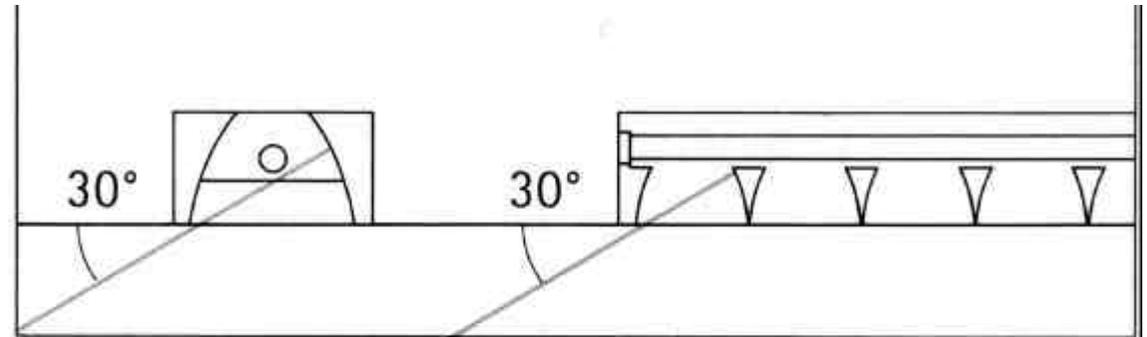
Abschirmwinkel: Maß für die
Grenzausstrahlung von Downlights



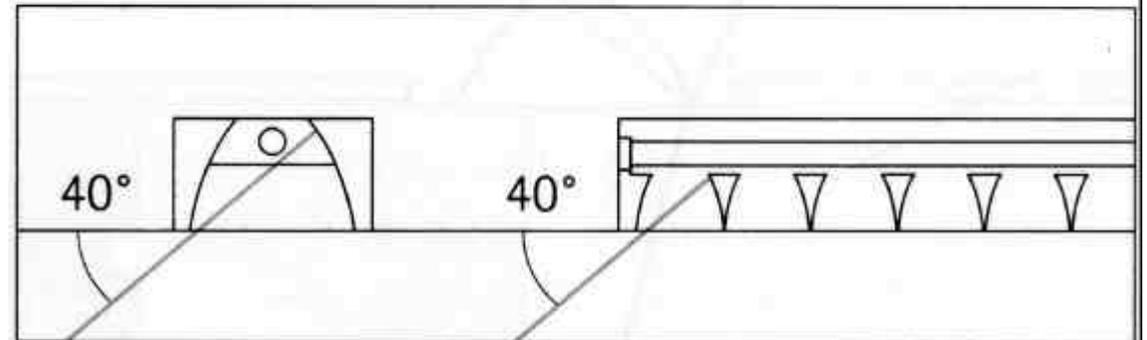
Durch entsprechende
Reflektorkonturen können
unterschiedliche Abschirmwinkel bei
gleicher Deckenöffnung erreicht
werden

aus:Ganslandt, Handbuch der Lichtplanung, 1992

Abschirmwinkel von 30°
(Grenzausstrahlungswinkel 60°)
in beiden Hauptachsen

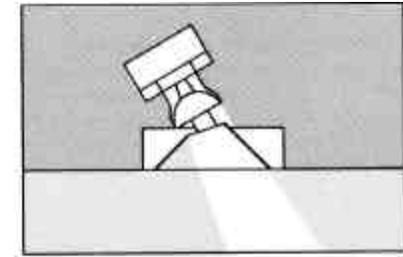
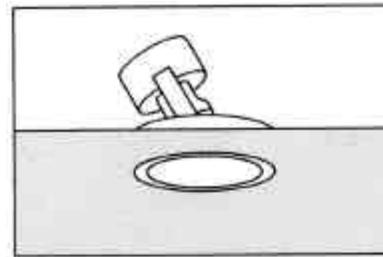


Abschirmwinkel von 40°
(Grenzausstrahlungswinkel 50°)
in beiden Hauptachsen

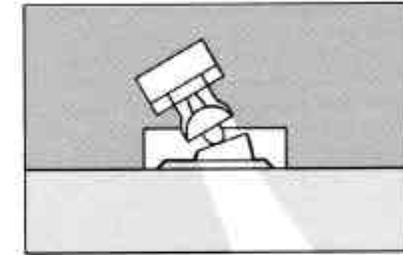
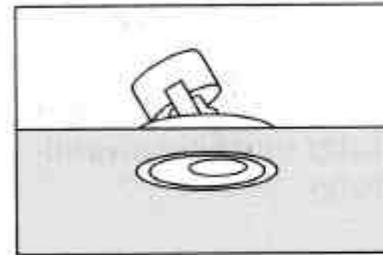


aus: Ganslandt, Handbuch der Lichtplanung, 1992

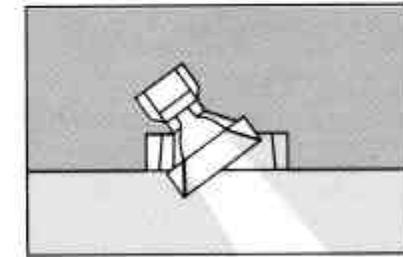
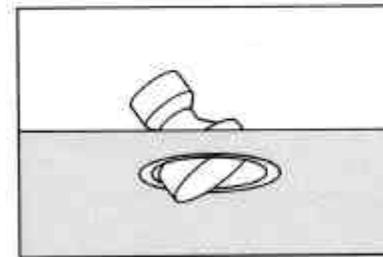
Downlight-Richtstrahler
mit Abblendreflektor



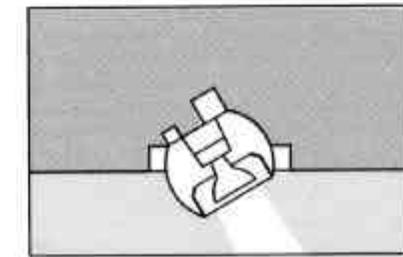
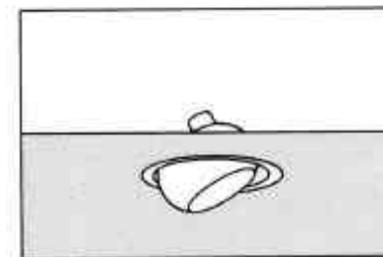
Downlight-Richtstrahler
mit Abblendmaske



Downlight-Richtstrahler
mit kardanischer Aufhängung

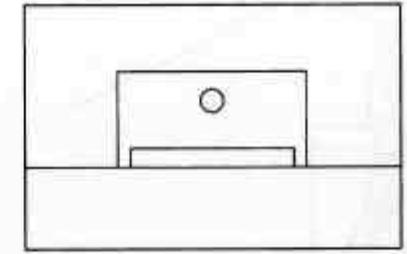
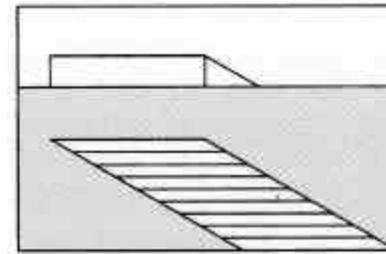


Downlight-Richtstrahler
als Kugel-Richtstrahler

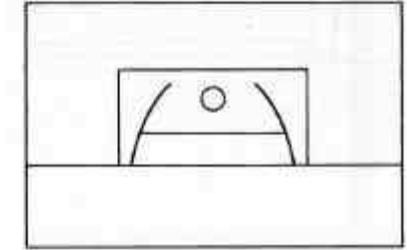
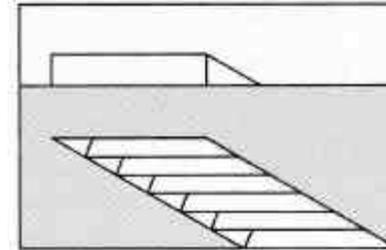


aus:Ganslandt, Handbuch der Lichtplanung, 1992

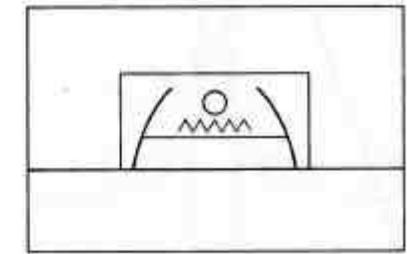
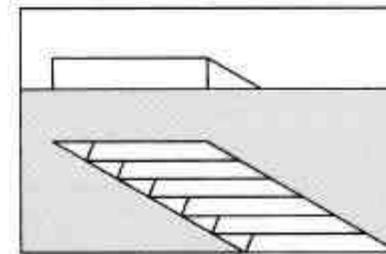
Leuchte mit Lamellenraster



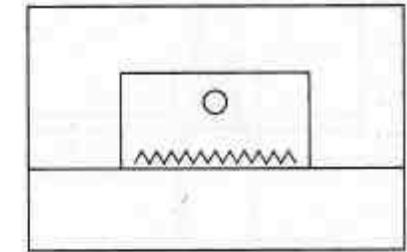
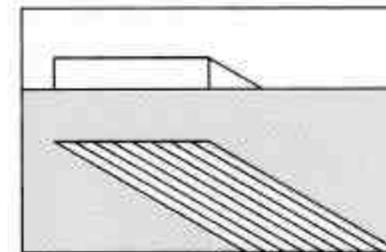
Leuchte mit Reflektorraster



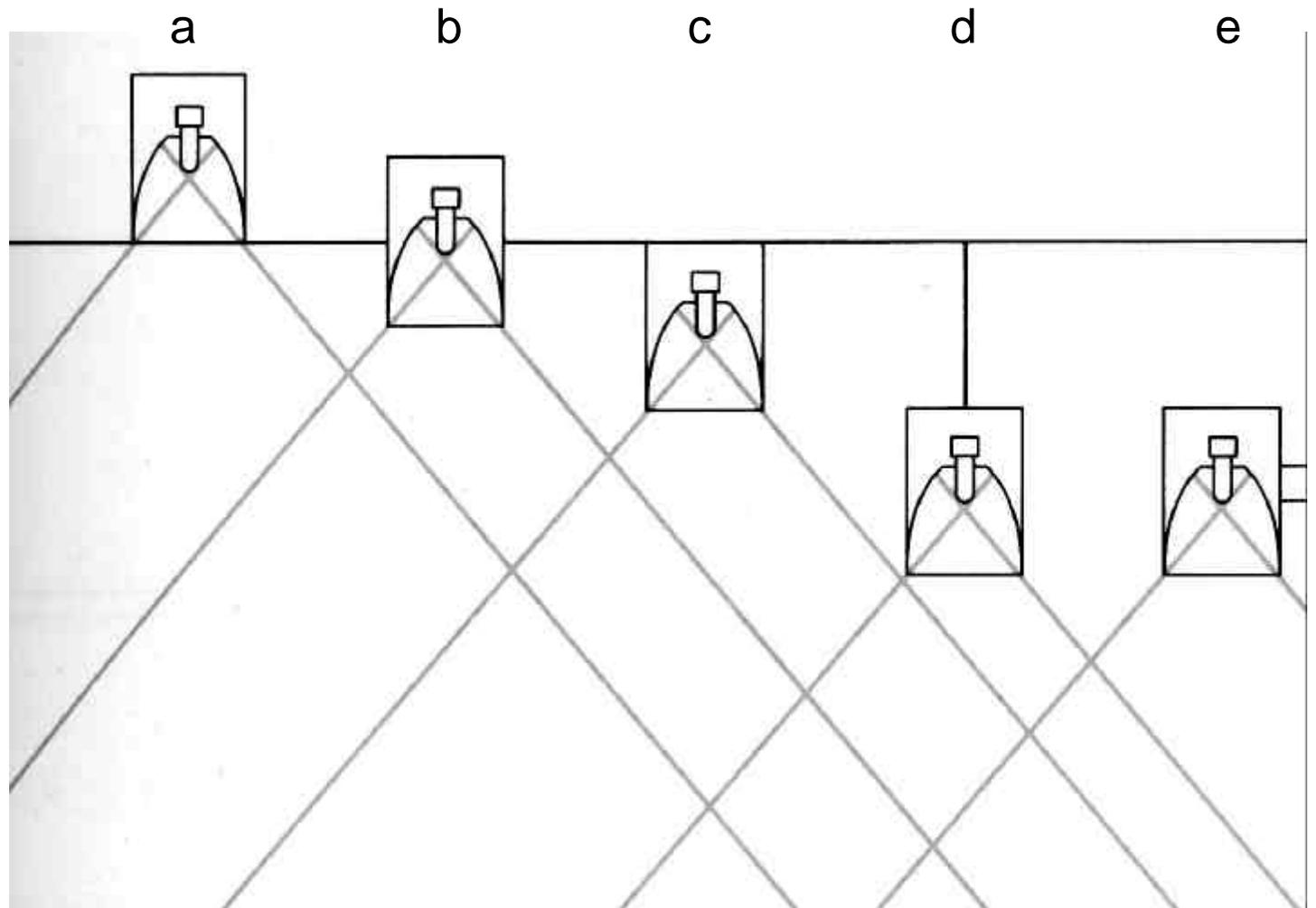
Leuchte mit Reflektorraster und
zusätzlichem Prismenraster zur
Reduktion der Lampenleuchtdichte
und Verbesserung der
Kontrastwiedergabe



Leuchte mit Prismenraster



aus:Ganslandt, Handbuch der Lichtplanung, 1992



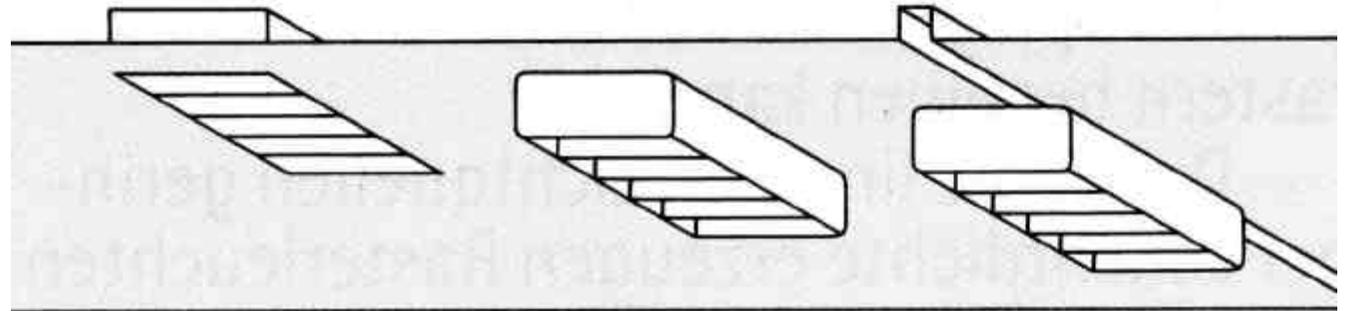
- a) Einbaumontage
- b) Halbeinbaumontage
- c) Aufbaumontage
- d) Abgependelte Montage
- e) Wandmontage

aus:Ganslandt, Handbuch der Lichtplanung, 1992

a

b

c

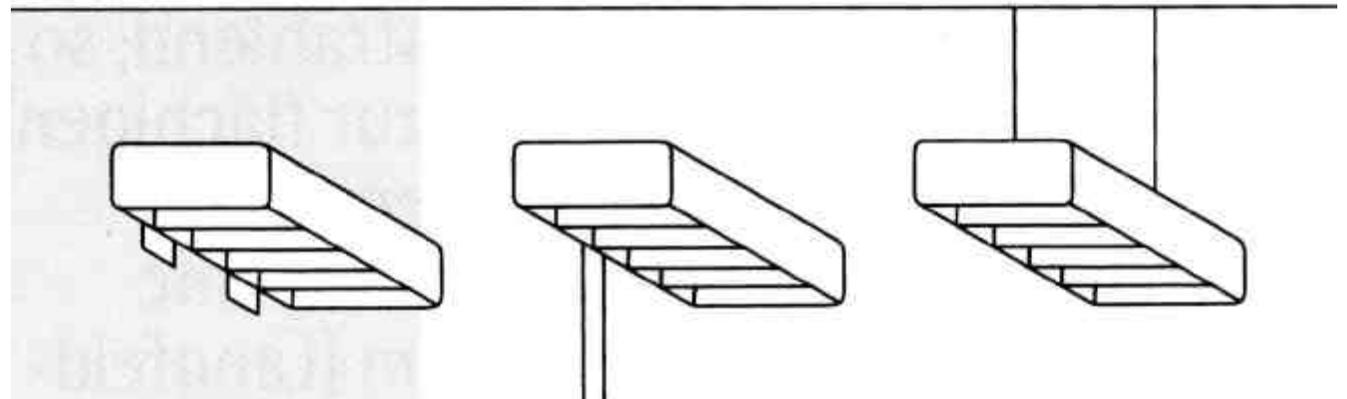


- a) Deckeneinbau
- b) Aufbau
- c) Montage an Stromschiene
- d) Wandmontage
- e) Ständermontage
- f) abgependelte Montage

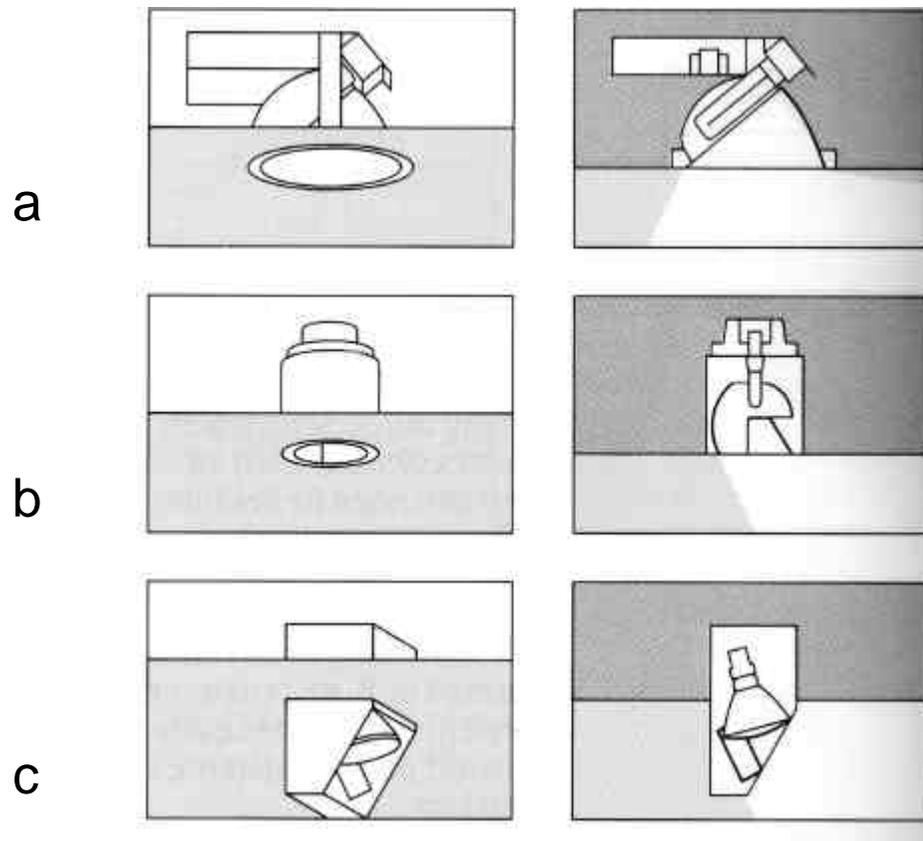
d

e

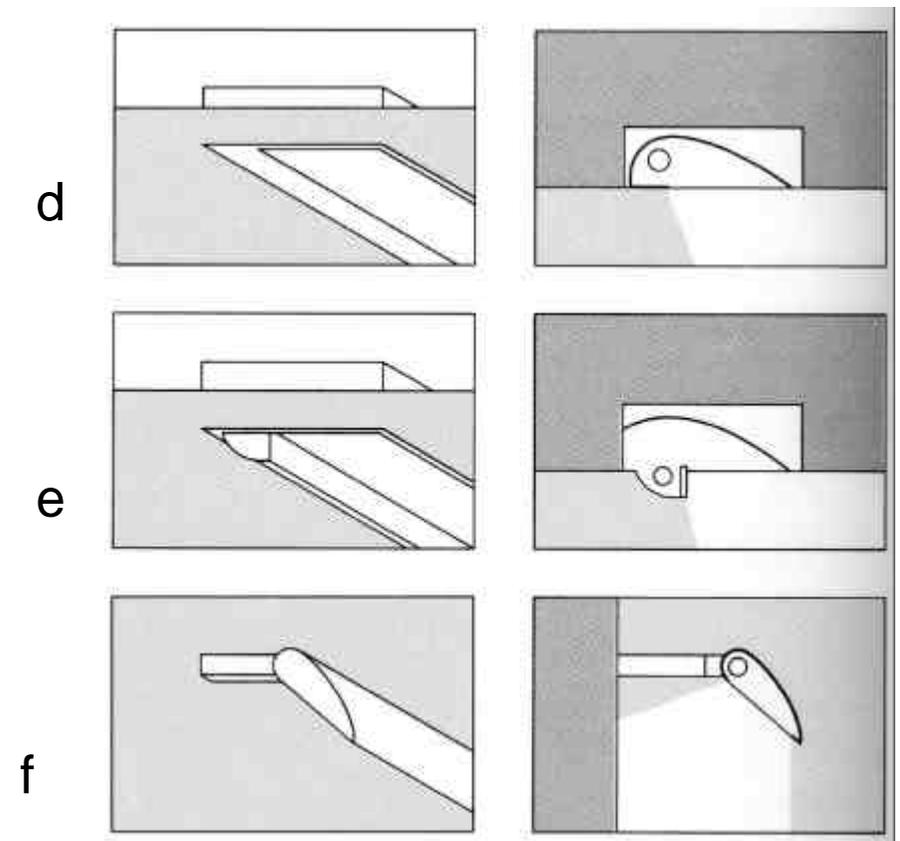
f



aus:Ganslandt, Handbuch der Lichtplanung, 1992

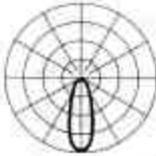
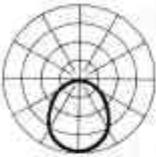
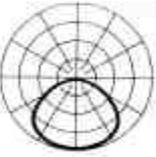
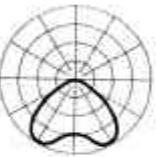
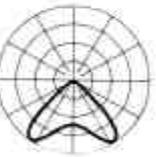
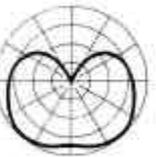
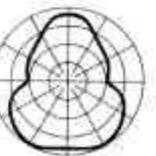
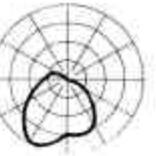


- a) Wandfluter für kompakte Leuchtstofflampen
- b) Wandfluter mit Ellipsoidreflektor für Halogenleuchtstofflampen
- c) Wandfluter mit Skulpturenlinse und Schaufelreflektor für Reflektorlampen



- d) Wandfluter für Leuchtstofflampen
- e) Wandfluter für Leuchtstofflampen
- f) Wandfluter für Auslegermontage

aus:Ganslandt, Handbuch der Lichtplanung, 1992

LVK	Bezeichnung	Leuchte η_{LB}	Leuchten für Leuchtstofflampen
	engstrahlend	A 60 0,81	Lichtleiste mit Reflektor
	tiefstrahlend	A 60 0,64	Lichtleiste mit Prismascheibe
	tief-breitstrahlend	A 41 0,67	Einbauleuchte, opale Abdeckung
	breitstrahlend "Darklight"	A 50 0,68	Spiegelraster
	breitstrahlend „Batwing“	A 50 0,66	Spiegelraster
	freistrahlend	B 31 0,66	Anbauleuchte mit opaler Abdeckung
	freistrahlend	C 22 0,97	freistrahkende Leuchtstofflampe
	schrägstrahlend „Asymmetrisch“	A 40 0,66	Spiegelraster

Aus: Ris, Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997

Lichtgestaltung ist in einen Ablauf von Planungsschritten eingebunden:

- Konzepte für die Beleuchtungsfunktionen entwickeln
- Lampentypen festlegen
- Leuchtentypen auswählen
- Beleuchtungsniveau definieren und Lampenleistung berechnen
- Stromkreise und Steuerung definieren

aus: Schmid et al., Bau und Energie Band 5, 2000

Schritte und Komponenten
der Beleuchtungsanlage
im Entstehungsprozeß bis
zum laufenden Betrieb

Gütekriterien,
Qualitätsmerkmale

Verantwortlich

Bauherr, Investor	Architekt	Lichtplaner	Nutzer, Betreiber
----------------------	-----------	-------------	----------------------

1. Nutzeranforderungen

Produktivität, Qualität,
Planungsgrundlagen



2. Zugrundegelegte Normen,
Vorschriften

Anforderungsgerechte
Einstufung



3. Lichtgestaltung, archit.
Anforderungen

Lichtatmosphäre,
Raumwirkung



4. Projektierung, Beleuch-
tungs- Berechnungen

Genauere Methoden
und Rechenverfahren



5. Raumgröße

Raumwirkungsgrad



6. Reflexionsgrad des Raumes

Raumwirkungsgrad



7. Tageslichtnutzung durch
Fenster, Oberlichter,
Lichtlenkung, Sonnenschutz

Tageslicht-Quotient



nach:IMPULS-Programm Hessen, Seminardokumentation Besseres Licht mit weniger Strom,1999

Schritte und Komponenten der Beleuchtungsanlage im Entstehungsprozeß bis zum laufenden Betrieb

Gütekriterien, Qualitätsmerkmale

Verantwortlich

		Verantwortlich				
		Bauherr, Investor	Architekt	Lichtplaner	Nutzer, Betreiber	
8. Lampenart	Lumen/Watt			■		
9. Leuchtenart, -Lichtlenkung, Lichtverteilung -Reflexion -Raster, Entblendung	Wirkungsgrad, Entblendung, Lichtatmosphäre			■		
10. Vorschaltgeräte, Trafos	Verlustleistung			■		
11. Steuer- u. Regelungstechnik - tageslichtabhängig - anwesenheitsabhängig - nutzungsabhängig	Reduzierung der Vollbetriebszeit			■		
12. Gebäudeautomatisierung, Energiecontrolling	Koordinierung mit anderen Gewerken			■		
13. Betriebsweise, Wartung	z.B. geringe Verschmutzung					■
14. Nutzungsdauer	z.B. während Tageslichtzeit					■

nach:IMPULS-Programm Hessen, Seminardokumentation Besseres Licht mit weniger Strom,1999

Einfluß der Planungsparameter auf die Energieeffizienz einer Beleuchtungsanlage:

besonders groß:

- Lampentyp (Glühlampe, Entladungslampe)
- Nennbeleuchtungsstärke als Planungsvorgabe
- Steuerung, Regelung der Beleuchtung (nutzungsabhängig, tageslichtabhängig)

weniger groß:

- Leuchtenbetriebswirkungsgrad
- Betriebsgeräte (konventionell, elektronisch)
- Reflexionsgrad (Farbe der Raumflächen)

nach:IMPULS-Programm Hessen, Rationell Stromnutzung CD-ROM,1999

Nennbeleuchtungs- stärke E_n in Lux	Installationsleistung in Watt/m ² Grundfläche des Raumes*		
	Leuchten ca. 2m über zu beleuchtender Fläche	Leuchten ca. 3m über zu beleuchtender Fläche	Leuchten ca. 4m über zu beleuchtender Fläche
1000	50	60	64
500	25	30	32
300	15	17	19
100	5	6	6

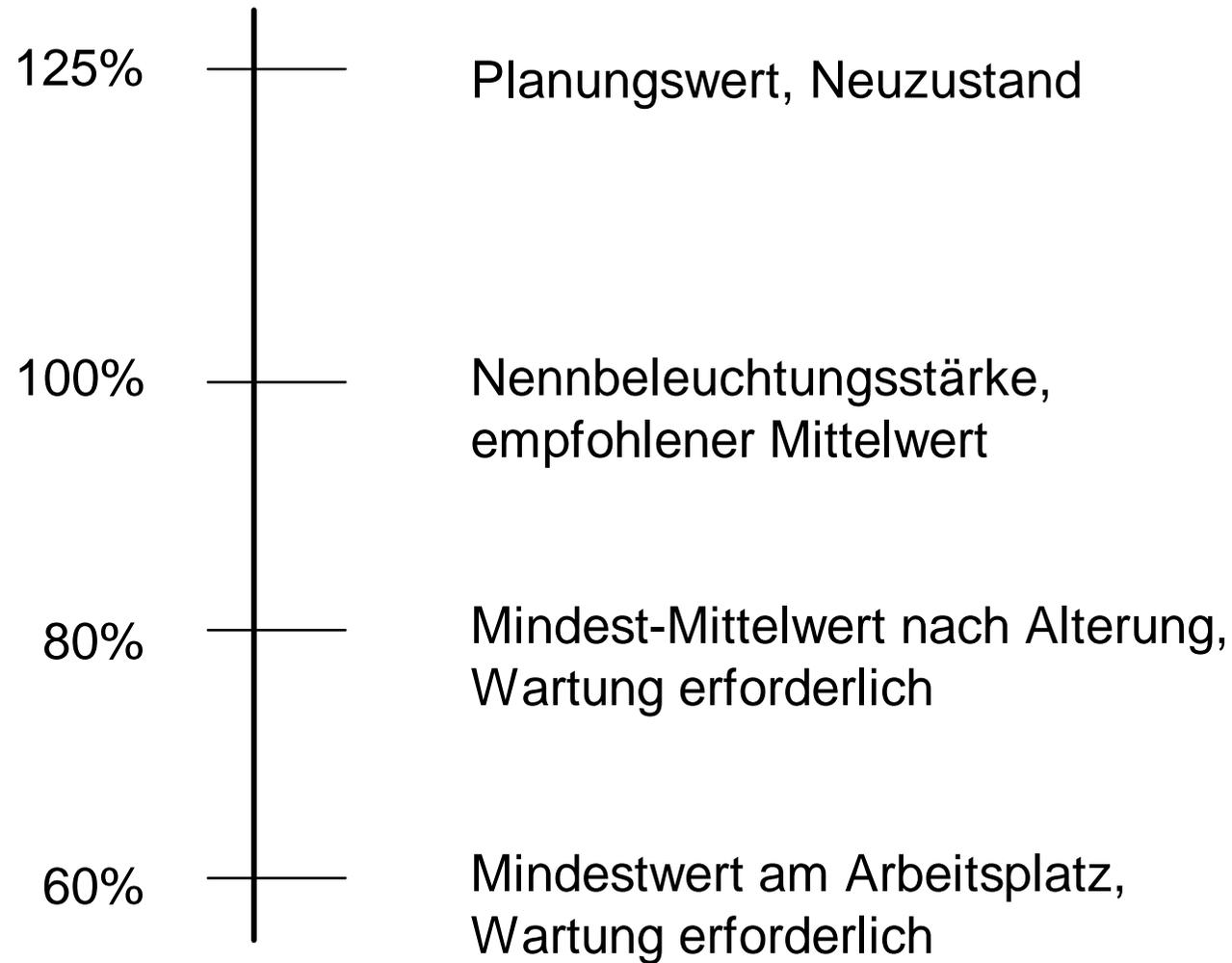
*gilt nur für Leuchtstofflampen; für andere Lampenarten entspr. Multiplikationsfaktor verwenden

aus: ASR 7/3 - Künstliche Beleuchtung

Lampenart	Faktor
-----------	--------

Glühlampe	4
Halogen-Glühlampe	1,6
Leuchtstofflampe	1
Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	0,8
Indium-Amalgam-Leuchtstofflampe (3-Banden-Lampe)	0,6
Natriumdampf-Hochdrucklampe	0,5
Halogen-Metallampf-Lampe	0,5

aus: ASR 7/3 - Künstliche Beleuchtung



aus: RWE Energie Bau- Handbuch, 1994

1. Zustand der Beleuchtungsanlage

Berücksichtigung von Verschmutzung der Beleuchtungsanlage 1,25 = Planungsfaktor

2. Nennbeleuchtungsstärke E [lx]

nach Art der Tätigkeit (DIN 5035 Teil 2 bzw. ASR 7/3)

3. Raumkoeffizient k [-]

Berücksichtigung der Raumgeometrie

4. Lichtstrom F [lm]

aus dem Lampenkatalog entsprechend der gewählten Lampe

5. Leuchtenbetriebswirkungsgrad h_{LB}

aus dem Leuchtenkatalog entsprechend der gewählten Leuchte

6. Raumwirkungsgrad h_R

Berücksichtigung der Lichtverteilung der Leuchte im Raum, aus Tabellen

Raumkoeffizient k

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

a Raumlänge

b Raumbreite

h Aufhängehöhe der Leuchte über der Nutzebene

Höhe der Nutzebene (Tischhöhe) 0,85 m

Raumwirkungsgrad (Reflexionszahl) h_R

ist Funktion von:

Reflexionsgraden von Decke, Boden, Wänden

Raumkoeffizient k

Leuchtenart

Anzahl der Leuchten

- E Nennbeleuchtungsstärke [lx]
- A Raumfläche [m²]
- z Lampenzahl pro Leuchte [-]
- Φ Lampenlichtstrom nach Katalog
- η_{LB} Leuchtenbetriebswirkungsgrad nach Katalog [-]
- η_R Raumwirkungsgrad aus Tabellen [-]
- η_{BL} RBeleuchtungswirkungsgrad aus Tabellen [-]

$$n = \frac{1,25 \cdot E \cdot A}{z \cdot \Phi \cdot \eta_{LB} \cdot \eta_R}$$

$\underbrace{\eta_{LB} \cdot \eta_R}_{\eta_B}$

Ein Besprechungszimmer mit einer Grundfläche von 15m x 8m und einer Raumhöhe von 3,40m soll mit Leuchten mit 2 Kompakt- Leuchtstofflampen bestückt werden. Die geforderte Beleuchtungsstärke E beträgt 300lx.

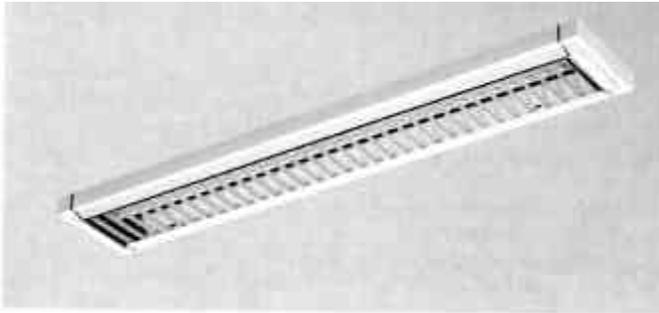
ausgewählte Leuchte:
Spiegelrasterleuchte A 42 breitstrahlend

Raummaße:
a = 15,00m
b = 8,00m
H = 3,40m
h = 2,55m (=H-Tischhöhe 0,85m)

ausgewählte Lampe:
Kompakt-Leuchtstofflampe
Lichtstrom $\Phi = 1800\text{lm}$

Reflexionsgrade
? Decke = 0,8
? Wand = 0,5
? Boden = 0,3

Wieviele Leuchten werden benötigt?



Philips Leuchte TCS 662 - direkt/indirekt breitstrahlend (Spiegelrasterleuchte)

Leuchtenkenndaten: B51
bestückt mit 2 TL-D 36W (Leuchtstofflampe)

Lichtstärkeverteilung (LVK)

Lichtstärke I

Beleuchtungswirkungsgrad η_B

Raumkoeffizient k

Reflexionsgrad für Decke, Wand, Boden

LMK1294	cd/1000lm					room index									
	γ	0°	30°	60°	90°	70			50			30		0	
	0	133	133	133	133	50			50			30		0	
	5	134	133	131	130	30			30			10		0	
	10	138	135	129	126	0.60	0.30	0.25	0.21	0.27	0.22	0.19	0.19	0.17	0.13
	15	147	138	126	120	0.80	0.38	0.32	0.28	0.33	0.28	0.25	0.25	0.22	0.18
	20	164	147	122	113	1.00	0.44	0.38	0.34	0.38	0.34	0.30	0.29	0.27	0.21
	25	182	158	119	105	1.25	0.49	0.44	0.39	0.43	0.39	0.35	0.33	0.31	0.25
	30	195	166	116	96	1.50	0.54	0.48	0.44	0.46	0.42	0.39	0.36	0.34	0.27
	35	203	169	112	86	2.00	0.60	0.55	0.51	0.51	0.48	0.45	0.40	0.38	0.31
	40	206	167	98	76	2.50	0.64	0.59	0.56	0.55	0.52	0.49	0.43	0.41	0.33
	45	190	159	100	66	3.00	0.66	0.63	0.59	0.57	0.54	0.52	0.44	0.43	0.35
	50	154	136	89	55	4.00	0.70	0.67	0.64	0.60	0.57	0.55	0.47	0.46	0.37
	55	104	100	74	44	5.00	0.72	0.69	0.67	0.61	0.59	0.58	0.48	0.47	0.38
	60	65	65	56	33										
	65	41	41	35	23										
	70	16	23	17	17										
	75	3	11	12	12										
	80	1	6	7	8										
85	0	3	3	4											

aus: Philips Licht, Architektonische Beleuchtung Katalog, 1993-94

Berechnung des Raumkoeffizienten k:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{15 \cdot 8}{2,55 \cdot (15 + 8)} = 2$$

Raumwirkungsgrad $\eta_R = 0,72$

(für k=2 und Reflexionsgrade ρ für Decke=0,8, Wand=0,5 und Boden=0,3)

Leuchtenbetriebswirkungsgrad $\eta_{LB} = 0,7$

Berechnung der Leuchtenanzahl n:

$$n = \frac{1,25 \cdot E \cdot A}{z \cdot \Phi \cdot \eta_{LB} \cdot \eta_R} = \frac{1,25 \cdot 300lx \cdot 15m \cdot 8m}{2 \cdot 1800lm \cdot 0,70 \cdot 0,72} = 24,8$$

Es werden 25 Leuchten benötigt.

- Beleuchtung nach Nutzungsbereichen und Nutzungsart definieren
- Stromkreise gemäß Raumnutzung aufteilen
- In der Lichtkonzeption zwischen Tätigkeitsbereich und Wahrnehmungsfeld unterscheiden
- Durch szenisches Dimmen die Nutzungsqualität von Architektur erhöhen
- Durch Lichtsteuerung und Lichtregelung den elektrischen Energieverbrauch reduzieren
- Steuerung der individuellen Beleuchtung durch den Nutzer sicherstellen
- Durch Licht Räume gliedern und Wahrnehmungshierarchien aufbauen
- Durch Lichtakzente Blickpunkte schaffen
- Mit Licht Räume merkfähig machen
- Mit Innen- bzw. Außenlicht einem Gebäude bei Dunkelheit ein prägnantes Aussehen geben

nach:IMPULS-Programm Hessen, Rationell Stromnutzung CD-ROM,1999

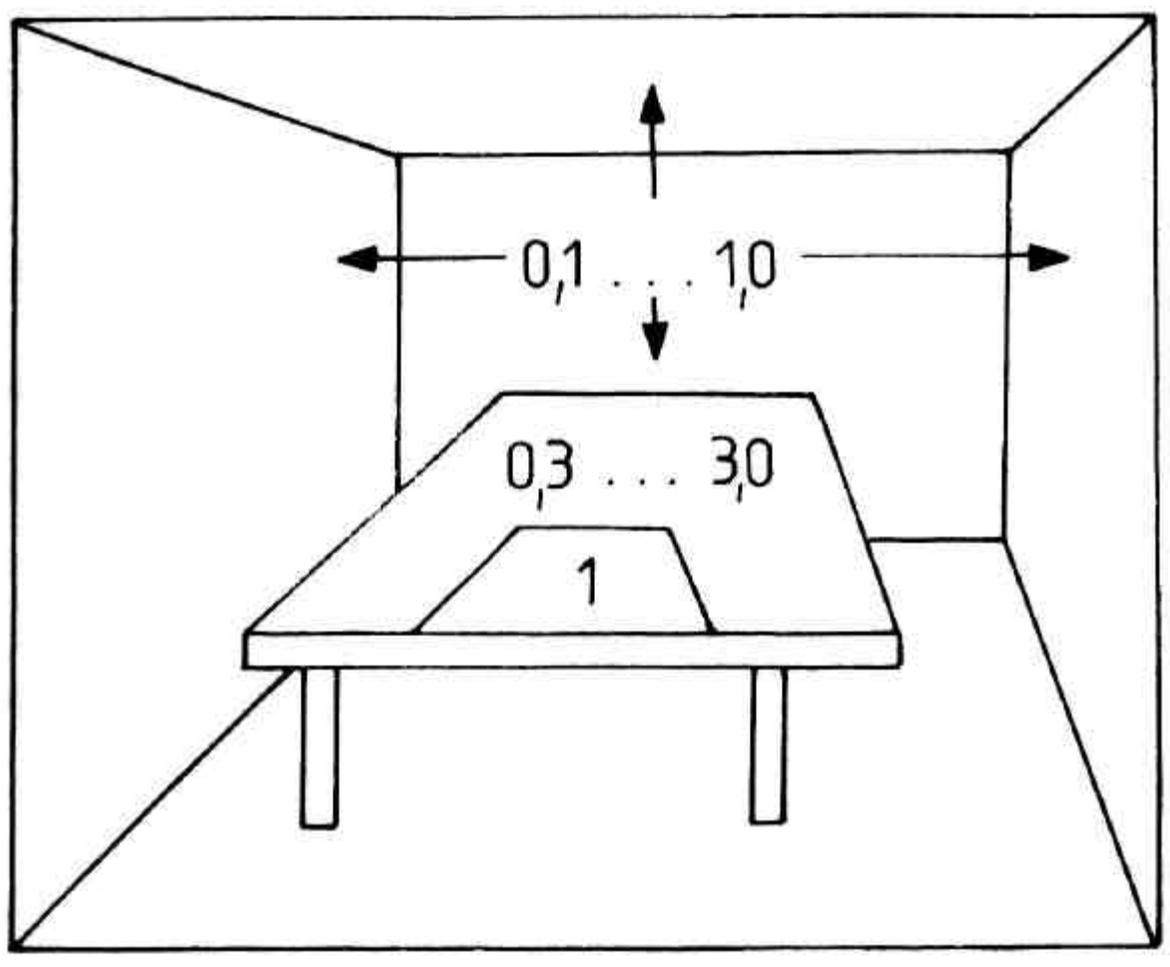
- Innenräume primär mit Tageslicht versorgen und Ausblick in den Außenraum ermöglichen
- Aus Energiegründen Tageslicht am Arbeitsplatz optimal nutzen und die elektrische Beleuchtung tageslichtabhängig steuern
- Bei der Tageslichtkontrolle zwischen Sonnenschutz und Blendschutz unterscheiden
- Den Nutzen einer Tageslichtlenkung diskutieren
- Lampen gemäß Anforderungen an die Lichtqualität auswählen
- Anzahl der Lampentypen begrenzen
- Leuchten nach Beleuchtungsfunktionen auswählen
- Leuchten als Lichtwerkzeug und Architekturdetail betrachten
- Leuchtenanordnungen nach funktionalen sowie formalen Kriterien entscheiden
- Wartungs- und Reinigungspläne erstellen

nach:IMPULS-Programm Hessen, Rationell Stromnutzung CD-ROM,1999

Zu einer ausgewogenen Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld tragen bei:

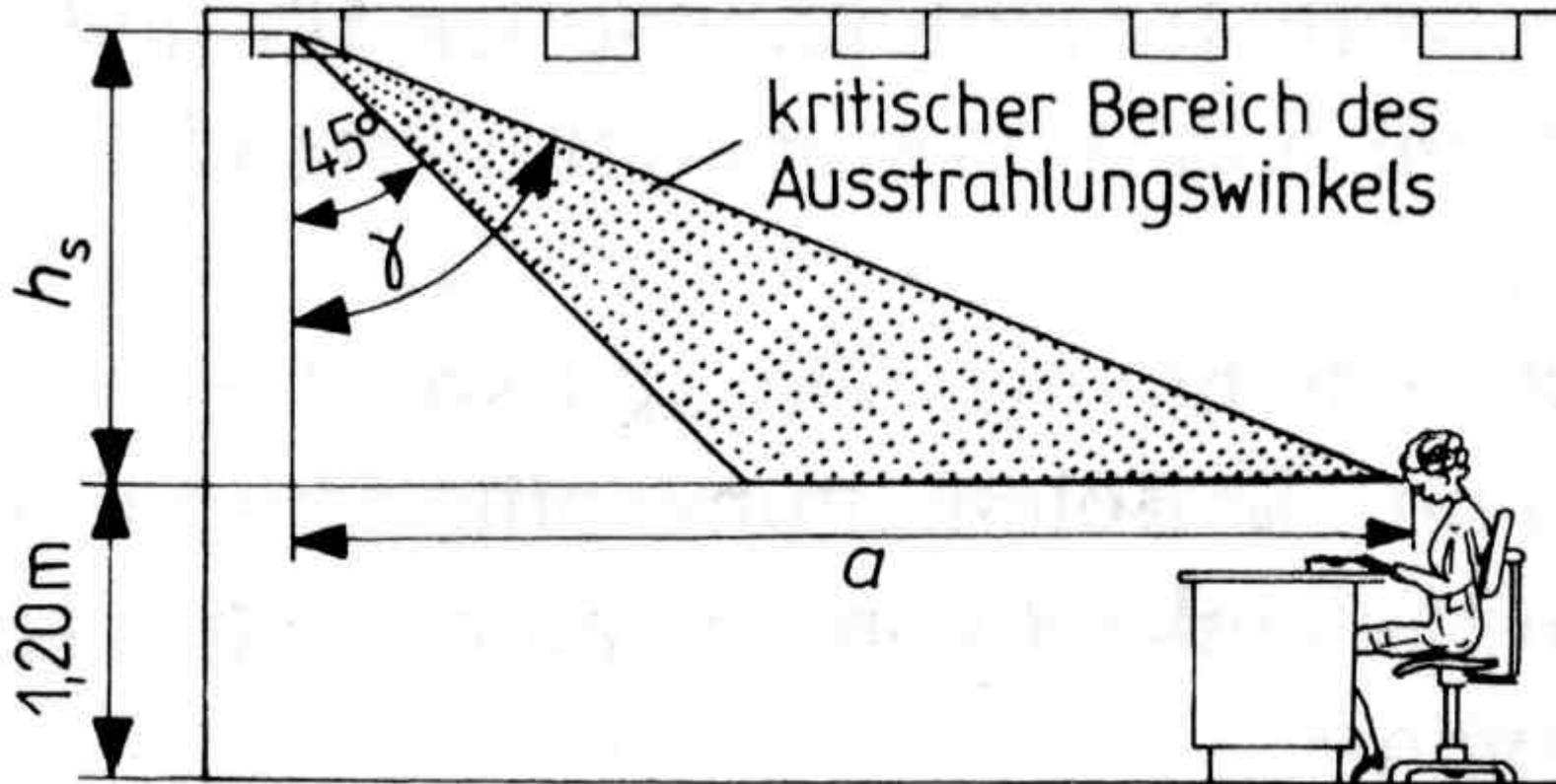
- Allgemeinbeleuchtung oder arbeitsplatzorientierte Beleuchtung
- indirekte Anteile der Beleuchtung bewirken eine Verbesserung der Gleichmäßigkeit
- Nicht zu geringe Reflexionsgrade der Raumbegrenzungsflächen;
empfohlen: Decke 0,7
 Wände 0,5
 Boden 0,2
- Leuchtdichteverhältnis Sehaufgabe - nahes Umfeld max. 3:1
 Leuchtdichteverhältnis Sehaufgabe - weites Umfeld max. 10:1

nach:Fördergemeinschaft Gutes Licht ,Band 4



Am Arbeitsplatz soll die Leuchtdichte des Sehobjekts wenn möglich heller als die Tischfläche sein und sich etwa bis 3:1 (aber evtl. auch bis 1:3) verhalten

aus: Ris, Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997



Ausstrahlungsbereich einer Leuchte, in dem die Leuchtdichtebegrenzung eingehalten werden muß

aus: DIN 5035 Teil 1

Güteklassen von Beleuchtungsanlagen nach DIN 5035:

Güteklasse GK A: sehr hohe Anforderungen (gilt für Bildschirmarbeitsplätze)

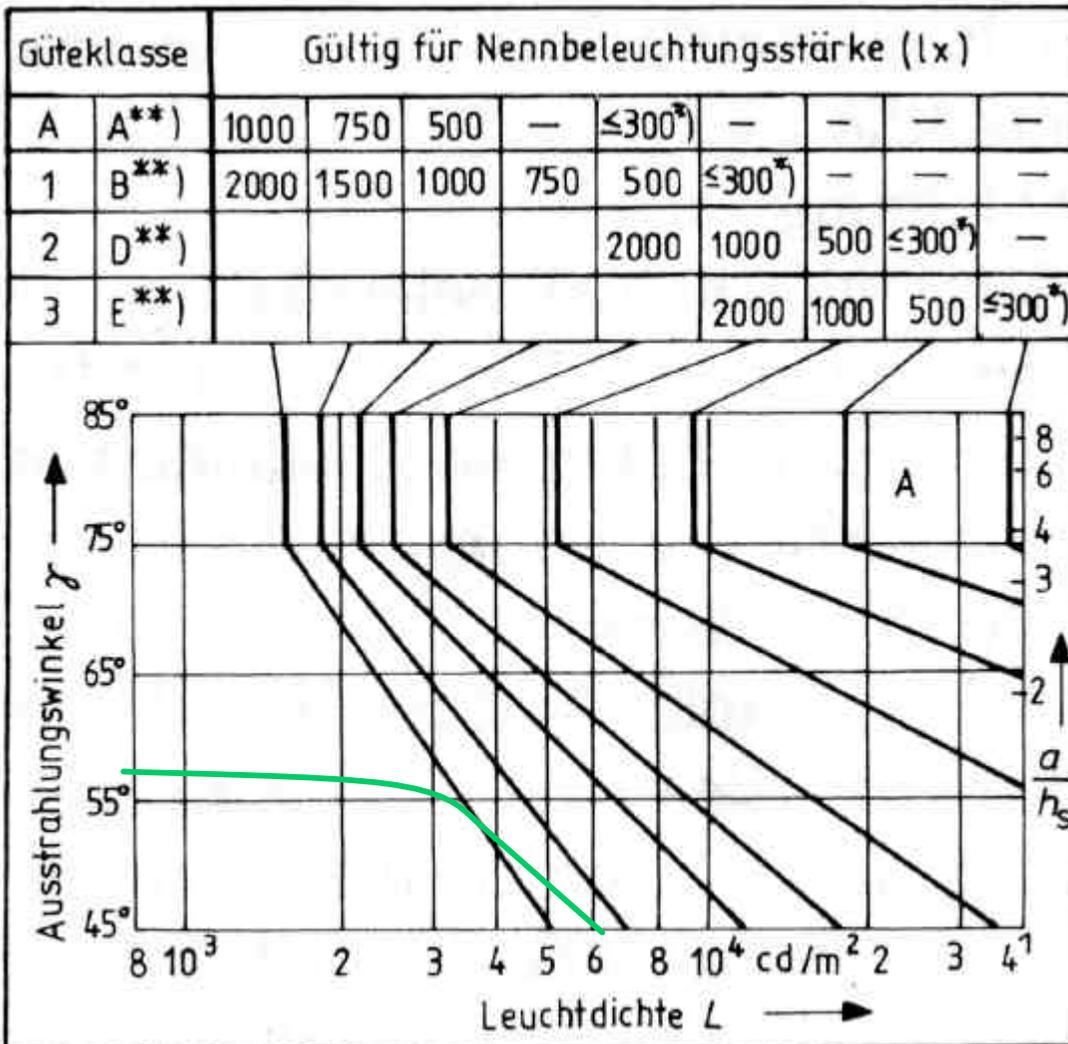
Güteklasse GK 1: hohe Anforderungen

Güteklasse GK 2: mittlere Anforderungen

Güteklasse GK 3: geringe Anforderungen

Nicht international genormt. Nach CIE werden fünf Klassen definiert, A, B, C, D, E.

aus: Ris, Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997



^{*})gerechnet für $E_n = 250 \text{ lx}$ ^{**})nach CIE-Publikation Nr. 29.2

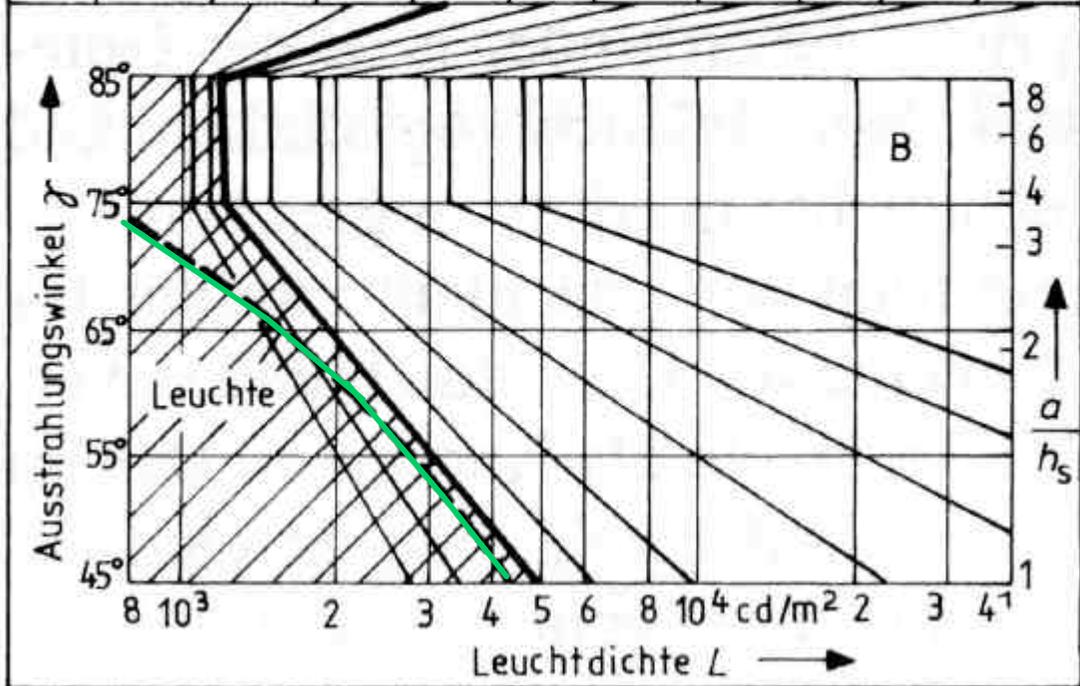
— Dreibanden-
Leuchtstofflampe 58W
C90-270

Die Leuchte ist anwendbar für
Güteklasse A bis zu einer
Nennbeleuchtungsstärke von 750 lx

Leuchtdichte-Grenzkurven A, gültig für langgestreckte Leuchten, die parallel zur Blickrichtung montiert sind und für Leuchten ohne leuchtenden Seitenteile.

aus: DIN 5035 Teil 1

Gütekategorie		Gültig für Nennbeleuchtungsstärke (lx)								
A	A ^{**})	1000	750	500	—	≤300 [*])	—	—	—	—
1	B ^{**})	2000	1500	1000	750	500	≤300 [*])	—	—	—
2	D ^{**})					2000	1000	500	≤300 [*])	—
3	E ^{**})					—	2000	1000	500	≤300 [*])



^{*}) gerechnet für $E_n = 250 \text{ lx}$ ^{**}) nach Publikation Nr. 29.2



Die Leuchte ist anwendbar für Güteklasse A bis zu einer Nennbeleuchtungsstärke von 500 lx

Leuchtdichte-Grenzkurven B, gültig für quer zur Blickrichtung angeordnete, langgestreckte, quadratische und runde Leuchten mit leuchtenden Seitenteilen, z.B. frei strahlende Leuchten und Wannenleuchten.

aus: DIN 5035 Teil 1

Beispiel 1

Nennbeleuchtungsstärke 300 lx/ 500 lx
Bürraum, fensterorientierte Arbeitsplätze

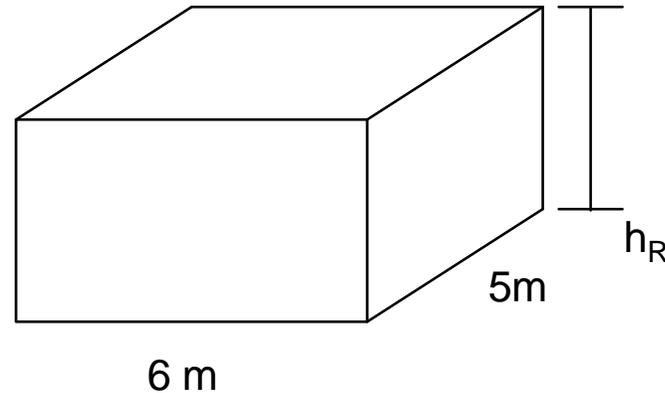
$$A = 30 \text{ m}^2$$

$$h_R = 3 \text{ m}$$

Höhe der Arbeitsfläche 0,85 m

Aufbauleuchte/ Leuchtstofflampe

$$h_{\text{Leuchte}} = 3 \text{ m} - 0,85 \text{ m} = 2,15 \text{ m} \sim 2 \text{ m}$$



a) 300 lx

-> Tabelle 15 W/m²

$$\text{gesamt } P = 15 \text{ W/m}^2 * 30 \text{ m}^2 = 450 \text{ W}$$

1 Leuchtstofflampe ca 60 W -> 7,5 Lampen -> 8 Lampen

b) 500 lx

-> Tabelle 25 W/m²

$$\text{gesamt } P = 25 \text{ W/m}^2 * 30 \text{ m}^2 = 750 \text{ W}$$

1 Leuchtstofflampe ca 60 W -> 12,5 Lampen -> 13 Lampen

nach ASR 7/3 Künstliche Beleuchtung

Beispiel 2

Nennbeleuchtungsstärke 200 lx
Eingangshalle

$$A = 100 \text{ m}^2$$

$$h_R = 4 \text{ m}$$

a) Lichtstruktur mit Leuchtstofflampen
Höhe über Boden 3 m

b) Halogenspots/ Netzspannung
Höhe über Boden 4 m

a) -> Tabelle 11 W/m²
gesamt $P = 11 \text{ W/m}^2 * 100 \text{ m}^2 = 1100 \text{ W}$

1 Leuchtstofflampe ca 55 W -> 20 Leuchten

b) -> Tabelle 13 W/m²
 $P = 13 \text{ W/m}^2 * 100 \text{ m}^2 = 1300 \text{ W}$

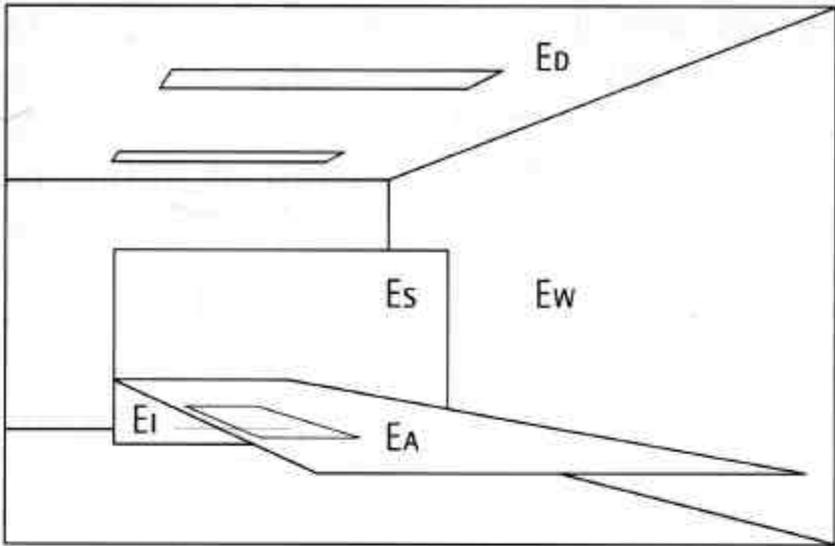
HalogenSpot 75 W bei 230 V

Multiplikationsfaktor für andere Lampenart für Lichtausbeute 1,6

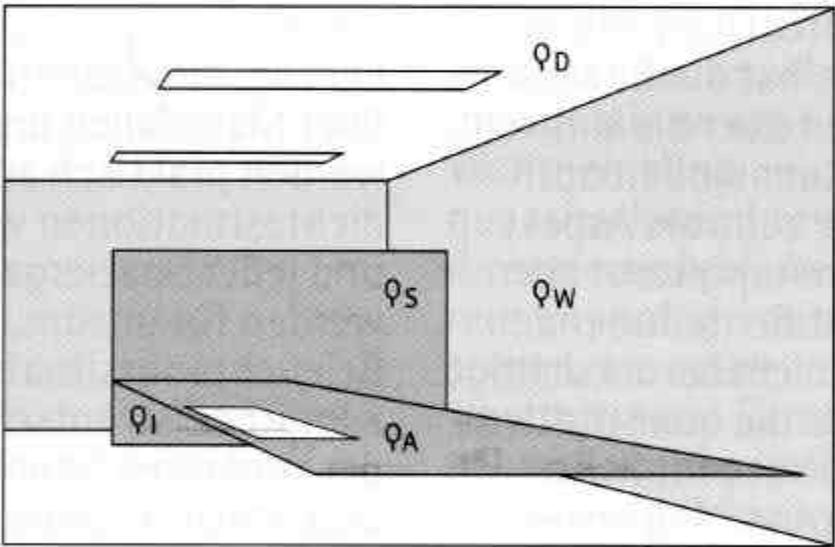
$$\text{gesamt } P = 1300 \text{ W} * 1,6 = 2080 \text{ W}$$

$$\text{-> } 2080 / 75 = 27,7 \text{ -> } 28 \text{ Spots}$$

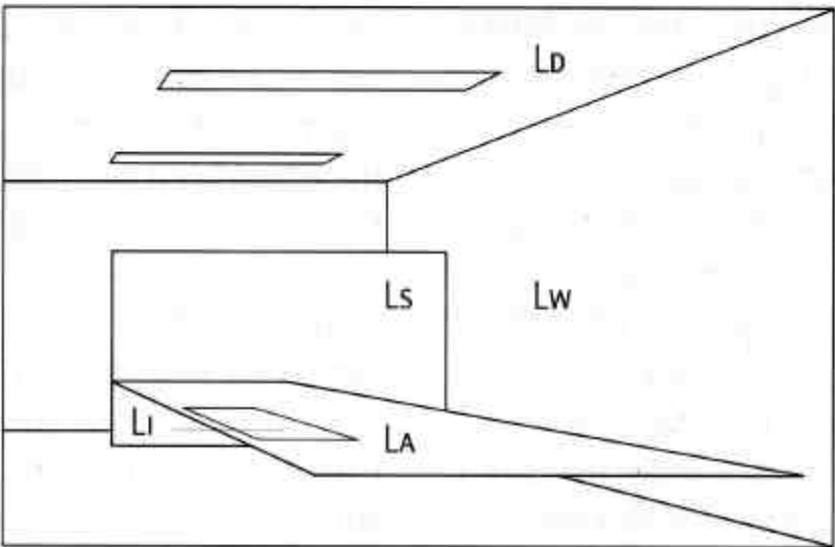
nach ASR 7/3 Künstliche Beleuchtung



$E_i = 500 \text{ lx}$ Sehaufgabe
 $E_A = 500 \text{ lx}$ Arbeitsfläche
 $E_D = 50 \text{ lx}$ Decke
 $E_W = 200 \text{ lx}$ Wand
 $E_S = 200 \text{ lx}$ Stellwand



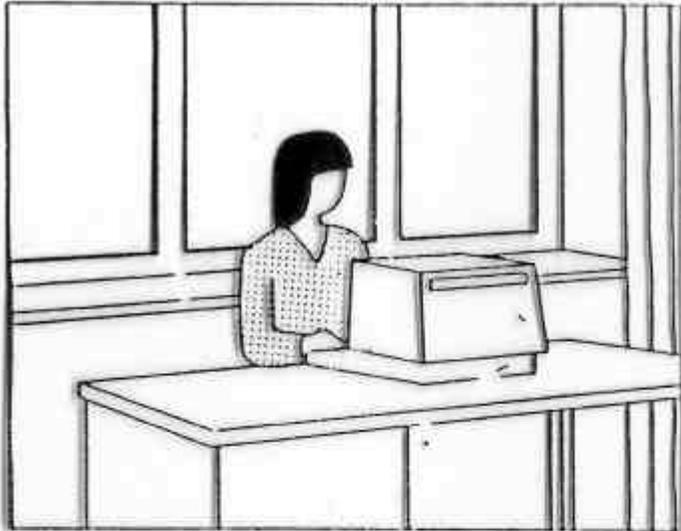
$\rho_i = 0,7$ weiß
 $\rho_A = 0,3$ grau
 $\rho_D = 0,7$ weiß
 $\rho_W = 0,5$ hellgrau
 $\rho_S = 0,3$ grau



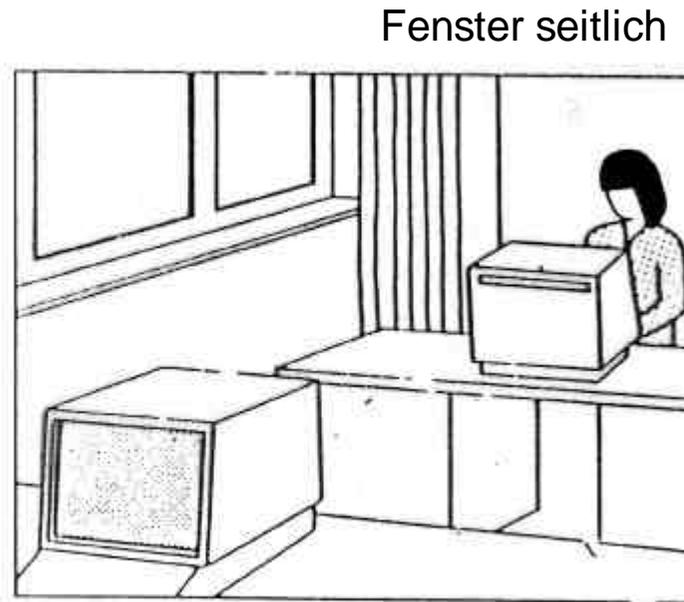
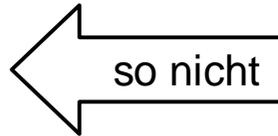
$L_i = 111 \text{ cd/m}^2$
 $L_A = 48 \text{ cd/m}^2$
 $L_D = 11 \text{ cd/m}^2$
 $L_W = 32 \text{ cd/m}^2$
 $L_S = 19 \text{ cd/m}^2$

$L = (E \cdot \rho) / \pi$

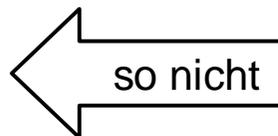
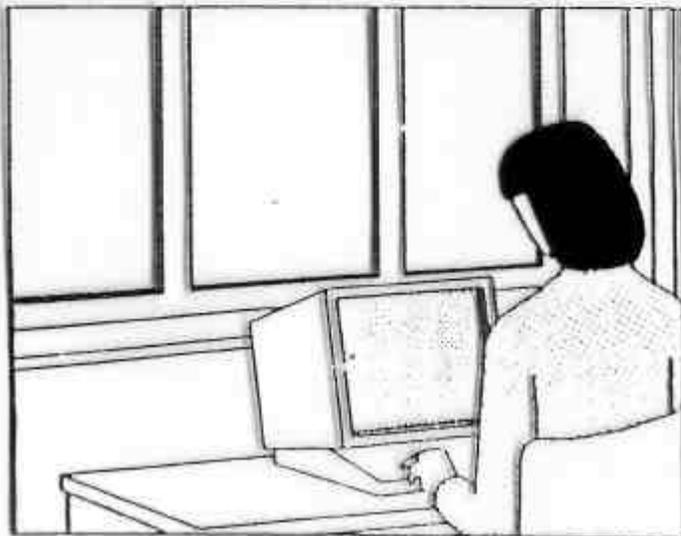
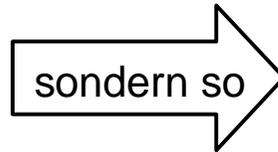
aus: Ganslandt, Handbuch der Lichtplanung, 1992



Fenster von hinten



Fenster seitlich



Fenster von vorn

Lichtausbeute Kunstlicht

10 bis 90 lm/W

Lichtausbeute Tageslicht

80 bis 110 lm/W

direktes Tageslicht

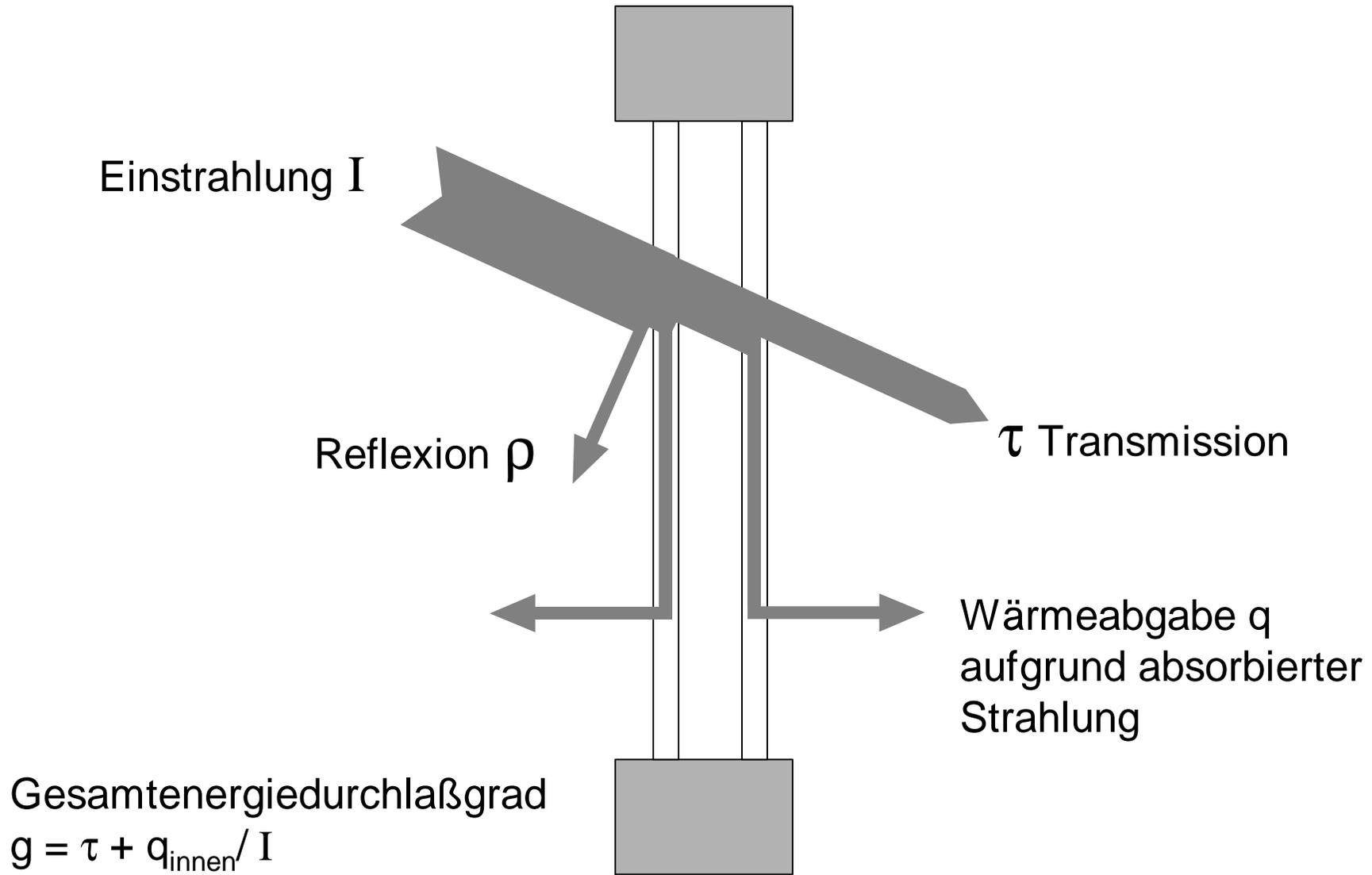
bedeckter Himmel

Elektrischer Energieverbrauch eines Büros ohne Tageslicht bei wochentäglich 8 h Nutzung:

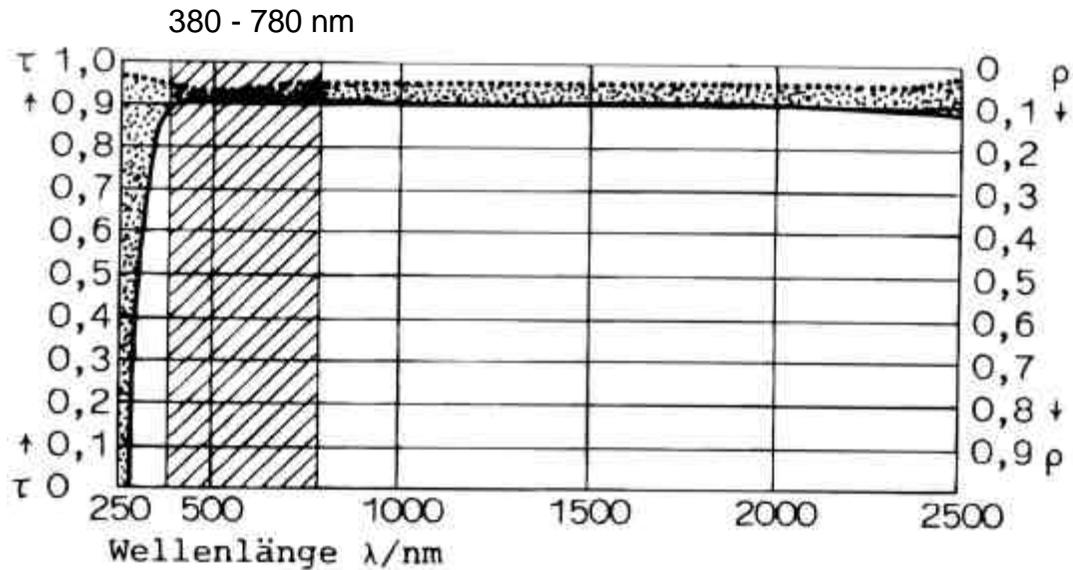
20 kWh/m²a ≈ Primärenergie von 60 kWh/m²a

Arbeit im Freien: 95% der Zeit mit vorhandenem Tageslicht

aus: SolarBau Monitor, Energieeffizienz und Solarenergienutzung im Nichtwohnbau, 2000

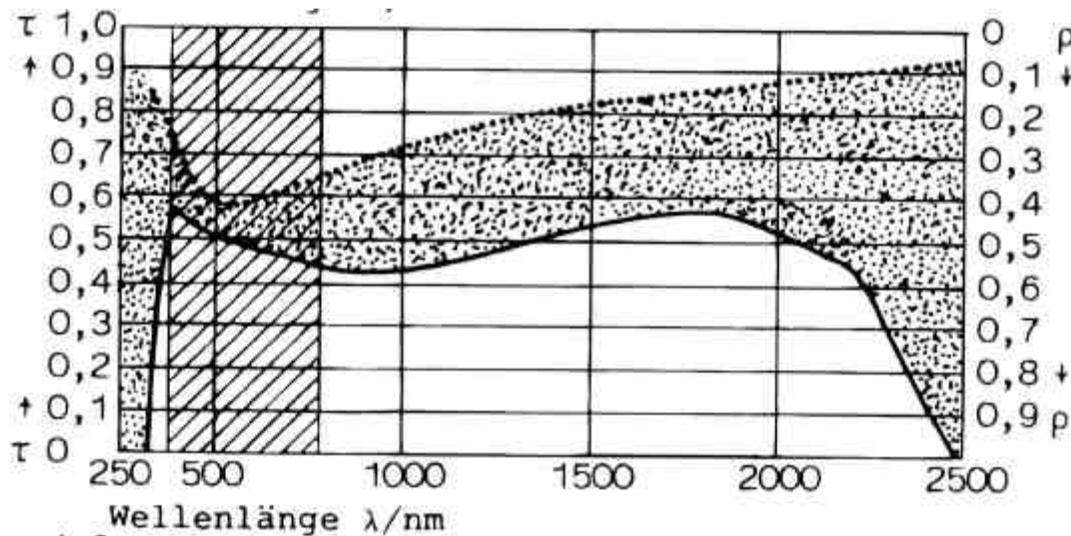


nach: Ris, Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997



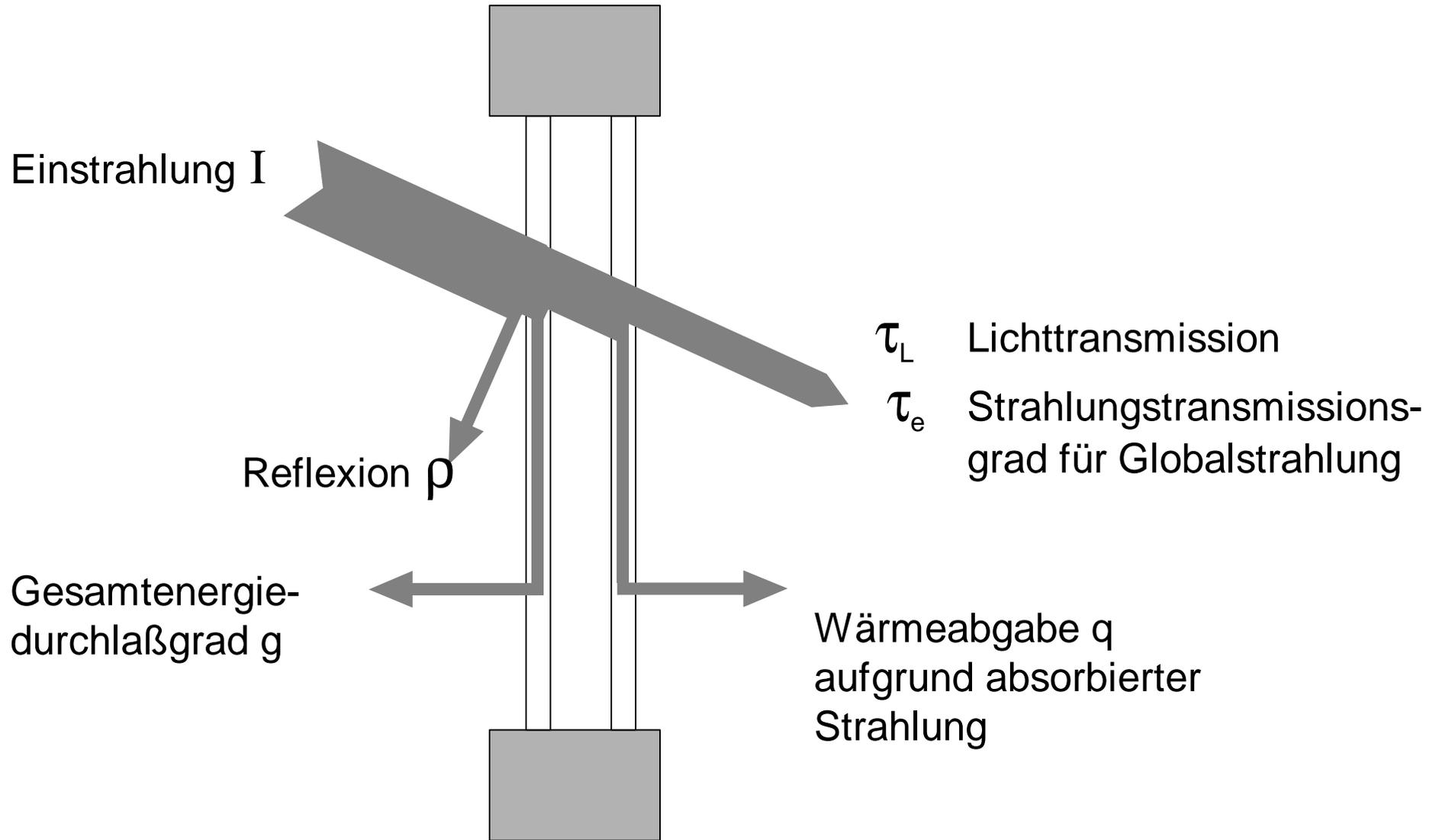
Spektrale
 Transmissionsgrade | ———
 Reflexionsgrade ρ | ———
 Absorptionsgrade α |
 als Licht wirksamer
 (sichtbarer) Anteil | ▨

Hoch strahlungsdurchlässiges Sonder-
 Gußglas (6 mm dicke Einfeldscheibe)



Farbneutrale Sonnenschutz-Doppelscheibe
 (2x6 mm), im (auch energetisch
 ausschlaggebenden) Bereich fast nur durch
 erhöhte Reflexion wirkend

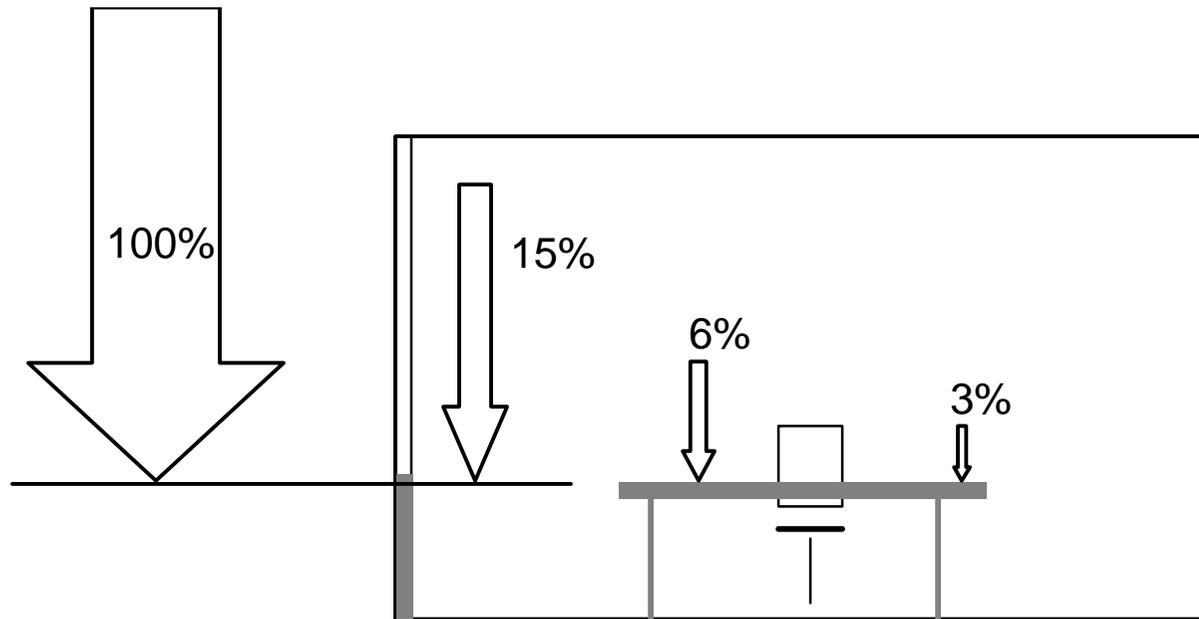
nach: Lutz, Jenisch et al., Lehrbuch der Bauphysik, 1994



nach: Ris, Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997

Verglasungsart	Lichttransmission τ_L	Strahlungstransmissionsgrad für Globalstrahlung τ_e	Gesamtenergiedurchlaßgrad g	Aufbau
Warmglas neutral	73	40	56	6 / 12 / :8 Ar
Warmglas neutral	73	40	49	6: / 12 / 8 Ar
Sonnenschutz-Isoliergas	67	32	34	6: / 16 / 4 Ar

nach: interpane



Tageslichtquotient D [%]

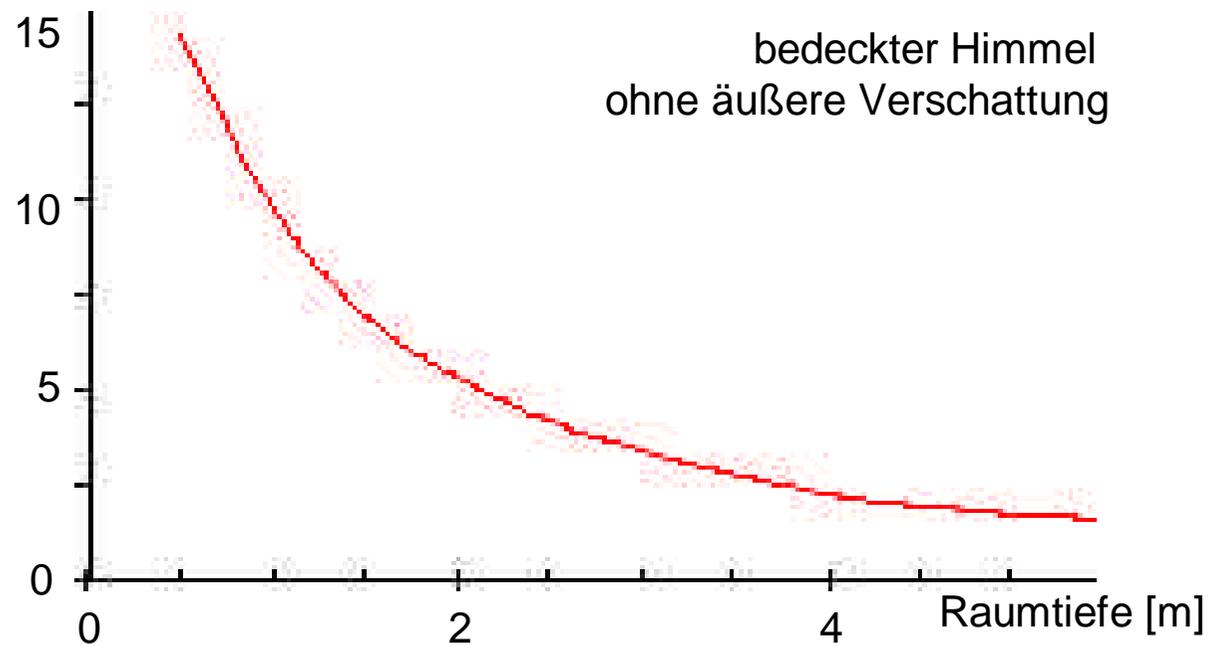
$$D = \frac{E_i}{E_a}$$

mit:

D Tageslichtquotient

E_i Beleuchtungsstärke innen [lux]

E_a Beleuchtungsstärke außen [lux]



nach: Institut Wohnen und Umwelt, Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau, 2000

Im Freien auf unverbauter Fläche	100%	=	1,0
auf unverbauter senkrechter Fläche (Fenster)*	50%	=	0,5
Im Raum auf waagrechter Fläche in Tischhöhe			
nahe hinter dem Fenster unter günstigen	20%	=	0,2
und unter ungünstigeren Umständen	5%	=	0,05
in Raumtiefe: Richtwert Arbeitsräume	$\geq 1\%$	=	0,01
in Wohnräumen oft herunter bis auf	0,5%	=	0,005

* Reflexionsgrad des Erdbodens $\rho_u=0,2$
D auf unverbauter senkrechter Fläche ist bei $\rho_u =0,1$ nur $45\%=0,45$

nach: Lutz, Jenisch et al., Lehrbuch der Bauphysik, 1994

$$G = \frac{D_{\min}}{D_m} \geq \frac{1}{2}$$

mit: G Gleichmäßigkeit der Beleuchtung
D_{min} kleinster Tageslichtquotient
D_m mittlerer Tageslichtquotient

nach: Lutz, Jenisch et al., Lehrbuch der Bauphysik, 1994

Mindest- Tageslichtquotienten¹ D für noch hellen Raumeindruck bei heller Farbgebung
(mittlerer Raumreflexionsgrad $\rho_m \geq 0,5$)²

Raumart	Raumbedingung	Empfehlung	Bezugsgrundlage
Wohnräume (in Wohnungen alle Räume mit notwendigen Fenstern) u. ähnliche Räume	Fenster nur in einer Wand	$D \geq 0,75\%$	Auf waagrechter Nutzfläche ³ in halber Raumtiefe an der ungünstigeren Seite
	Fenster in mehr als einer Wand	$D \geq 1\%$	
Arbeitsräume (Büros, Werkstätten und -hallen, Unterrichtsäume, Sporthallen u.ä.)	Fenster nur in einer Wand	$D \geq 1\%$	Auf waagrechter Nutzfläche ³ am ungünstigsten Punkt
	Lichtöffnungen in mehr als einer Raumfläche, sofern Seitenlicht überwiegt	$D \geq 1,75\%$	
	Licht überwiegend von oben	$D \geq 4\%$	

¹ Alle empfohlenen Werte setzen als Rechengrundlage einen Reflexionsgrad des Raumwinkelbereichs unter dem Horizont $p_u = 0,1$ voraus, so daß der von unten, vor allem vom Erdboden auf die Verglasung reflektierte Tageslichtanteil $D_u \leq 5\%$ beträgt.

² Bei dunkler Farbgebung erhöhte Lichtempfehlung für D, so bei $\rho_m \approx 0,4$ um Faktor 1,15

³ Die Nutzfläche (0,85 m über dem Fußboden, wenn nicht anders angegeben) endet in 1,0 m Abstand von den Raumwänden

nach: Lutz, Jenisch et al., Lehrbuch der Bauphysik, 1994

$$D = \frac{E_i}{E_a} = (T_H + T_V + T_R)_{\text{Rohbau}} \cdot \tau_V \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

mit:	E_a	Beleuchtungsstärke außen [lx]
	E_i	Beleuchtungsstärke innen [lx]
	T_H	direkter Himmelslichtanteil (bedeckter Himmel nach CIE) [-]
	T_V	Lichtanteil aus Reflexion der gegenüberliegenden Verbauung [-]
	T_R	Lichtanteil aus Reflexion der Raumbooberflächen [-]
	τ_V	Lichttransmissionsgrad [-]
	k_1	Minderungsfaktor für Rahmenanteil [-]
	k_2	Minderungsfaktor für Verschmutzung der Verglasung [-]
	k_3	Korrektur für nicht senkrechten Lichteinfall [-]

aus: Wagner, Energieeffiziente Fenster und Verglasungen, 2000 (BINE)

Art der Lichtöffnung	k_1
Kunststofffenster, zwei- und mehrflügelig Holzfenster zum Öffnen sehr kleine Fenster oder enge Teilung Holzfenster ohne Flügel Großflächenfenster	$\leq 0,55$ 0,6 bis 0,65 $\geq 0,35$ 0,75 bis 0,8 $\leq 0,85$
Metallfenster zum Öffnen bei kleinen Fenstern oder enger Teilung Metallfenster ohne Flügel	0,7 bis 0,8 $\leq 0,65$ 0,8 bis 0,9
Oberlichter mit Metallsprossen	0,85 bis 0,9

nach: Lutz, Jenisch et al., Lehrbuch der Bauphysik, 1994

Art der Lichtöffnung	k_2
Wohnungsfenster	1,0 bis 0,95
Fenster sauberer Arbeitsräume (Schulen, Büros usw.), regelmäßig gereinigt bei normaler Anordnung	0,95 bis 0,9
bei Spritzwasser (z. B. dicht oberhalb von Dächern, starren Sonnenblenden)	0,85 bis 0,8
selten gereinigt (schlechter Zugang)	0,8 bis 0,75
Oberlichter, normal verschmutzt*)	
Glasneigung 90° bis 75°	0,8
Glasneigung 70° bis 45°	0,75
Glasneigung 40° bis 10°	0,7

* Bei starker Verschmutzung außen oder innen nur das 0.85- bis 0.8fache der Angaben für k_2

nach: Lutz, Jenisch et al., Lehrbuch der Bauphysik, 1994

Die durchsichtigen Flächen der als Sichtverbindung vorgesehenen Fenster sollen mindestens betragen:

bei einer Raumtiefe bis einschl. 5,0 m: 1,25 m²

bei einer Raumtiefe von mehr als 5,0 m: 1,50 m²

Als Sichtverbindung vorgesehene Fenster sollen mindestens

eine Höhe von 1,25 m und

eine Breite von 1,00 m

haben. Wird die Sichtverbindung als Fensterband ausgeführt, kann die Höhe bis auf 0,75 m herabgesetzt werden.

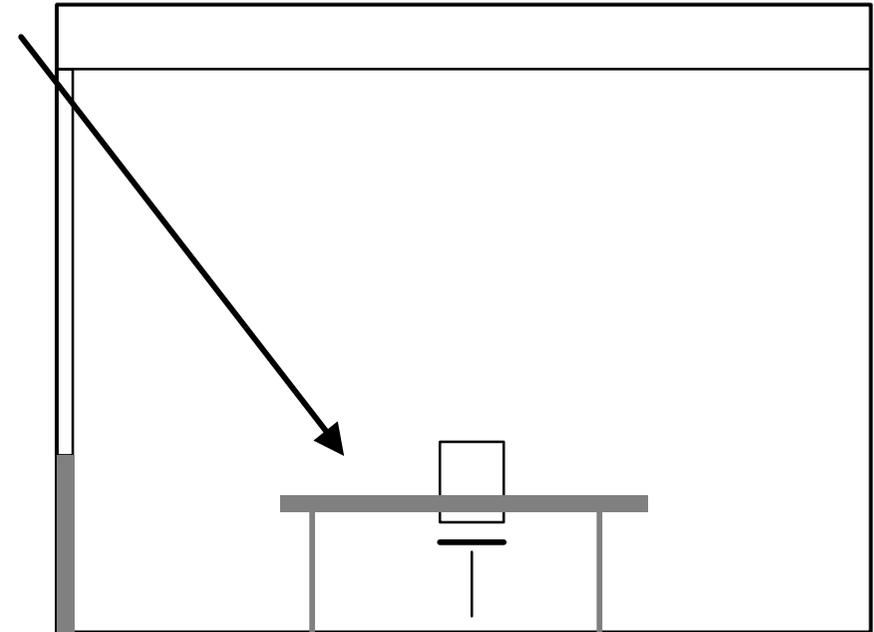
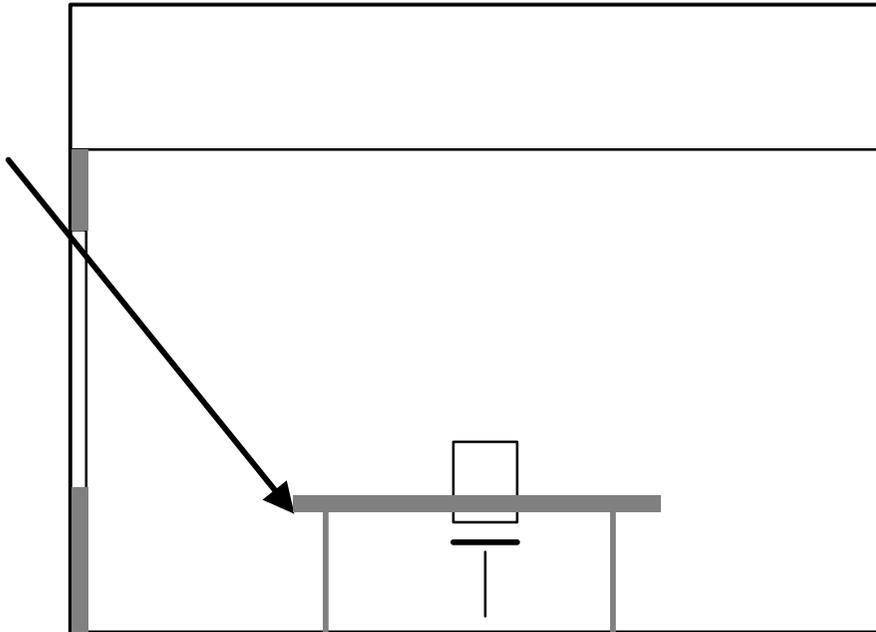
Gesamtfläche der Sichtverbindungen

für Räume bis 600 m² Grundfläche 1/10 der Raumgrundfläche

für größere Räume nicht allgemeingültig festlegbar (für die über 600 m²

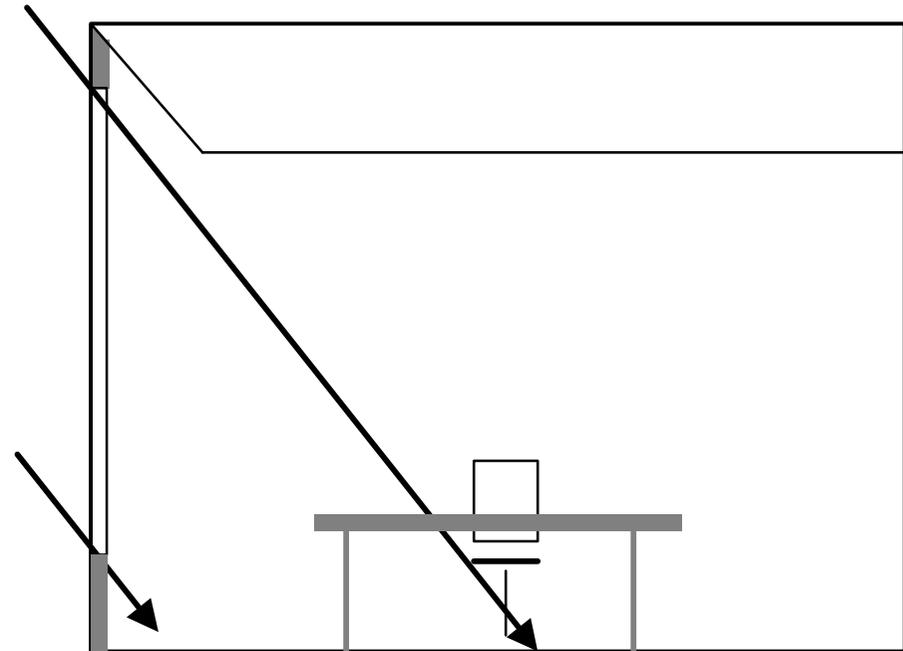
hinausgehende Fläche 1/100 eines Raumes als zusätzliche Sichtverbindung ausreichend)

nach: ArbStättV §7, ASR 7/1, 1976



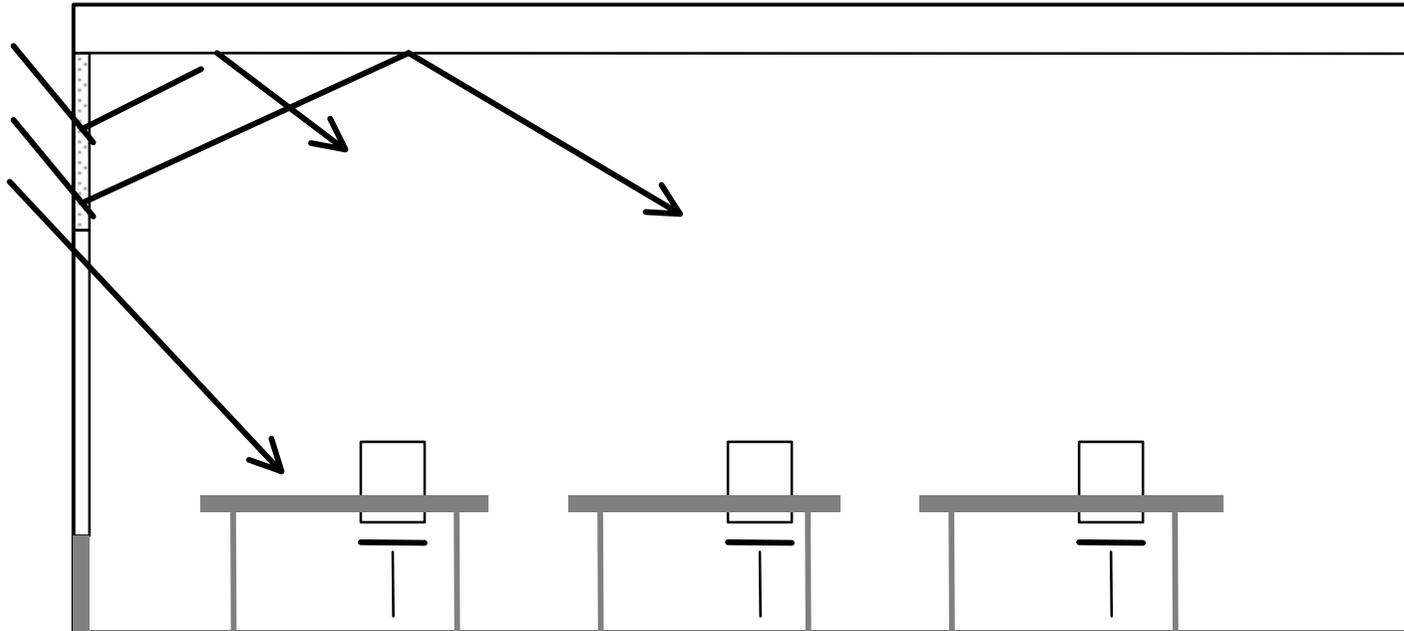
Hohe Räume und bis unter die Decke reichende Fenster sorgen für bessere Ausleuchtung bis in die Raumtiefe

nach: Institut Wohnen und Umwelt, Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau, 2000



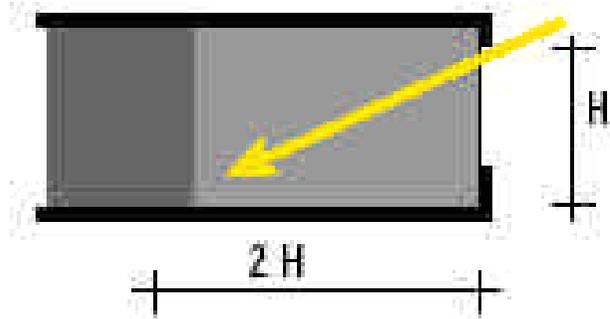
Angeschrägte Decke und entsprechend nach oben gezogene Fenster

nach: Institut Wohnen und Umwelt, Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau, 2000

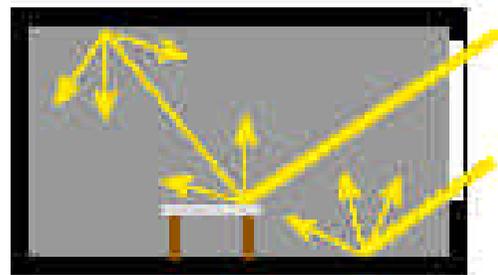


Lichtlenkung im oberen Fensterbereich

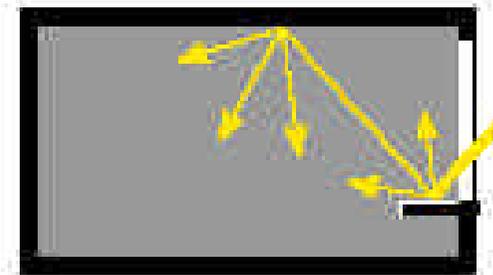
nach: Institut Wohnen und Umwelt, Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau, 2000



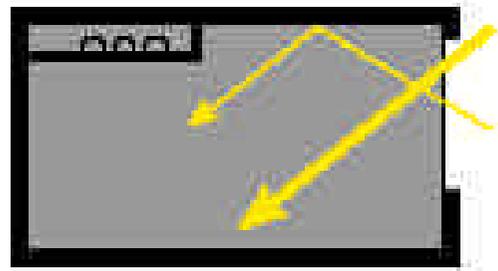
Hohe Fenster



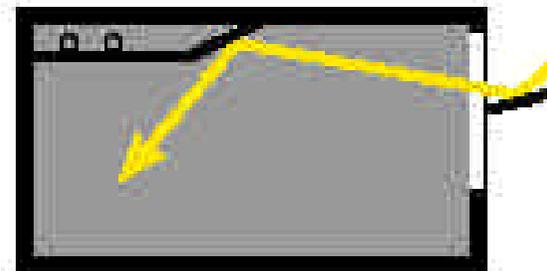
Helle Oberflächen



Sims breit und hell



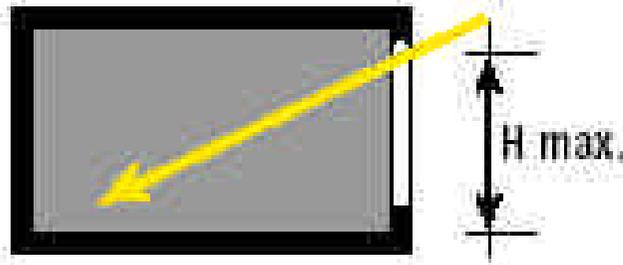
Lichtoptimierte Decke



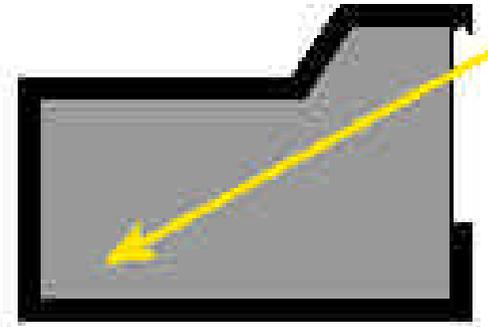
Innenreflektoren

aus: IMPULS Programm Hessen, CD-ROM, 1999

Fassade



Hohe Fenster



Vergrößerung der Fensterfläche und Erhöhung des Fenstersturzes

Tageslicht-optimierung anstreben



Blendschutz innen

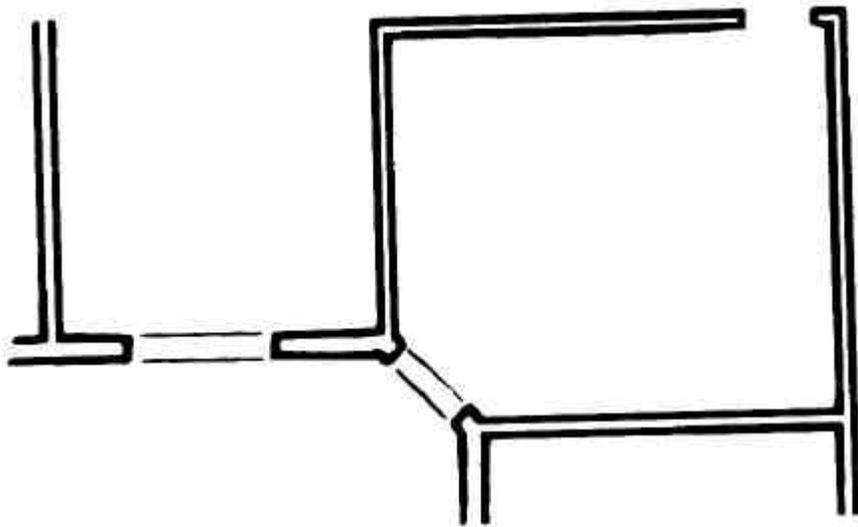


Natürliche Beschattung

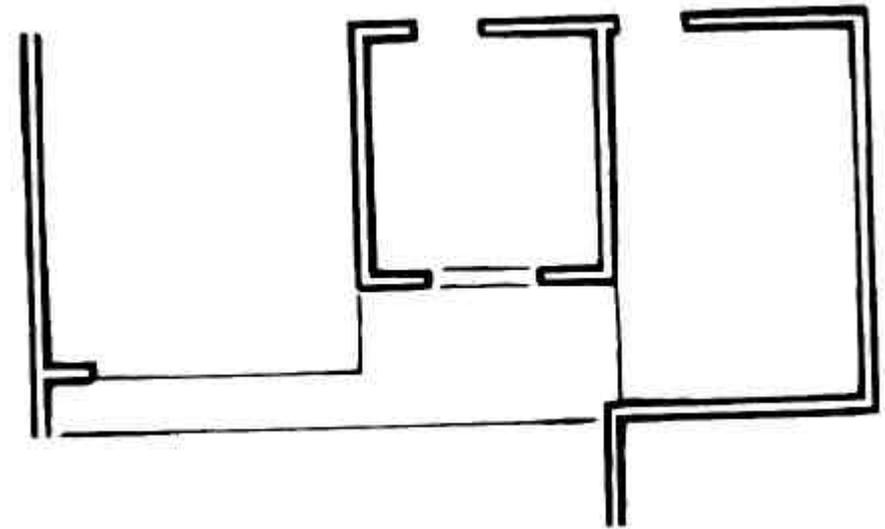


Beschattungssystem vorgehängt

aus: IMPULS Programm Hessen, CD-ROM, 1999

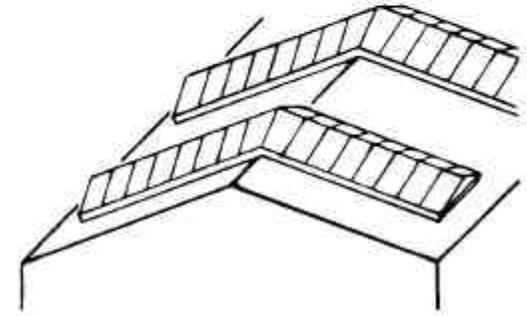
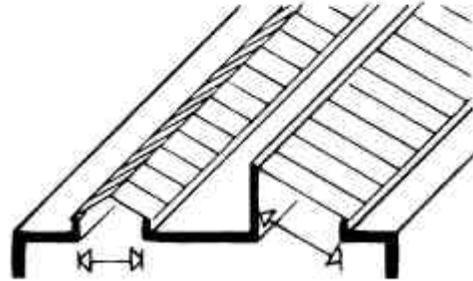
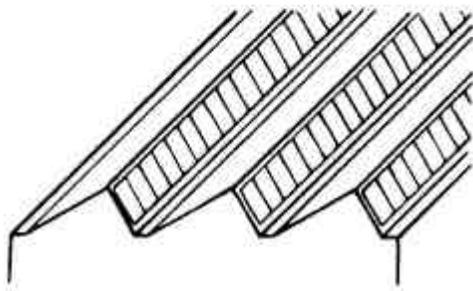
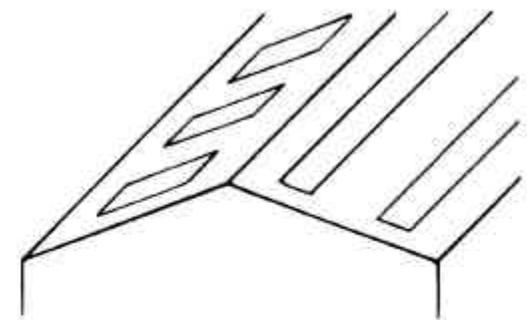
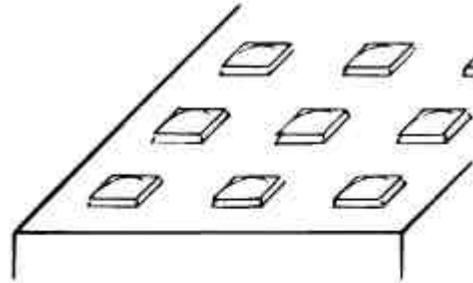
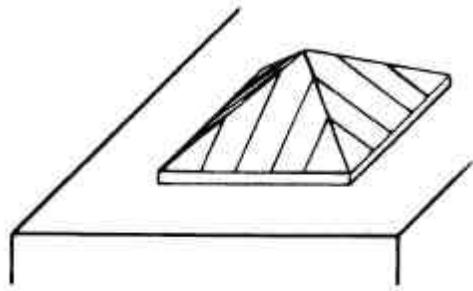


„Berliner Zimmer“ in einspringender Gebäudeecke - berüchtigtes Beispiel einer schlechten Lösung



Ebenso ungünstige Lösung: Raum in einspringender Gebäudeecke gegen Loggia

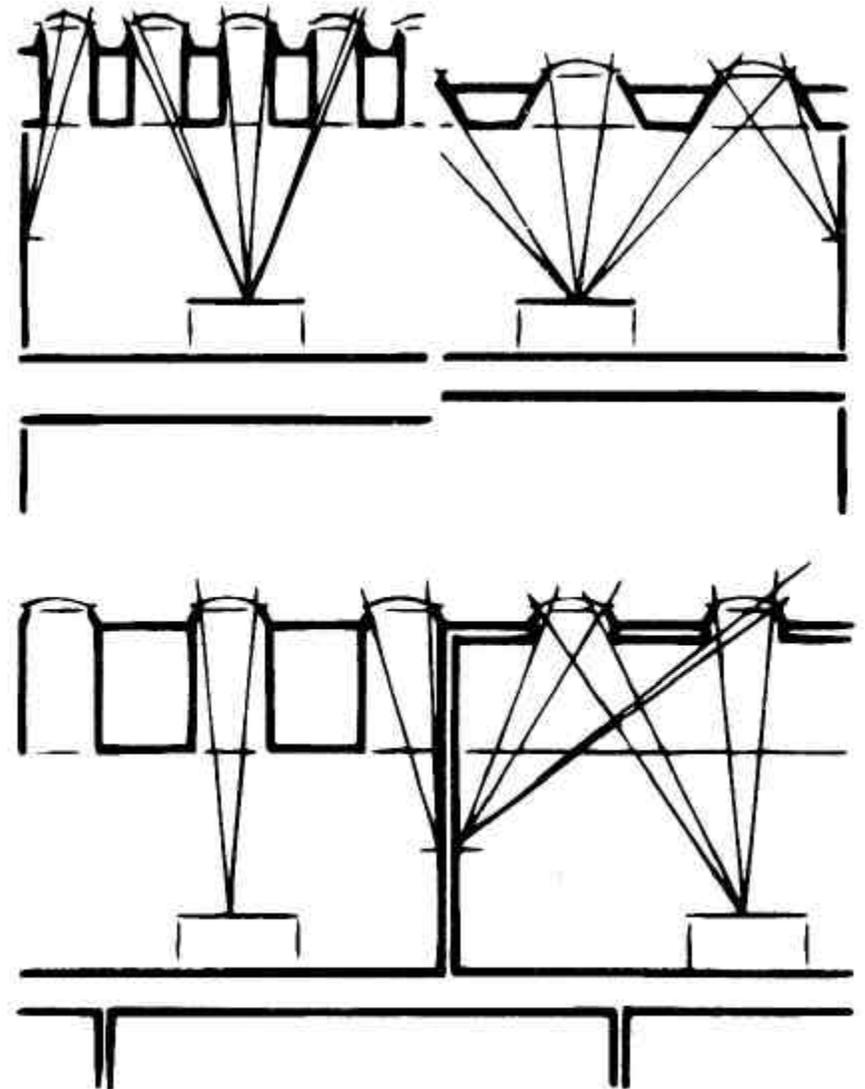
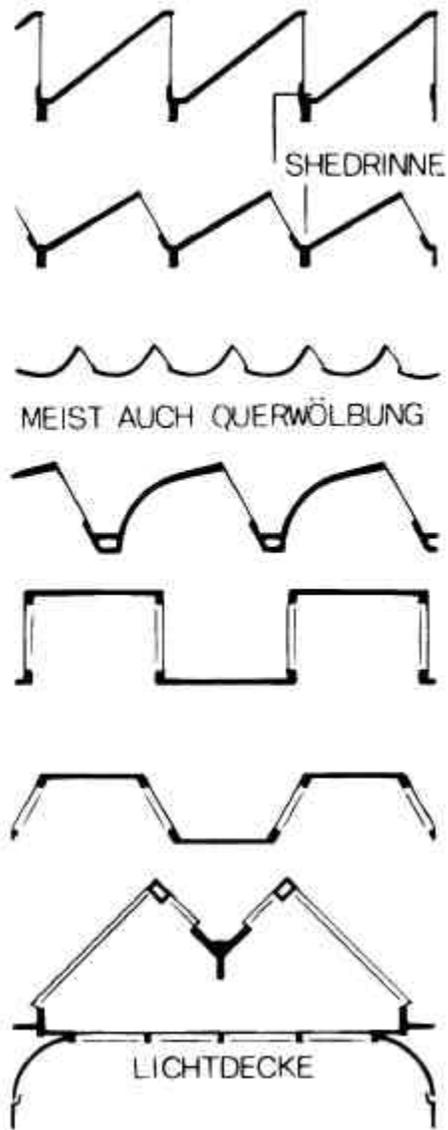
aus: Lutz, Jenisch et al., Lehrbuch der Bauphysik, 1994



nach: Ris, Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997



Wallraff- Richartz- Museum Köln



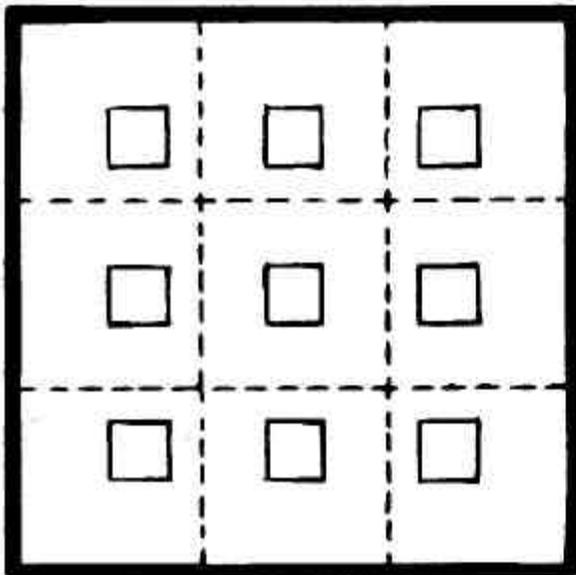
nach: Lutz, Jenisch et al., Lehrbuch der Bauphysik, 1994



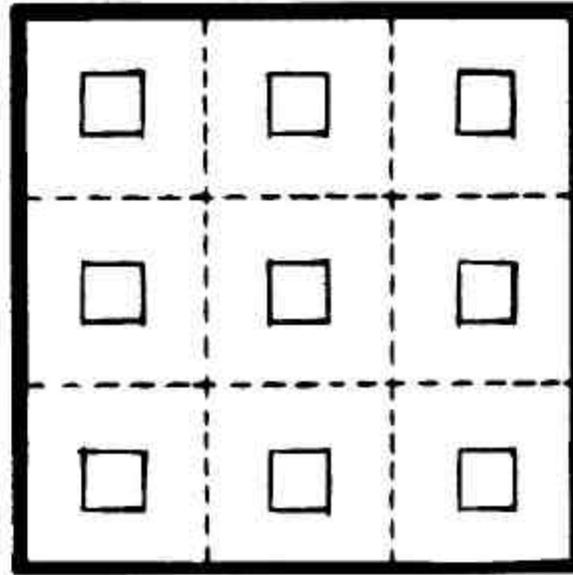
Oberlichtart	Verglasung	Lichtdurchlässigkeit τ_{dif}	Lichtöffnungsfläche, gemessen in Öffnungsebene
Lichtkuppeln „normaler“ Größe (je Öffnung $\leq 2,5 \text{ m}^2$)	doppelschalig milchig eingetrübt	$0,67 \leq \tau \leq 0,77$	7 bis 12 % der Raumgrundfläche
Flache (Sattel-, Raupen-, Pyramiden- u.ä. Oberlichter	stark lichtstreuend	$\tau \approx 0,5$	18 bis 25 % der Raumgrundfläche
60°-Sheds (Säge) und 60°-Laternen- (Monitor) Dächer	stark lichtstreuend	$\tau \approx 0,5$	30 bis 40 % der Raumgrundfläche
Senkrechtsheds (Säge) und -laternen- (Monitor-) Dächer*	stark lichtstreuend	$\tau \approx 0,5$	40 bis 55 % der Raumgrundfläche

* Für genau genordete senkrechte Öffnungen ist stark lichtstreuende Verglasung nicht zwingend, wenn hochsommerliche Durchsonnung bis längstens etwa 7.30 und ab frühestens 16.30 Uhr wahrer Ortszeit nicht stört (Durchsonnungsdauer nördlich des 53. Breitengrades - etwa Bremen, Wittenberg zunehmend). Trotz der dann möglichen besser lichtdurchlässigen Verglasung ($\tau \approx 0,7$) Öffnungsfläche nicht umgekehrt proportional zur Lichtdurchlässigkeit verkleinern, weil sonst Blendungsstörungen wahrscheinlicher.

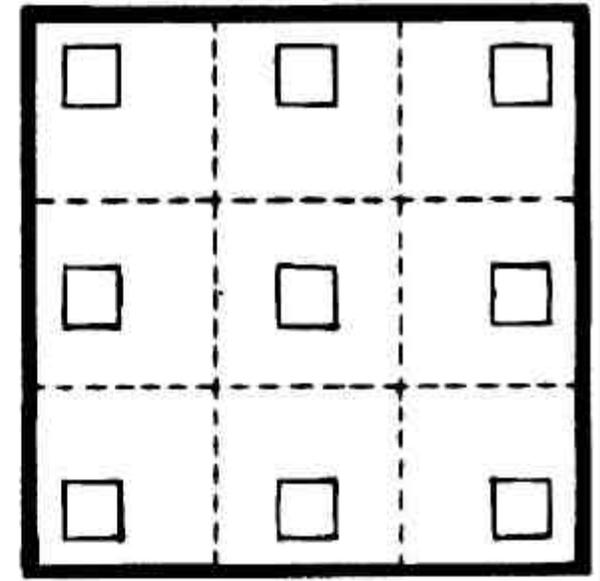
nach: Lutz, Jenisch et al., Lehrbuch der Bauphysik, 1994



ungünstig (falsch)
wenig Licht auf Wände



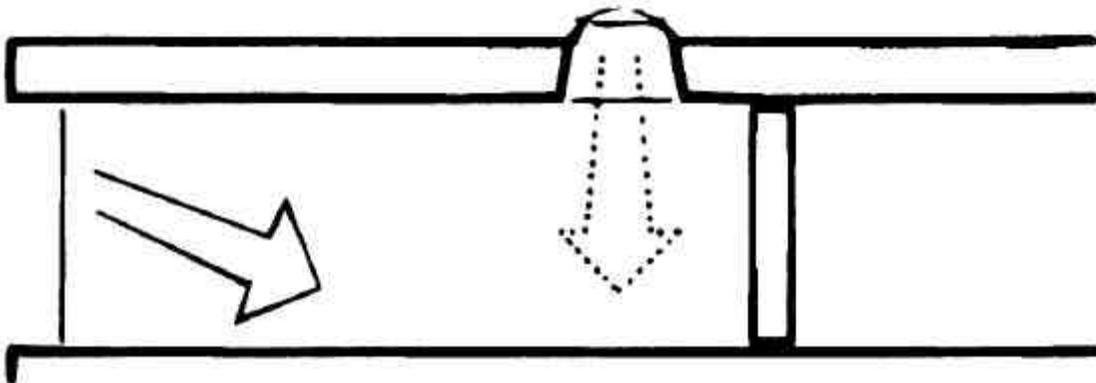
richtig



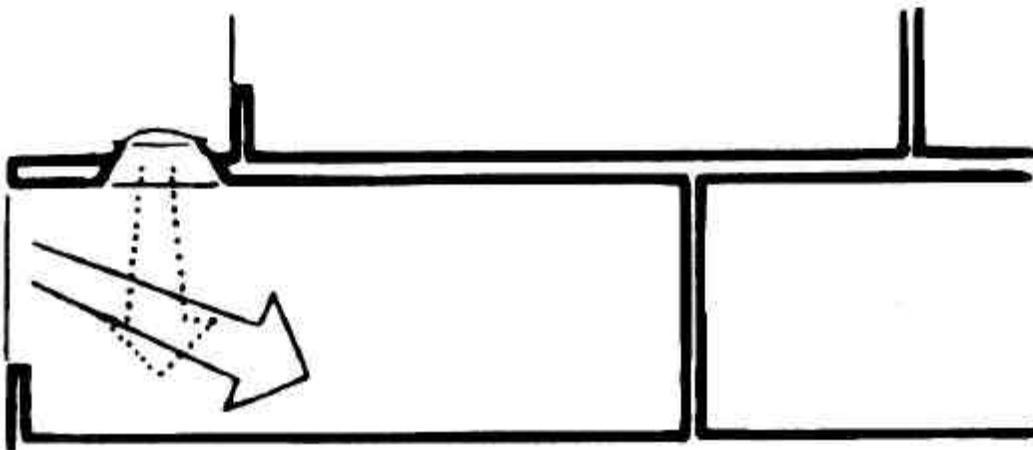
noch besser

Die Anordnung von flachen Oberlichtern soll in der Regel auch bei gleichmäßiger Verteilung (Mitte) merklichen Lichtabfall gegen die Ränder hin nicht verstärken (links), sondern ihm eher entgegenwirken.

nach: Lutz, Jenisch et al., Lehrbuch der Bauphysik, 1994



Flache Oberlichter nur **über** dem zu beleuchtenden Bereich sparsam bemessen



Entwurfsfehler: Fensternähe überhell,
Raumtiefe trotzdem unzureichend

nach: Lutz, Jenisch et al., Lehrbuch der Bauphysik, 1994

Photochrom, passives System

Änderung der Transparenz bei bestimmter Strahlungsintensität als Folge der Absorption der Einstrahlung durch sich bildende Farbzentren (Anwendung bei Sonnenbrillen); Moduliert nur im sichtbaren Bereich und würde solare Gewinne auch im Winter reduzieren

Thermochrom, passives System

Verringerung der solaren Transmission oberhalb einer kritischen Schalttemperatur durch strukturellen Übergang von halbleitendem Material mit geringer Absorption im nahem IR-Bereich zu metallischem Charakter mit dann IR-reflektierendem Verhalten. Besonders Schichtsysteme auf Basis von Vanadiumoxid sind sehr interessant; sie weisen jedoch noch eine relativ hohe Absorption auf, die den Schalhub zu stark begrenzt
Lichttransmission von 0,33 auf 0,3, g-Wert von 0,33 auf 0,25

Elektrochrom, aktives System

Verringerung der Transmission im gesamten Bereich des Sonnenspektrums durch Anlegen einer elektrischen Spannung, Funktionsprinzip: Absorption, Durchsichtigkeit bleibt erhalten

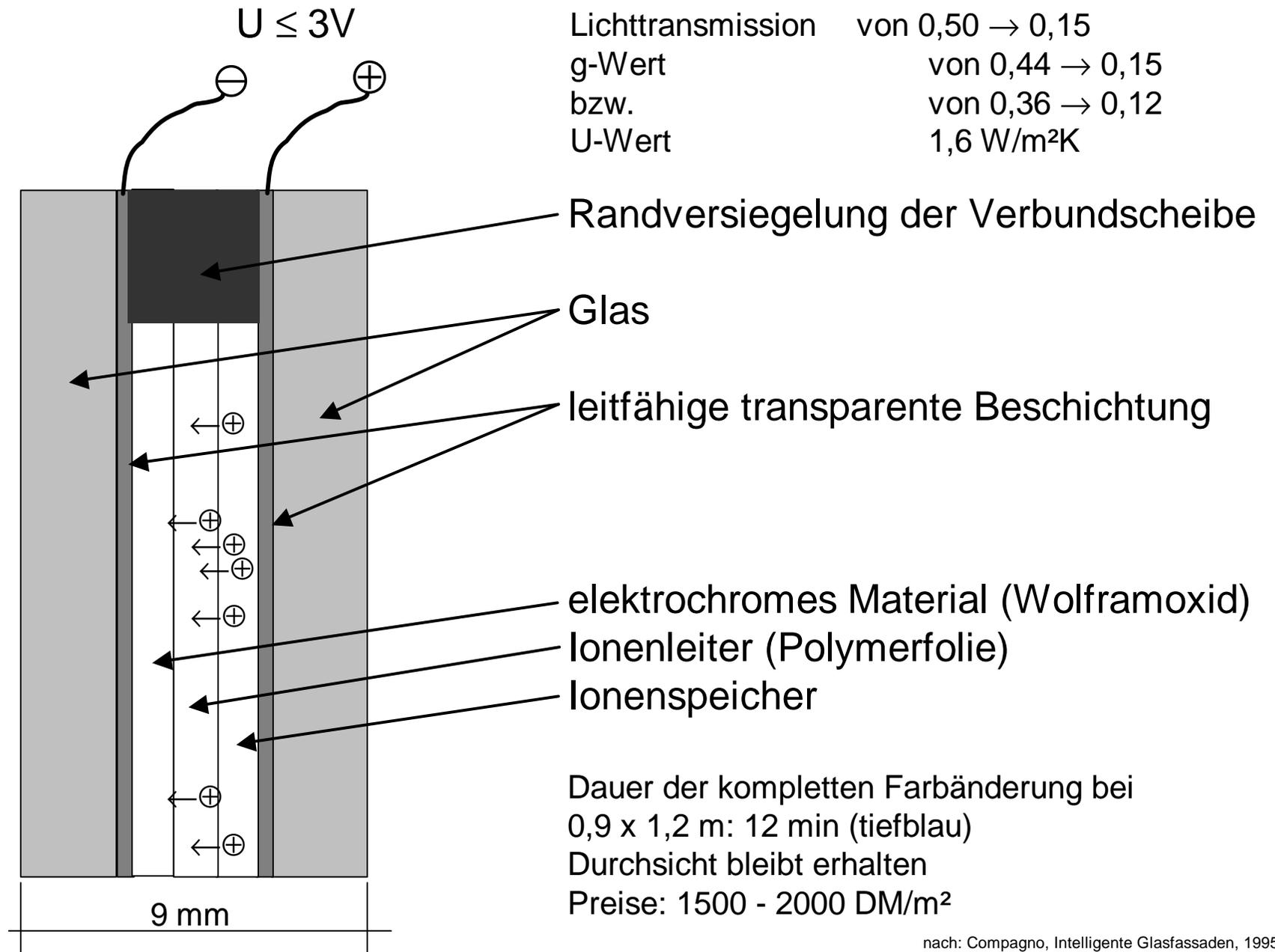
Gas(o)chrom, aktives System

Verringerung der Transmission im gesamten Bereich des Sonnenspektrums bei Durchströmen mit wasserstoffhaltigem Gasgemisch, Funktionsprinzip: Absorption, Durchsichtigkeit bleibt erhalten

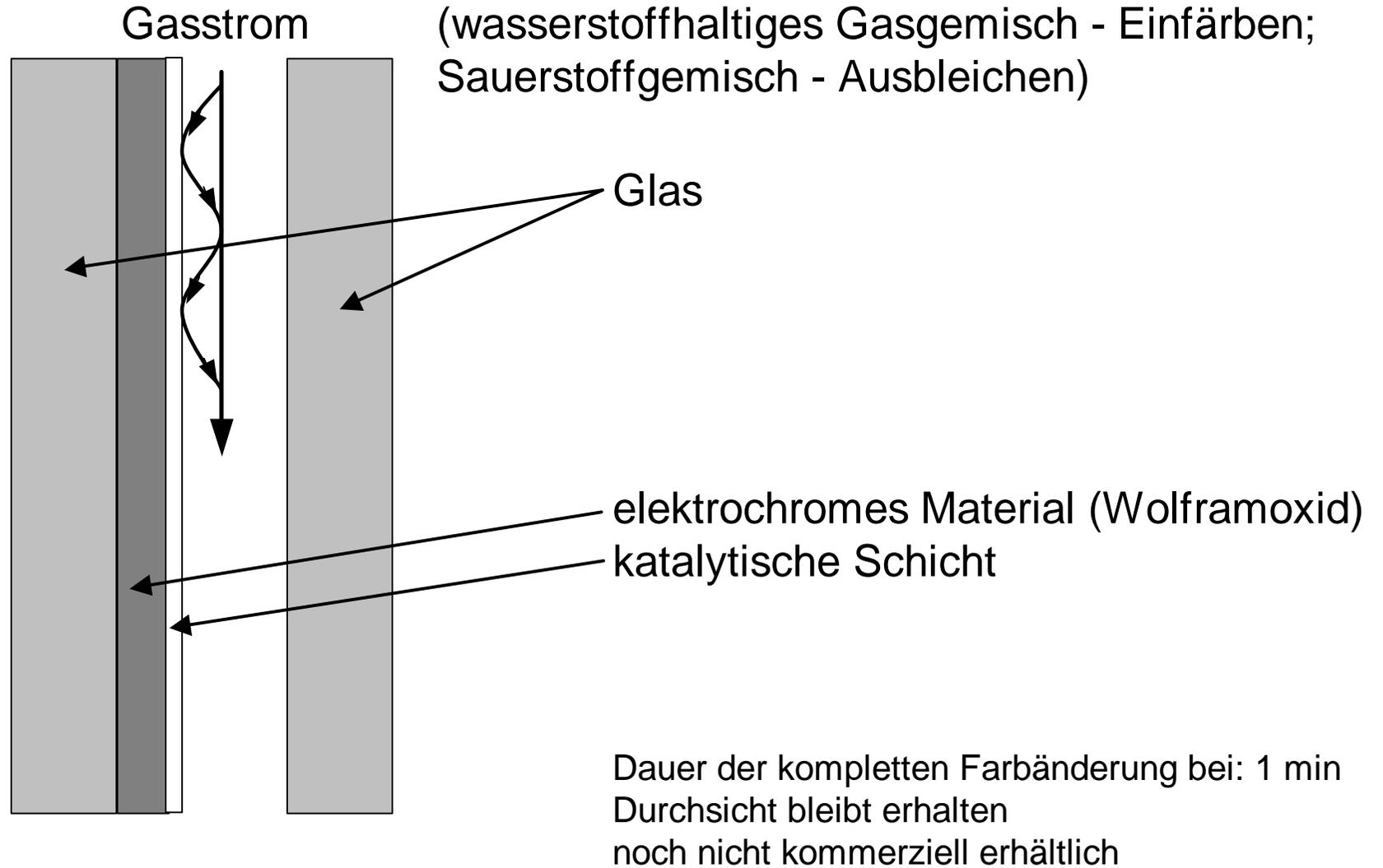
Thermotrop, passives System

Umschaltung von klarem Zustand in einen streuenden Zustand bei einer über die Schichtzusammensetzung einstellbaren Schalttemperatur, Funktionsprinzip: Lichtstreuung und diffuse Reflexion

nach: BINE Informationsdienst: Energieeffiziente Fenster und Verglasungen, 2000

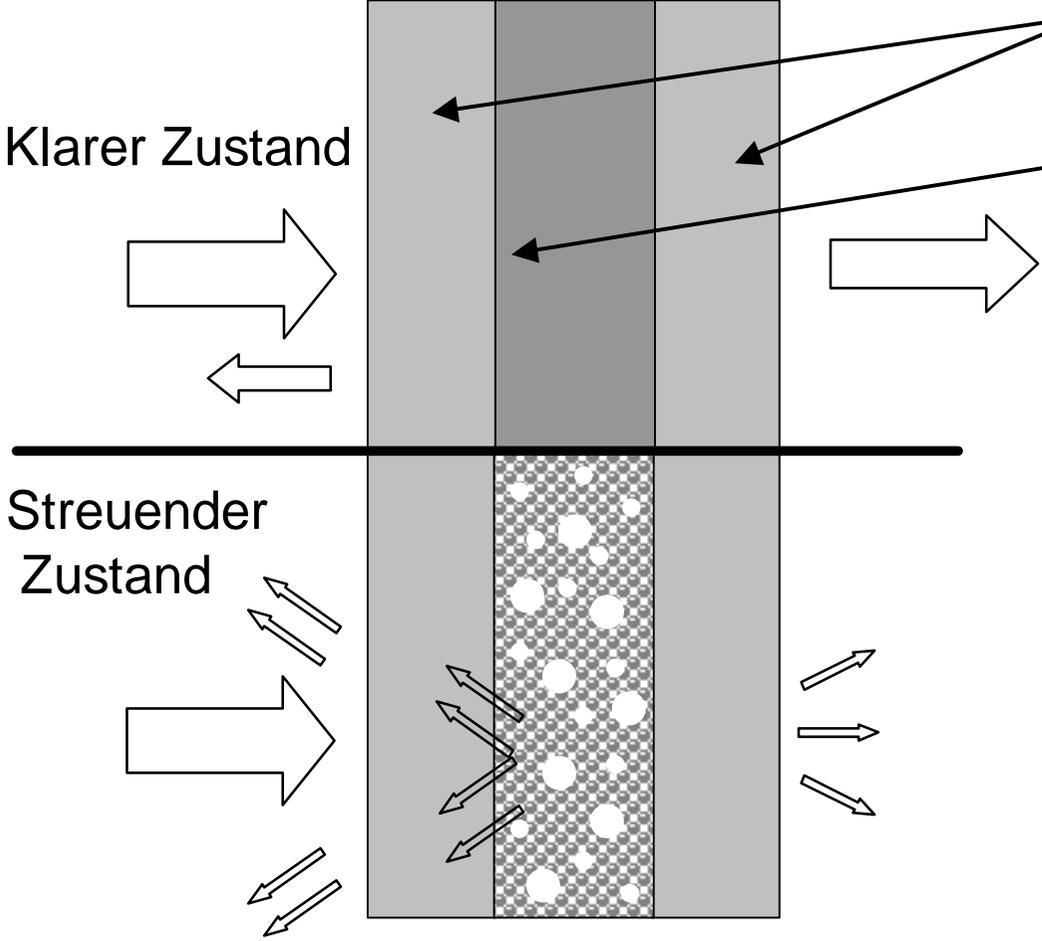


Lichttransmission	von 0,65 → 0,15
g-Wert	von 0,53 → 0,15
U-Wert	1,1 W/m ² K



nach: Compagno, Intelligente Glasfassaden, 1995

Lichttransmission	klar	0,80 - 0,90
	trübe	0,10 - 0,50
g-Wert	klar	0,80-0,90
	trübe	0,05-0,40



Glas

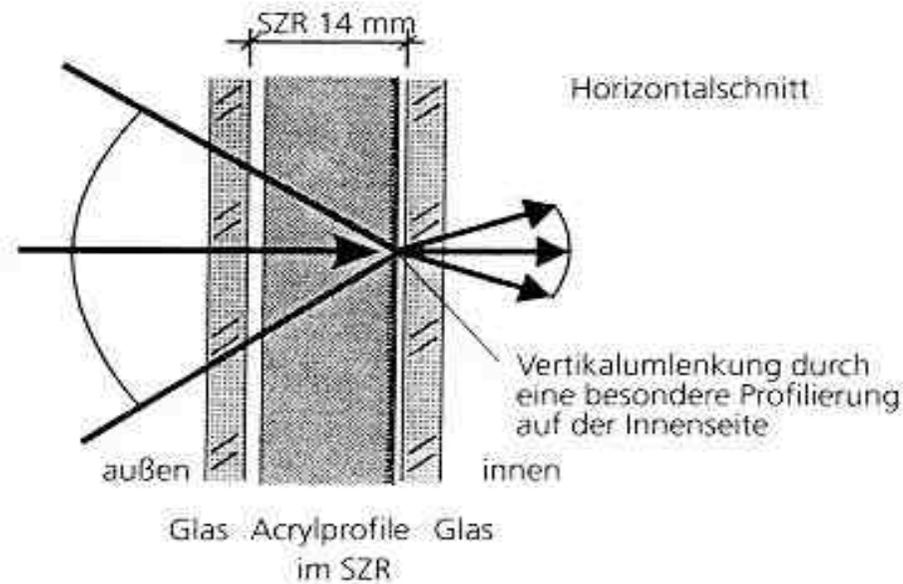
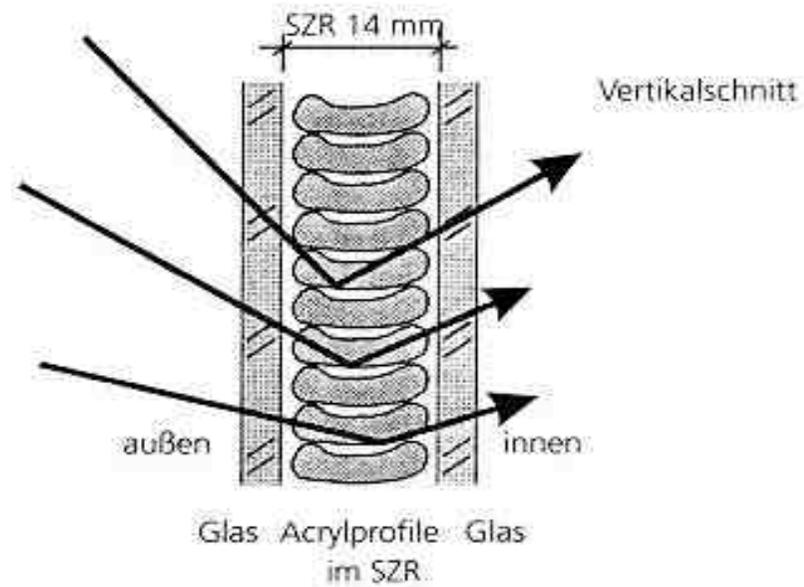
thermotrope Schicht
(Hydrogel oder Polymer)

Eintrübungstemperatur kann eingestellt werden:
 Hydrogele: 5°C - 60°C
 Polymere: 25°C - 120°C
 Durchsicht bleibt nicht erhalten, trübe weiß

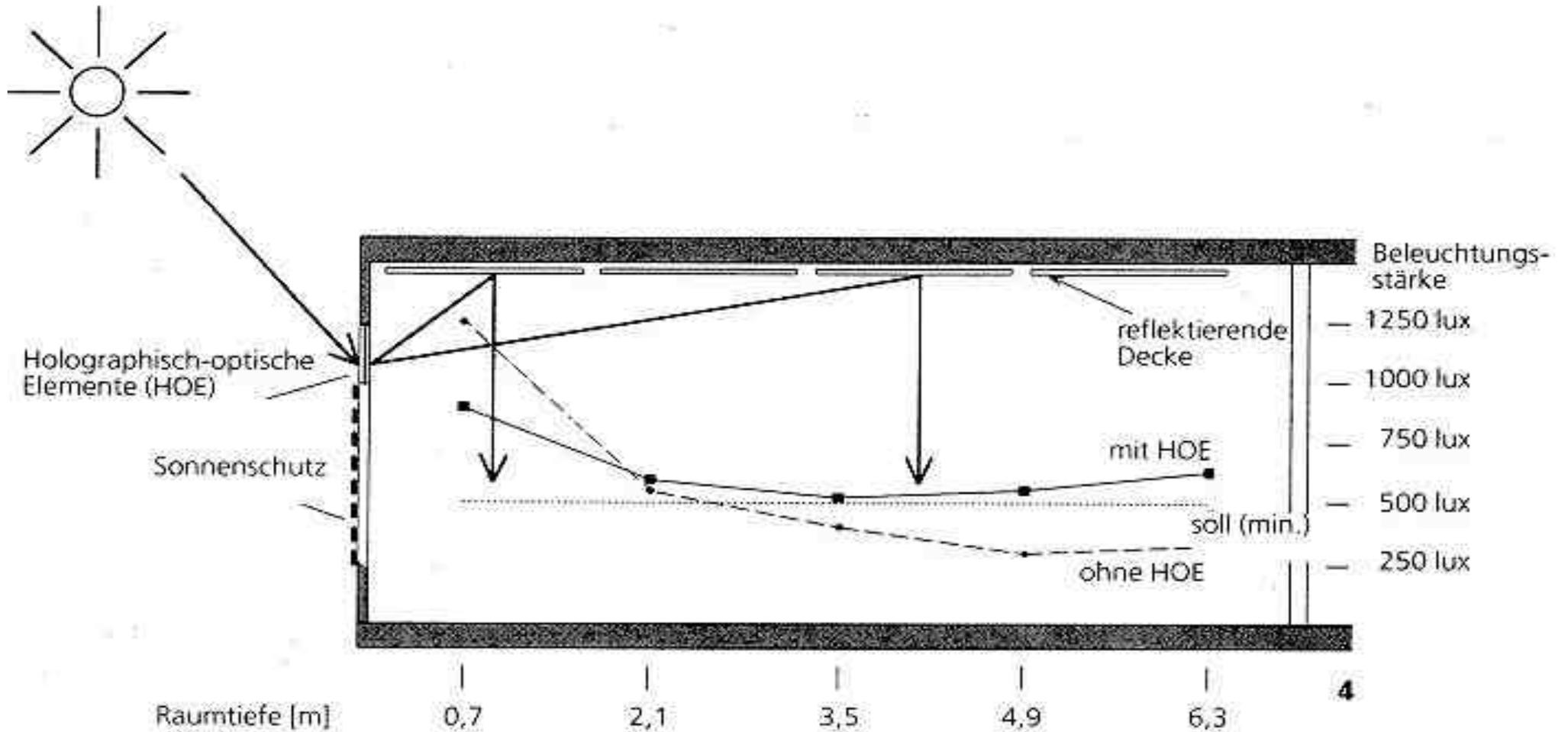
nach: Compagno, Intelligente Glasfassaden, 1995

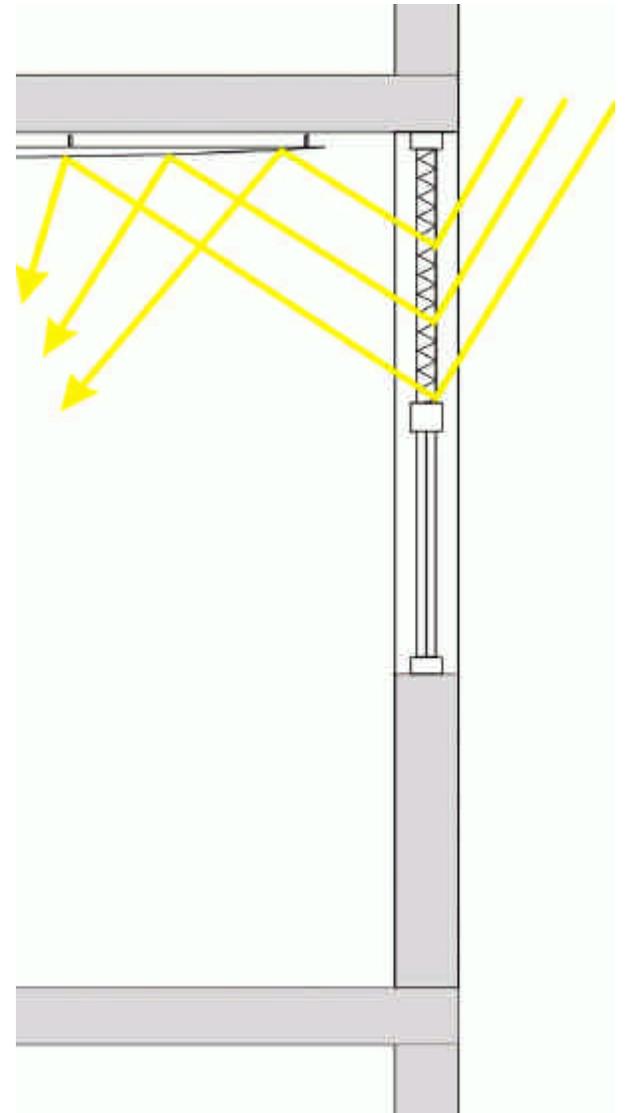
Funktion	System
Richtungsselektive Verschattung mit Diffuslichtdurchlass	statisch: Prismenplatten, unterschiedlich geformte Spiegellamellen oder -raster nachgeführt: Prismenplatten, Konzentration oder Totalreflexion mit holografisch-optischen Elementen
Diffuslichtlenkung	HOE, anidolische Elemente
Sonnenlichtlenkung	statisch: Lichtlenkglas mit Acrylprofilen, Lichtlenkglas mit Weißlichthologrammen, Laser Cut Panels (LCP), Lichtschwert (light shelf) nachgeführt: drehbare Spiegellamellen, Jalousien mit Lichtlenkstellung, Heliostat
Lichttransport	Lichtrohr (light pipe), Lichtdecke, Lichtwellenleiter, Glasfaser
Lichtstreuung	Lichtstreuendes Glas, TWD

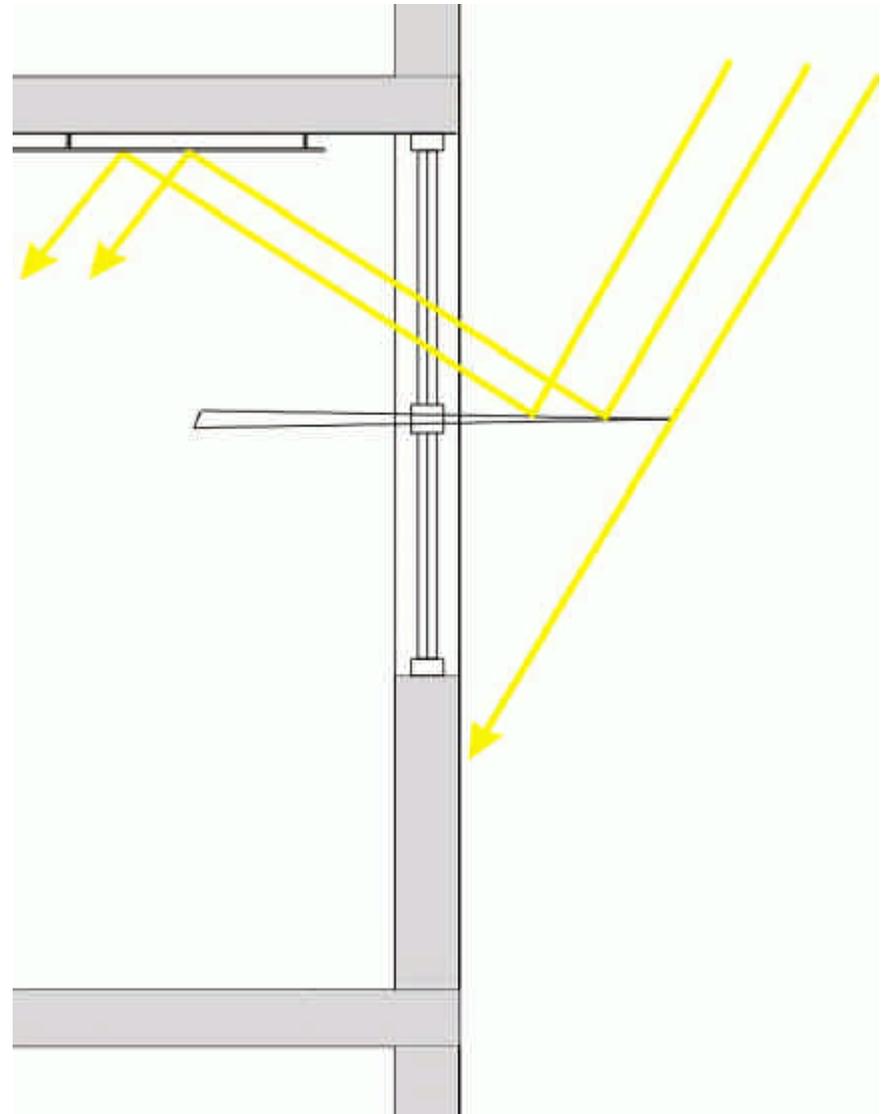
aus: Wagner, Energieeffiziente Fenster und Verglasungen, 2000 (BINE)

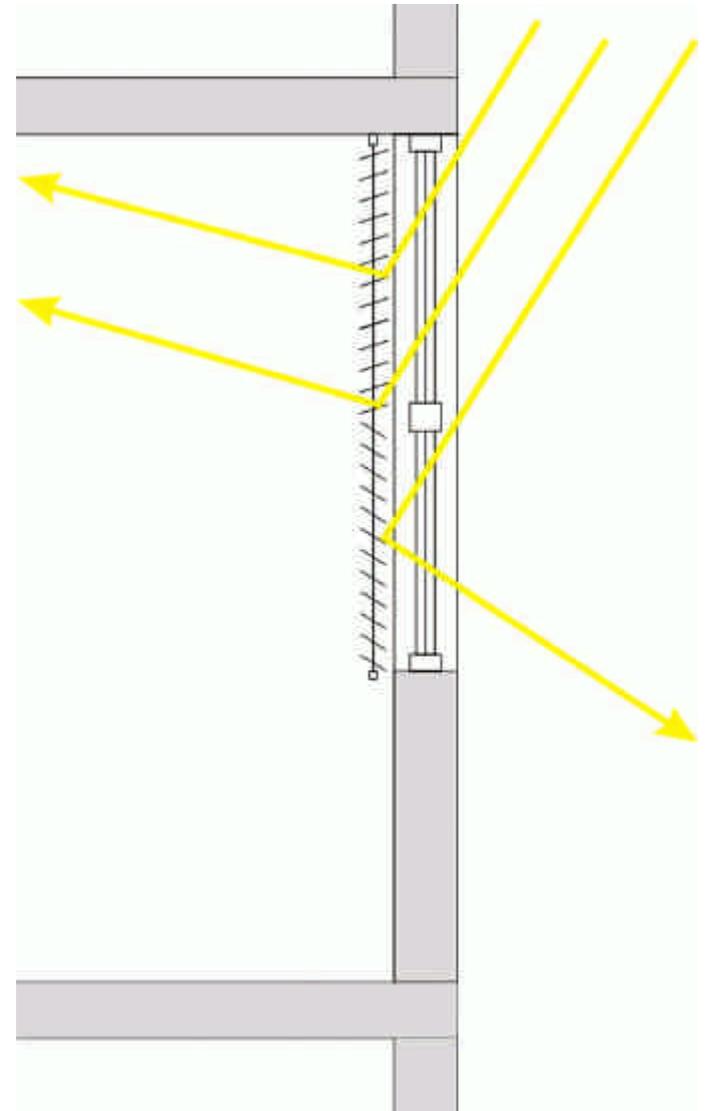


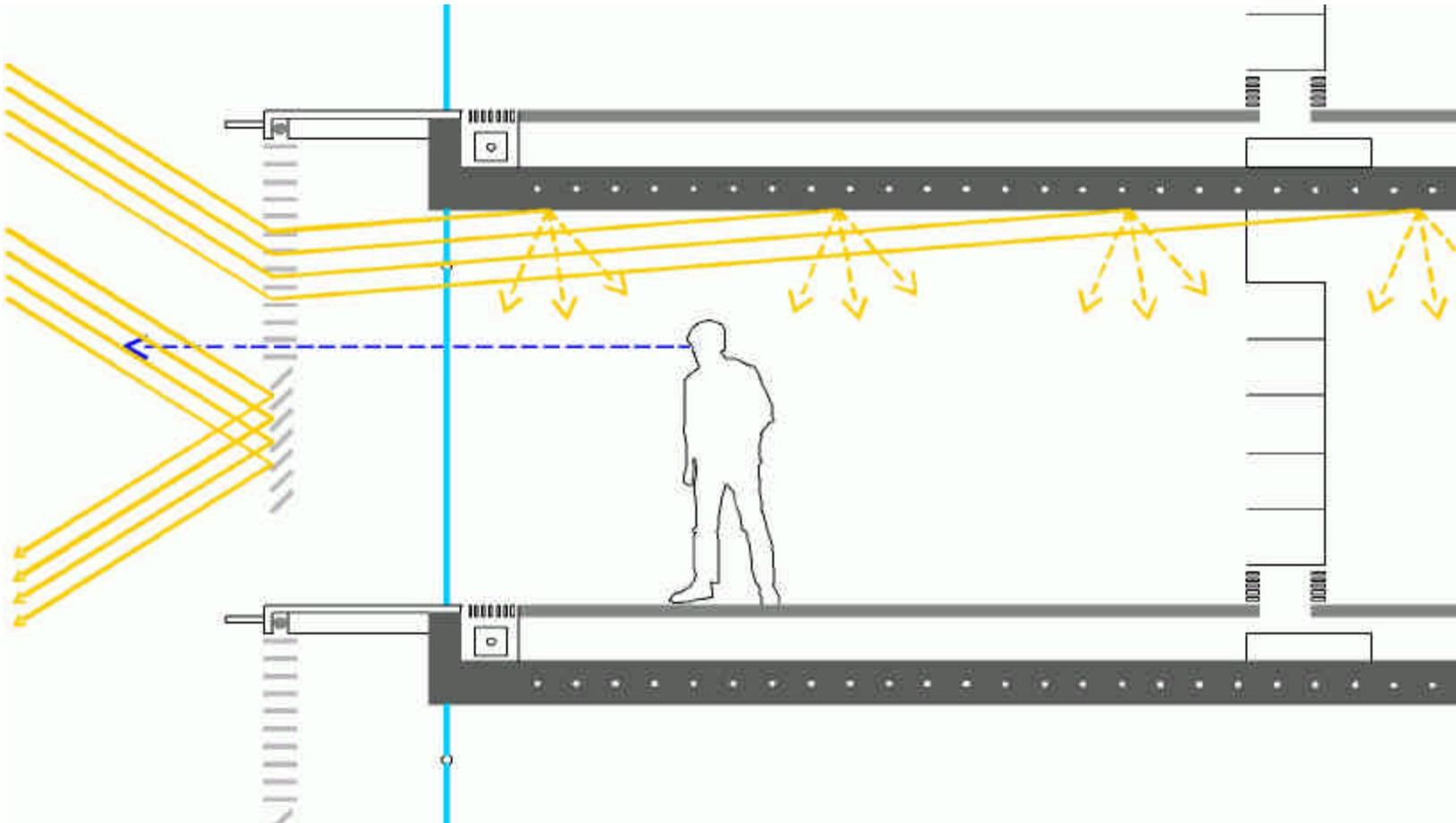






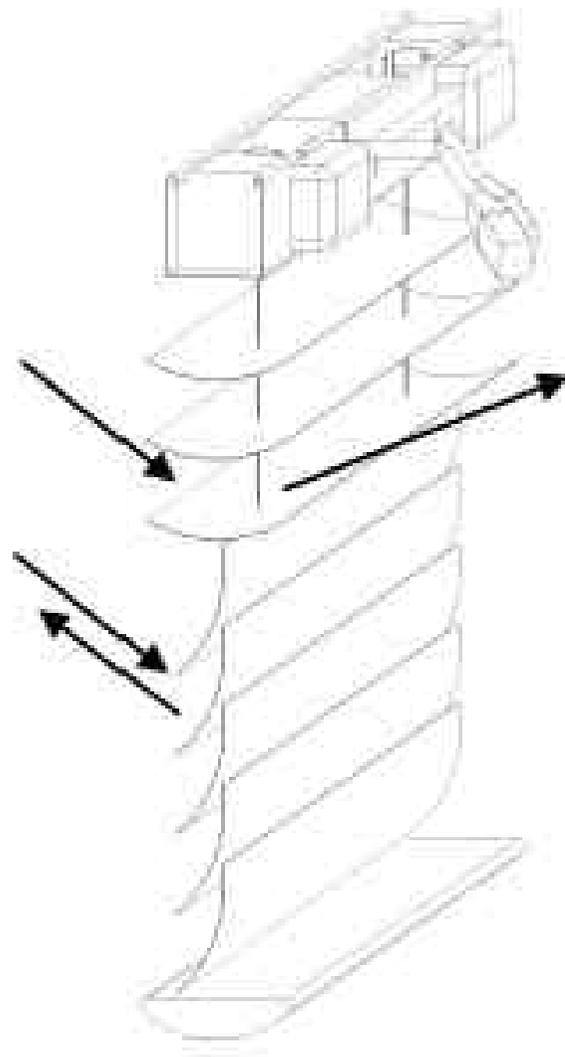






Sonnenschutz mit einem im oberen Bereich unabhängigen Lamellenwinkel ist die einfachste Art der Tageslichtlenkung.

Vorteil: Die Tageslichtverhältnisse können individuell eingestellt werden.



aus: Hüppe Tageslichttechnik, Produktinformation CD-ROM 2002

- Anordnung
- außen liegend
 - innerhalb der Fassade liegend
 - innen liegend
 - die Fassade durchdringend
- Veränderbarkeit
- feststehend
 - veränderbare Eigenschaften
 - beweglich
 - der Sonne nachgeführt
 - rückziehbar
- Betriebsweise
- Antrieb
 - manuell
 - motorisch
 - Steuerung
 - Nutzerindividuell
 - Regelung
 - Steuerung
- Funktion
- mehrere Funktionen
 - eine Funktion
 - Blendschutz
 - Sonnenschutz
 - Lichtlenkung

aus: BINE profi info 1/00, Tageslichtnutzung in Gebäuden, 2000

- Tageslichtquotient in 4 m Raumtiefe
- Gleichmäßigkeit des Tageslichtquotienten über die Raumtiefe
- Sichtbezug nach außen unter Berücksichtigung der Position des Arbeitsplatzes im Raum
- Regelbarkeit der Beschattungseinrichtung und der Kunstlichtquelle
- Einfachheit (Bewegbarkeit, Reinigungsmöglichkeit) von Sonnenschutz- und Lichtlenksystem
- Tageslicht mit Sonne (zur Bewertung der Situation bei aktiviertem Sonnenschutz)
- Minderung der Lesbarkeit des Bildschirms durch Reflexblendung
- Kontraste zwischen Arbeitsfeld und nahem bzw. fernem Gesichtsfeld
- Tageslichtautonomie

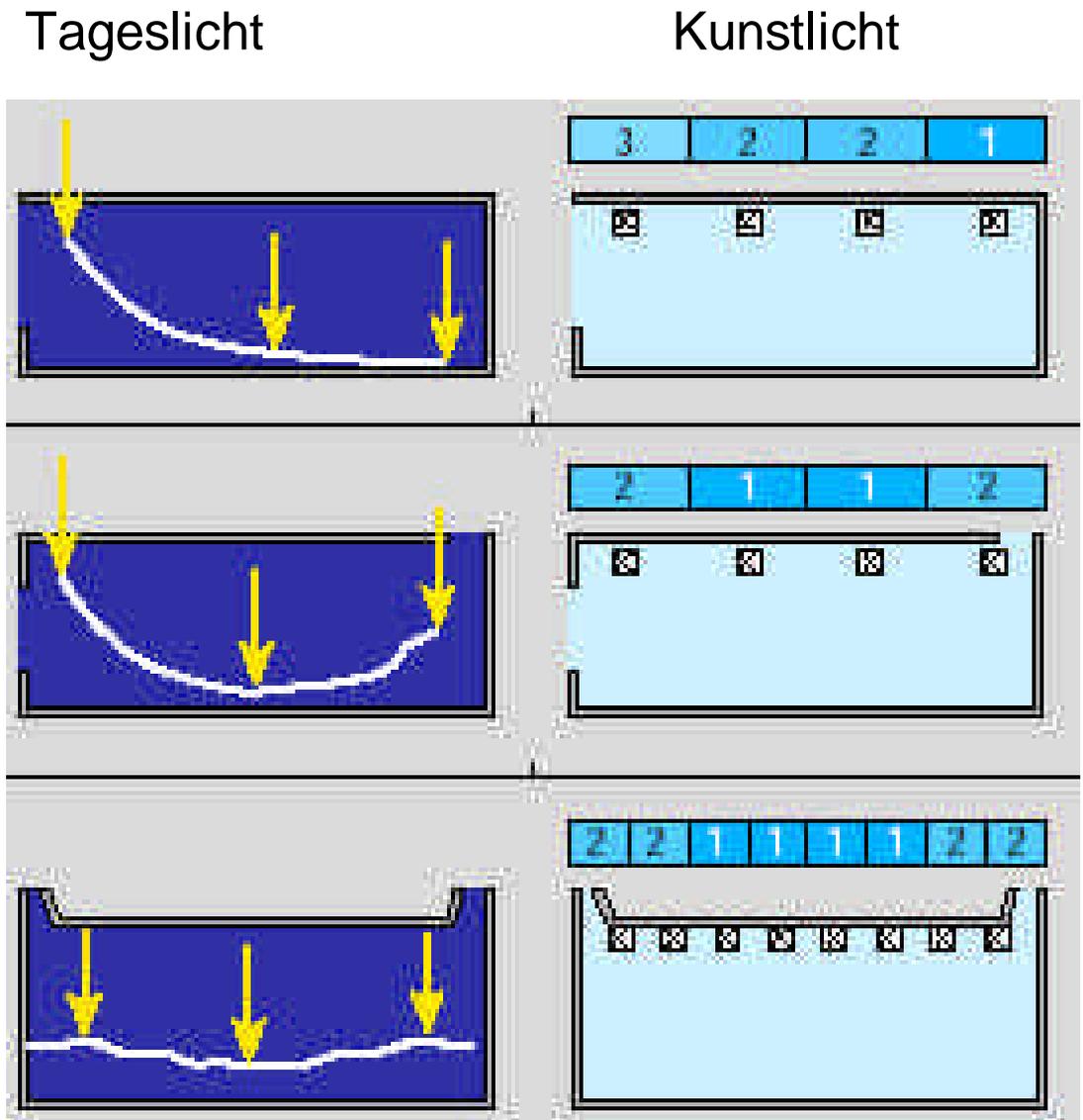
aus: Wagner, Energieeffiziente Fenster und Verglasungen, 2000 (BINE)

Klassenzimmer einseitige Beleuchtung

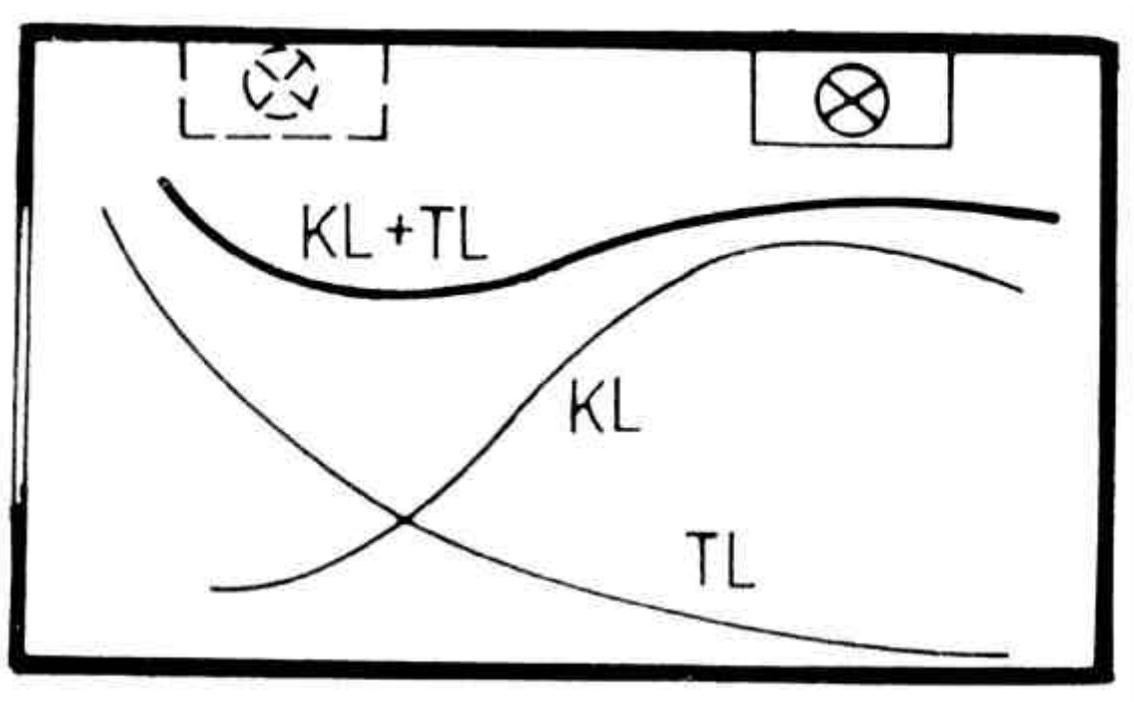
Klassenzimmer zweiseitige Beleuchtung

Turnhalle Beleuchtung mit Oberlichtern

Auf der linken Seite ist der Verlauf des Tageslichtquotienten graphisch dargestellt. Rechts sind die Leuchtengruppen eingetragen. Die Einschaltreihenfolge bei abnehmendem Tageslicht wird durch die aufsteigende Numerierung angegeben.

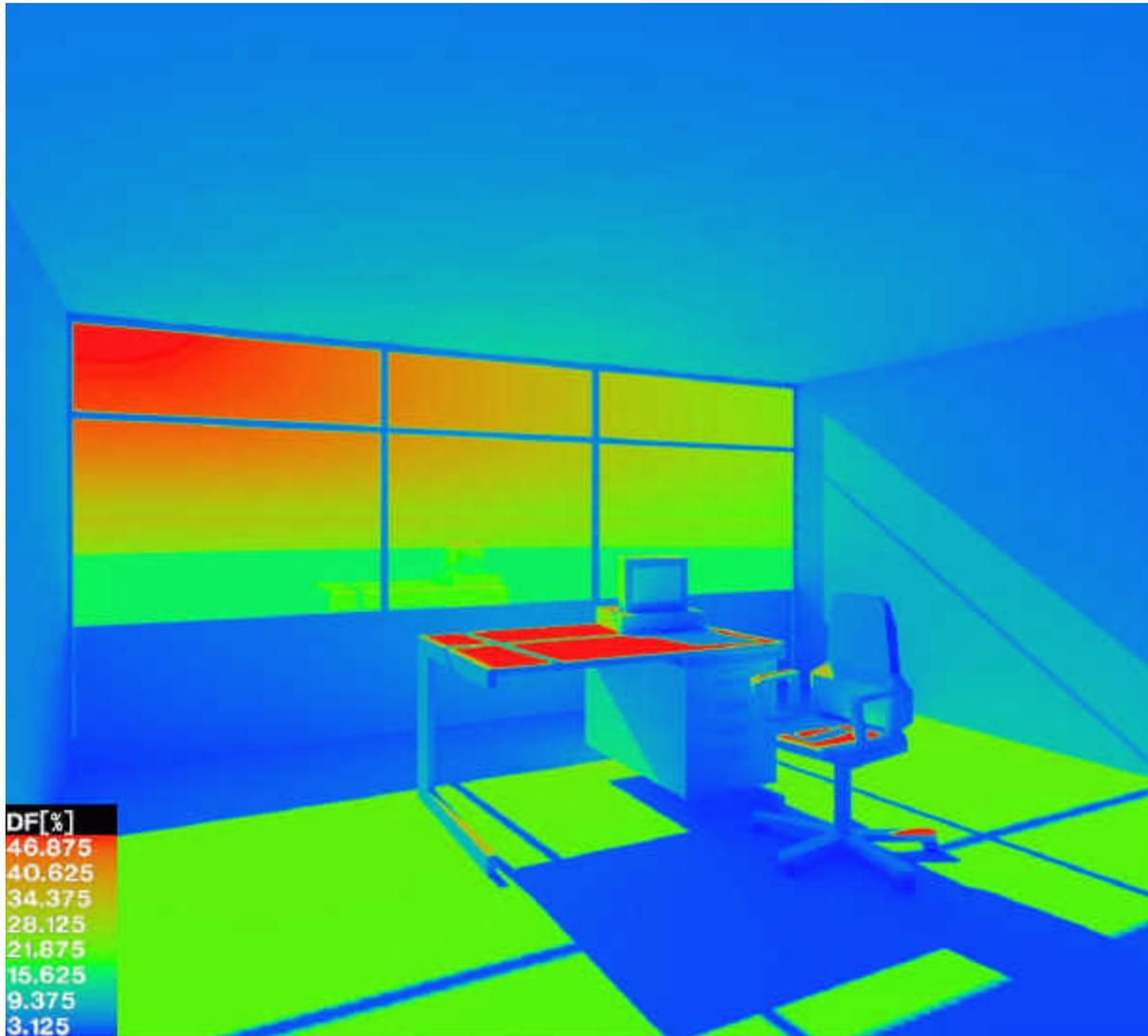


nach:IMPULS-Programm Hessen, Rationell Stromnutzung CD-ROM,1999

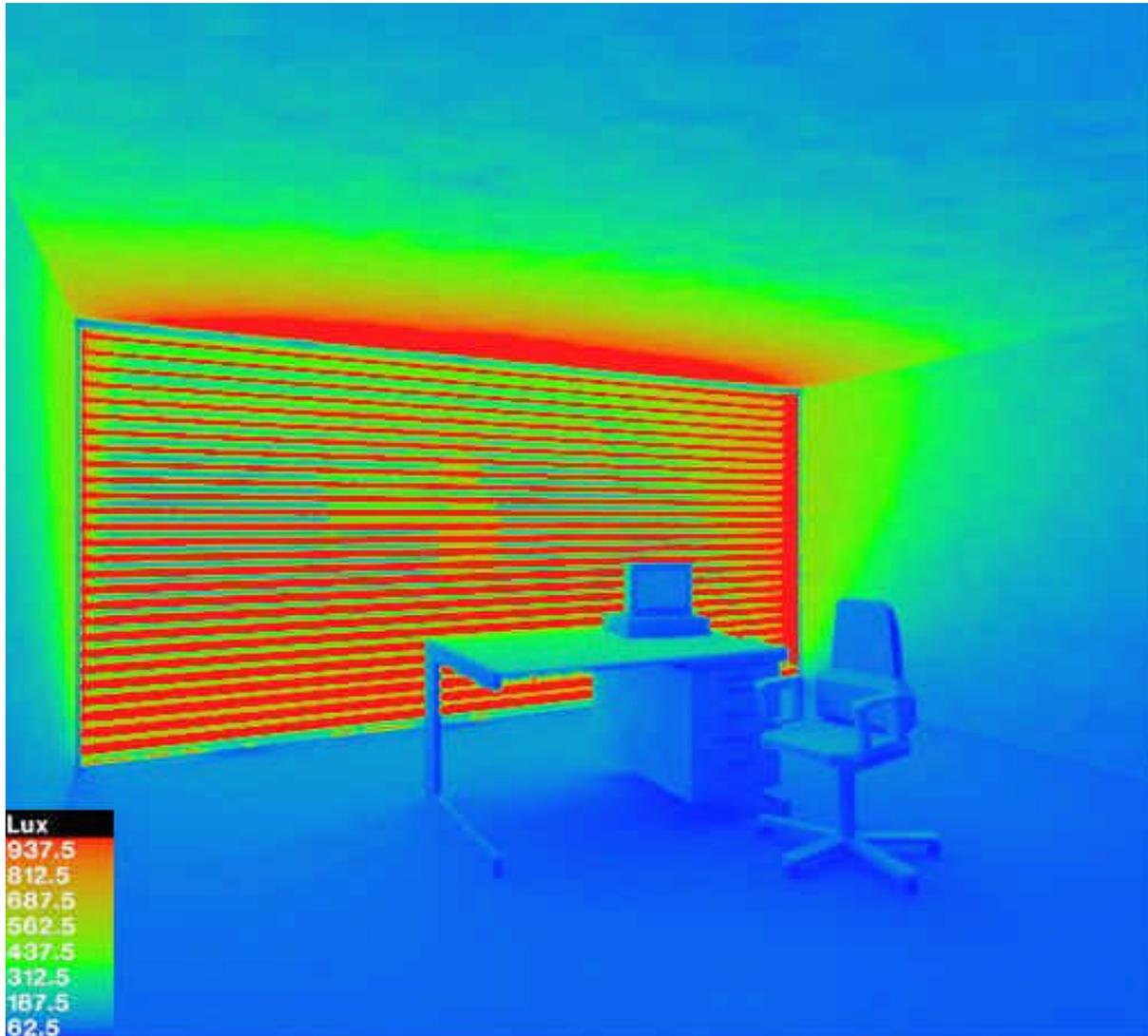


Das künstliche Licht KL ergänzt das Tageslicht TL so, daß sich im Rauminnern eine genügend hohe Gesamtbeleuchtungsstärke ergibt.

aus: Ris, Beleuchtungstechnik für Praktiker, 1997

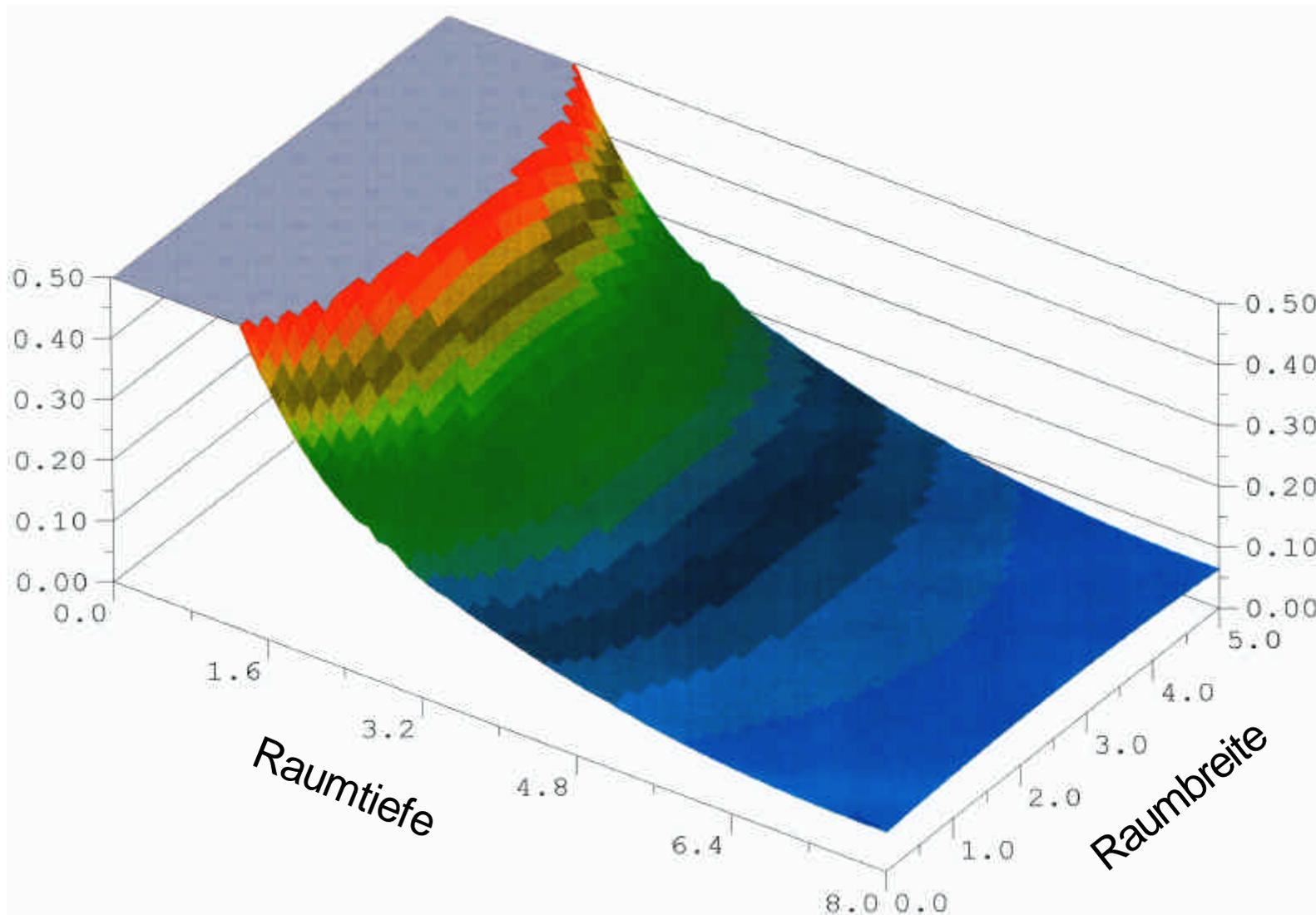


Tageslichtquotient,
unverschattete Fassade



Beleuchtungsstärkeverteilung bei geschlossenen Jalousien.

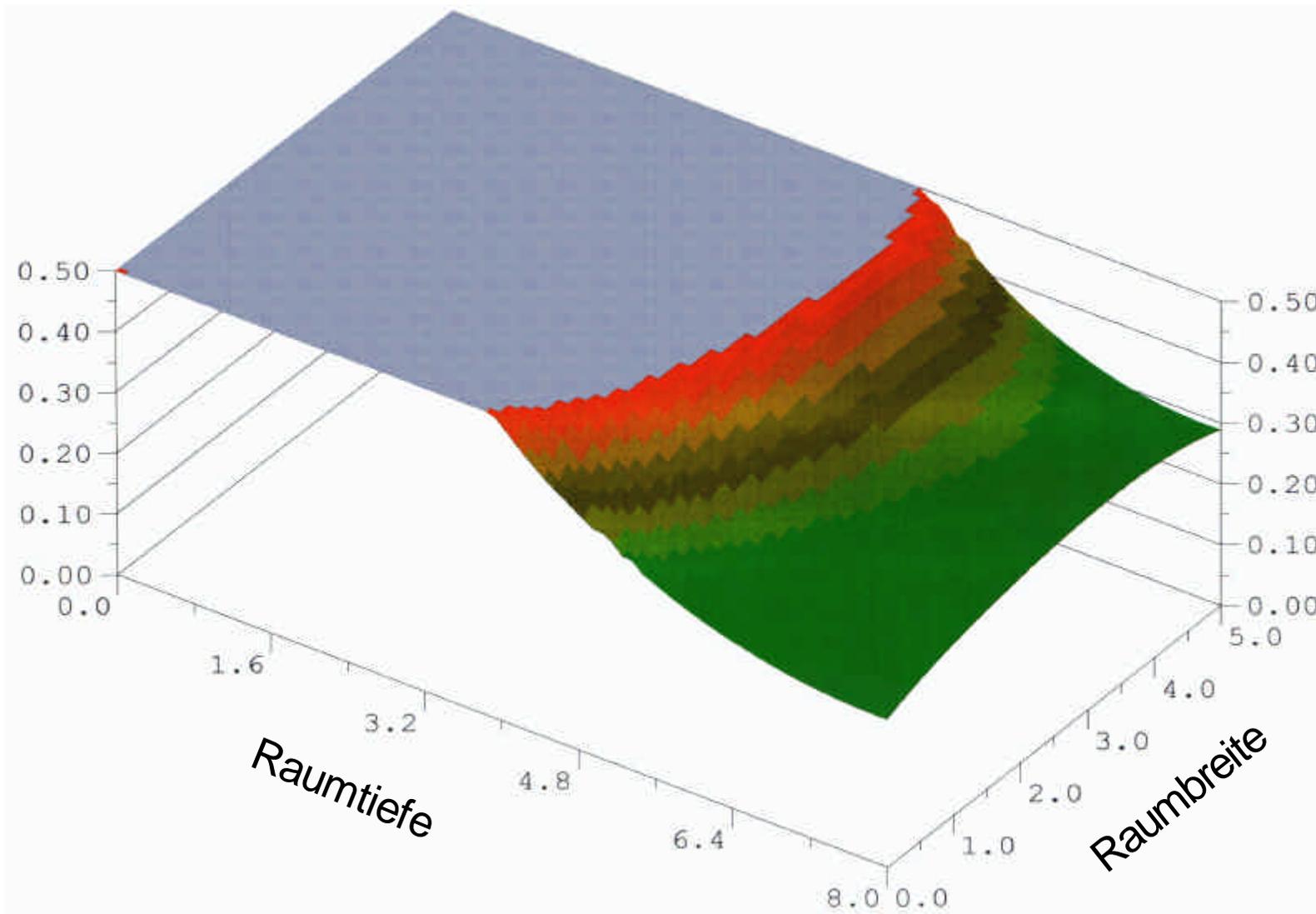
Auch an sonnigen Tagen wird die erforderliche Beleuchtungsstärke nicht erreicht. Es muß Kunstlicht eingeschaltet werden.



Beleuchtungs-
stärke [klux]

auf eine Fläche
in 0,8 m Höhe
(Schreibtisch)

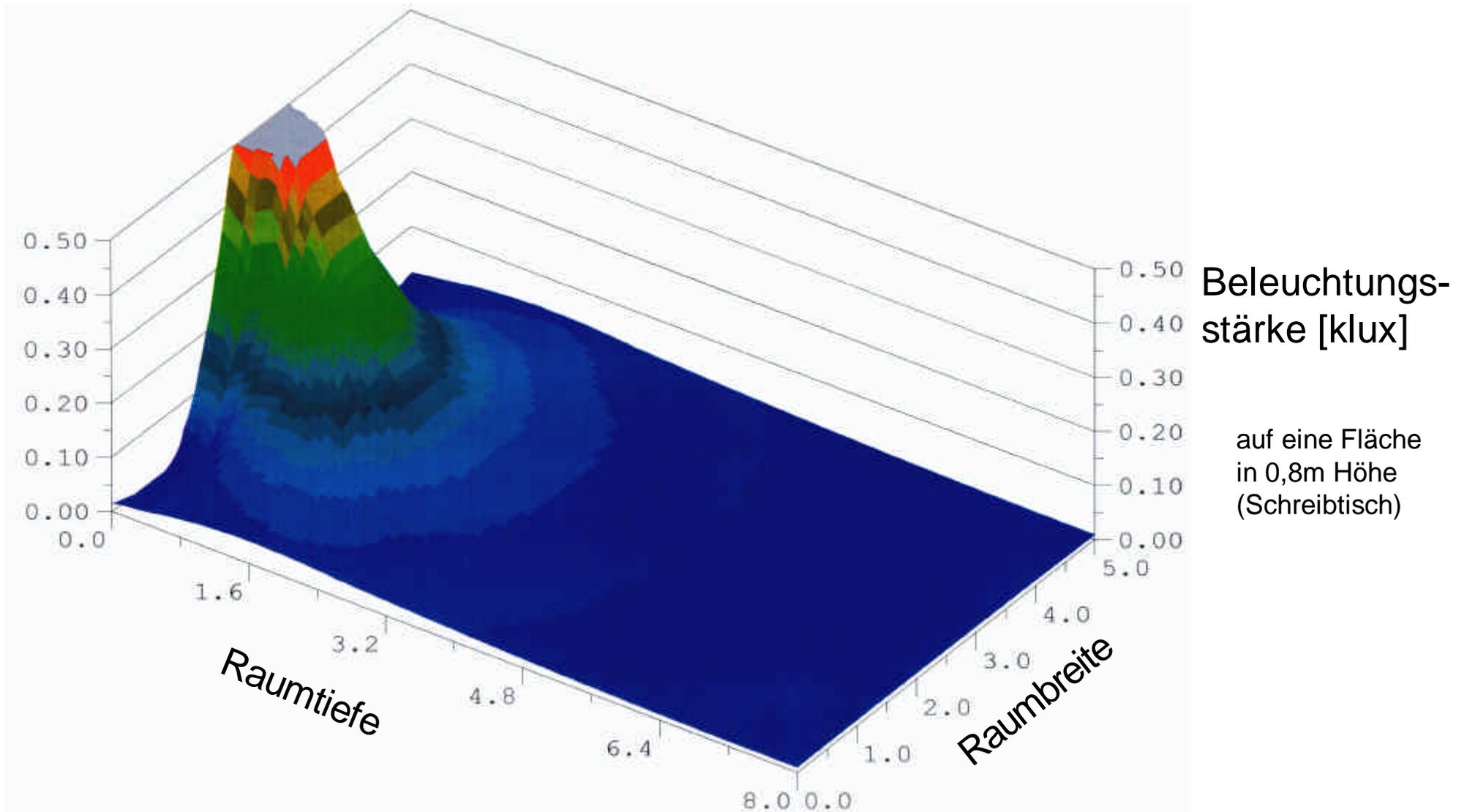
Ganzglasfassade ohne Sonnenschutz im Winter bei diffusem Himmel



Beleuchtungsstärke [klux]

auf eine Fläche
in 0,8m Höhe
(Schreibtisch)

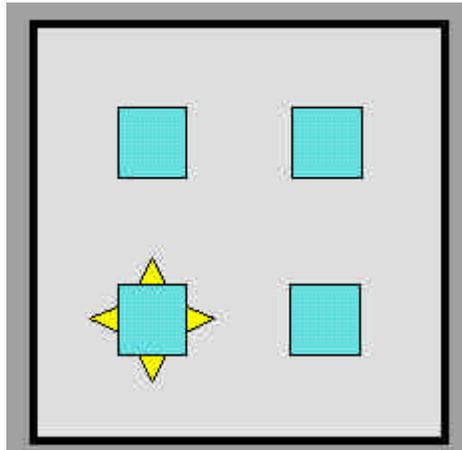
Ganzglasfassade mit geschlossenen Jalousien und 50 cm unverschattetem Oberlichtband im Sommer bei klarem Himmel und Sonnenschein



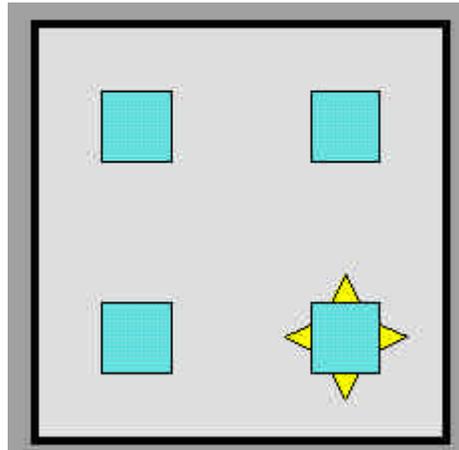
Fenster 1,5 m x 1,125 m ohne Sonnenschutz im Winter bei diffusem Himmel

Anordnung der Oberlichter:

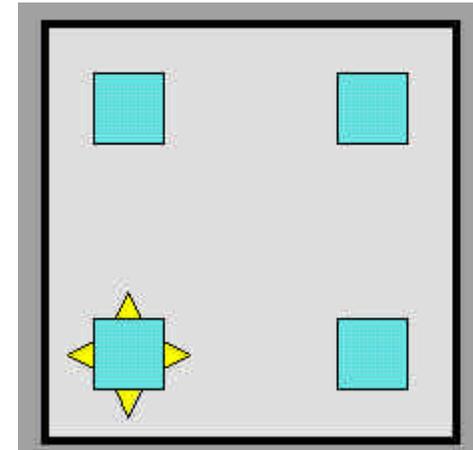
innen



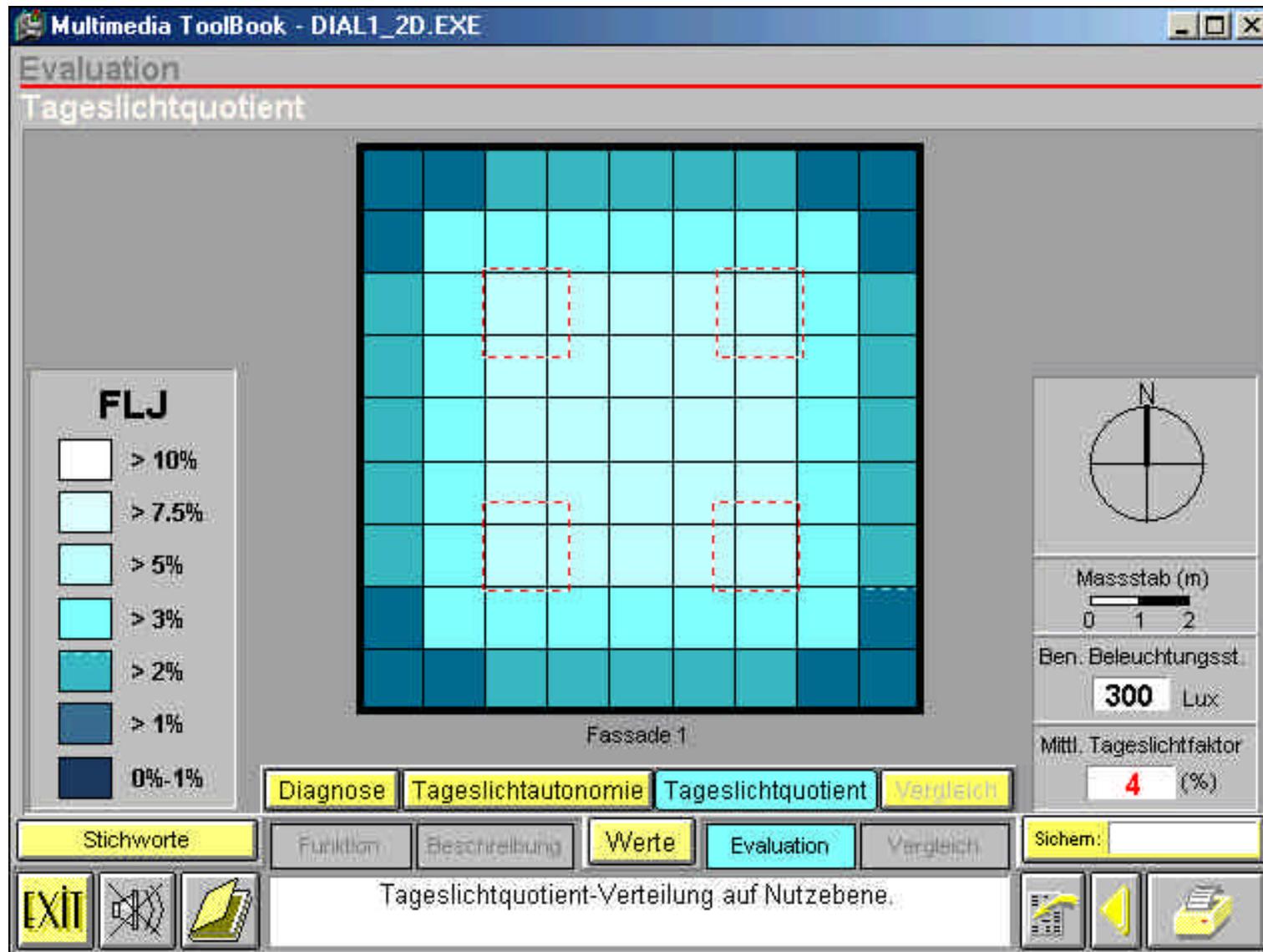
mittig



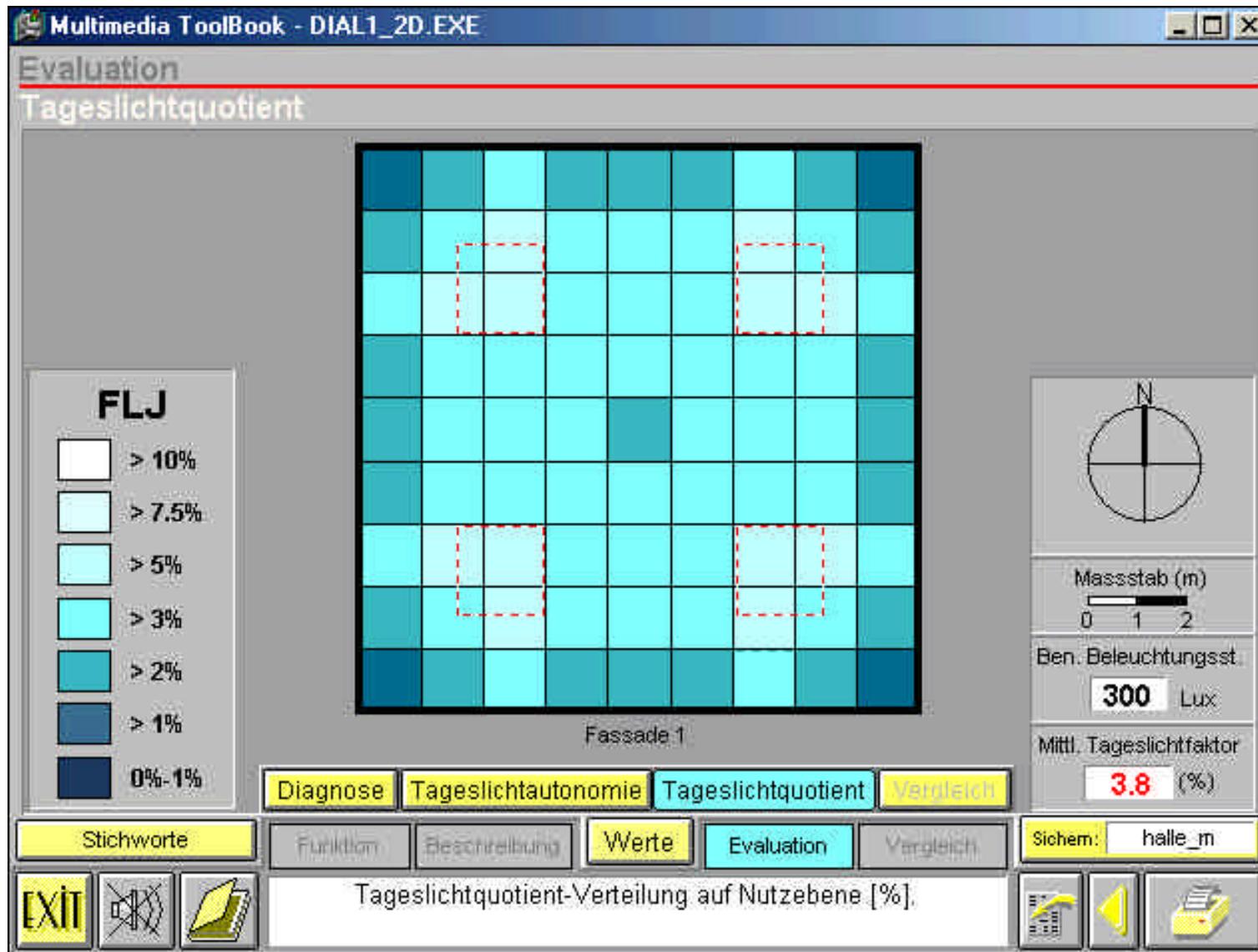
aussen



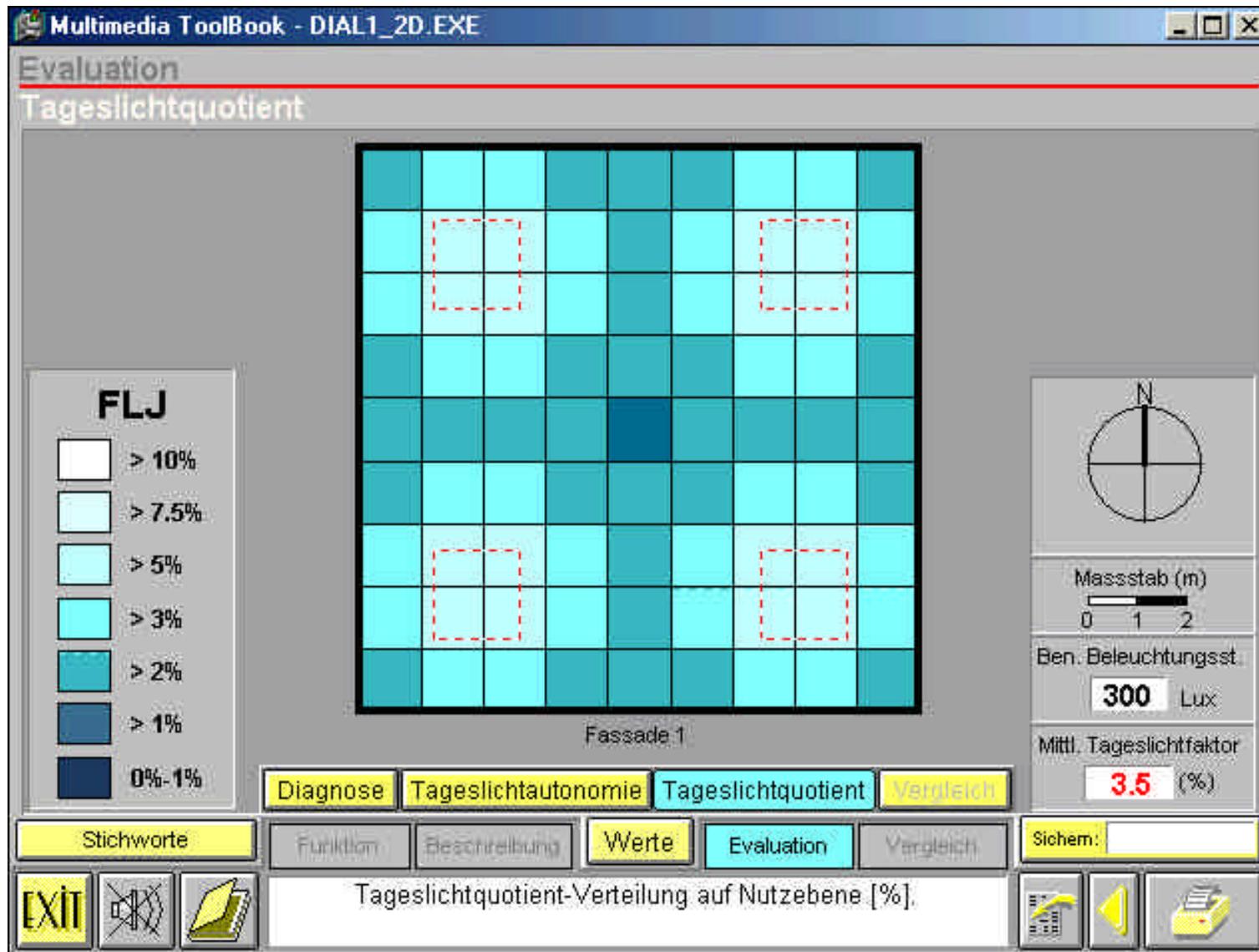
$TA_m = 55\%$
 $D_m = 4\%$
 $G = 0,3$



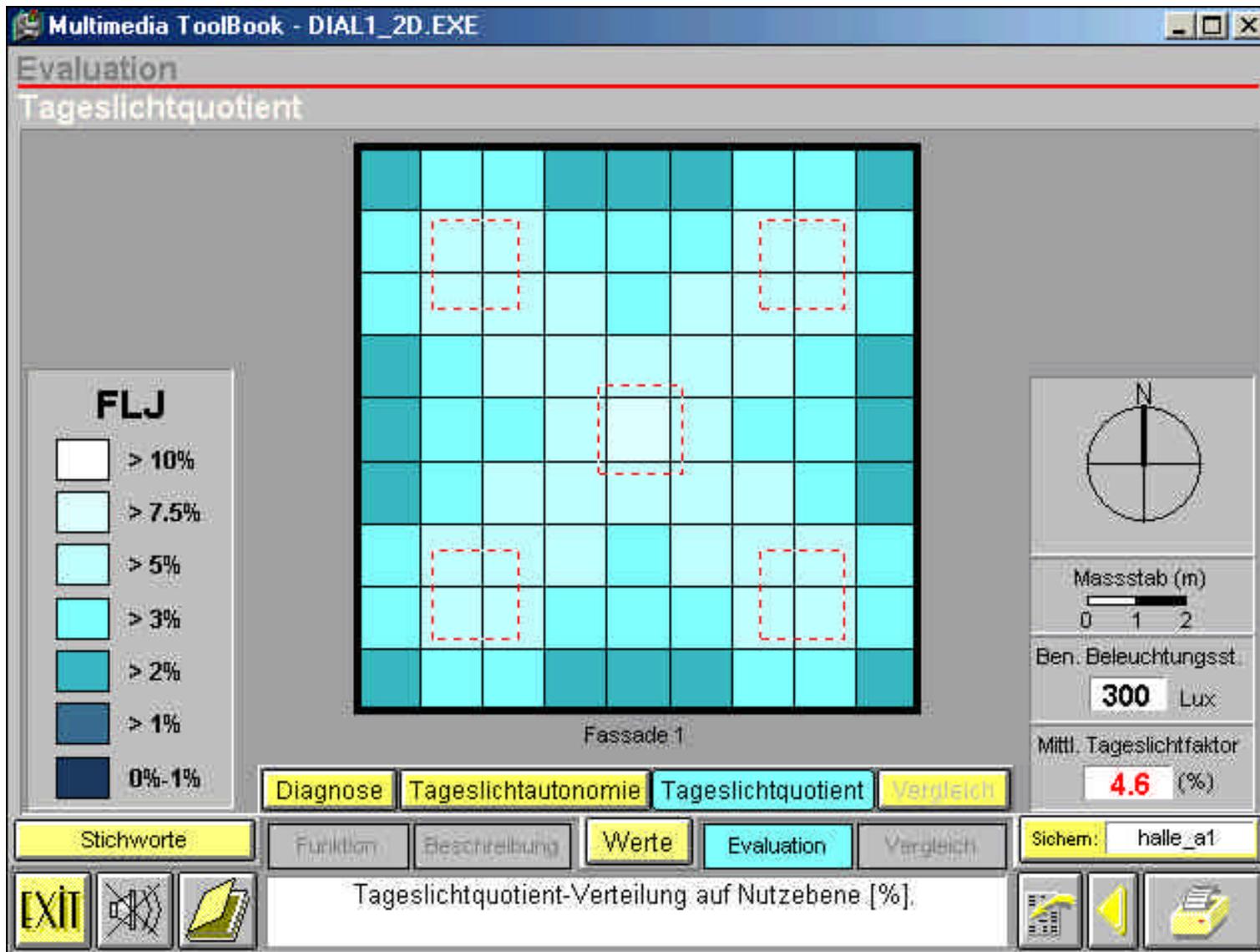
$TA_m = 57\%$
 $D_m = 3,8\%$
 $G = 0,5$

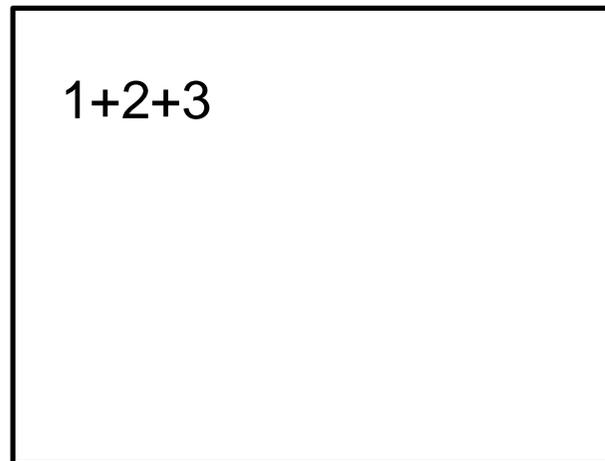
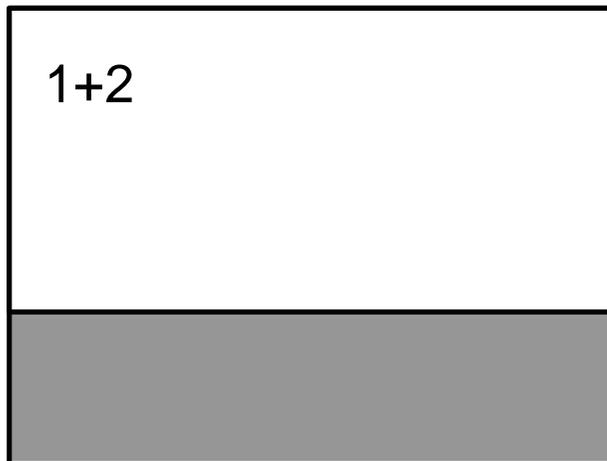
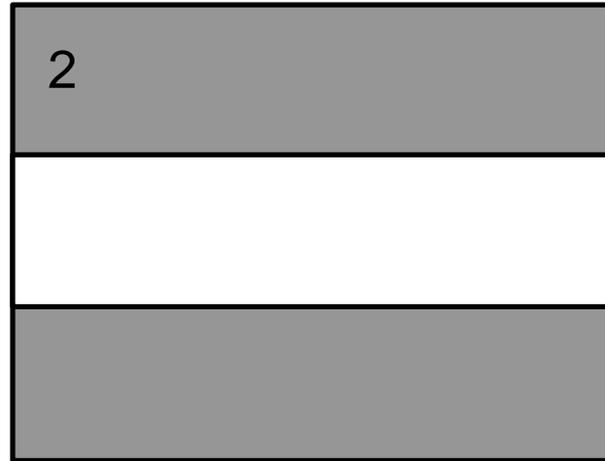


$TA_m = 54\%$
 $D_m = 3,5\%$
 $G = 0,5$



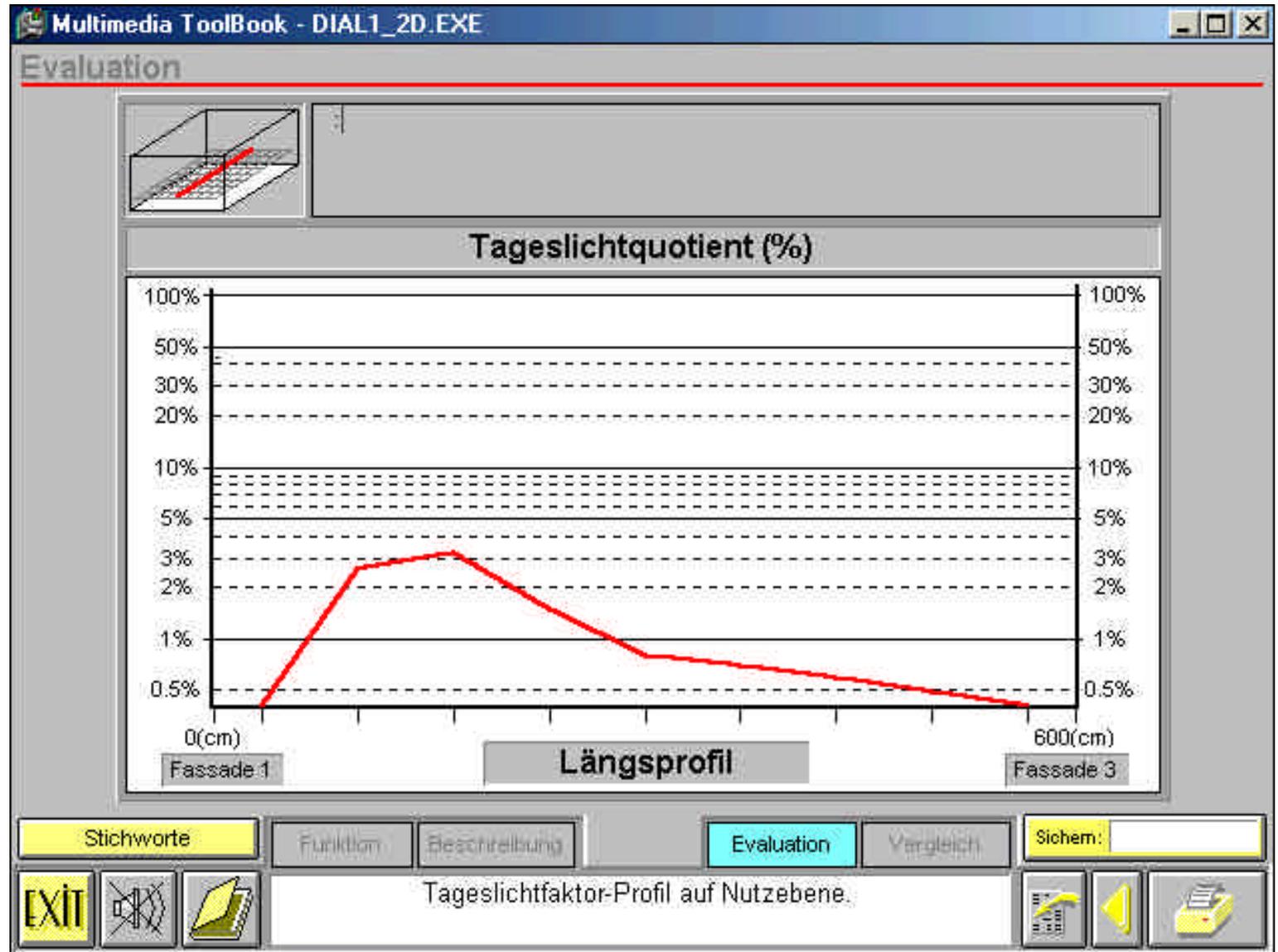
$TA_m = 67\%$
 $D_m = 4,6\%$
 $G = 0,5$

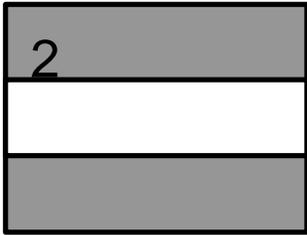




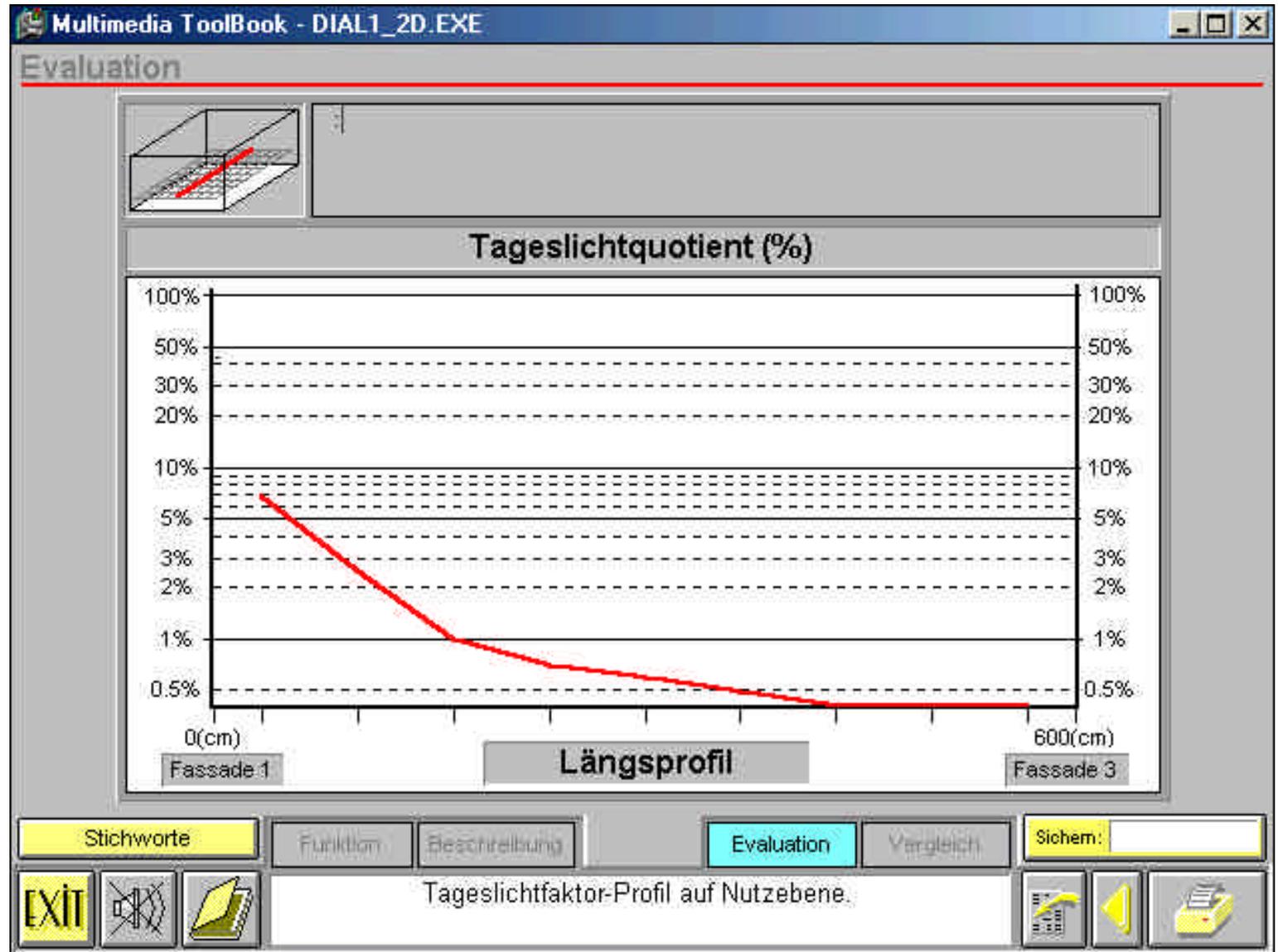


$TA_m = 9\%$
 $D_m = 1,1\%$
 $G = 0,4$



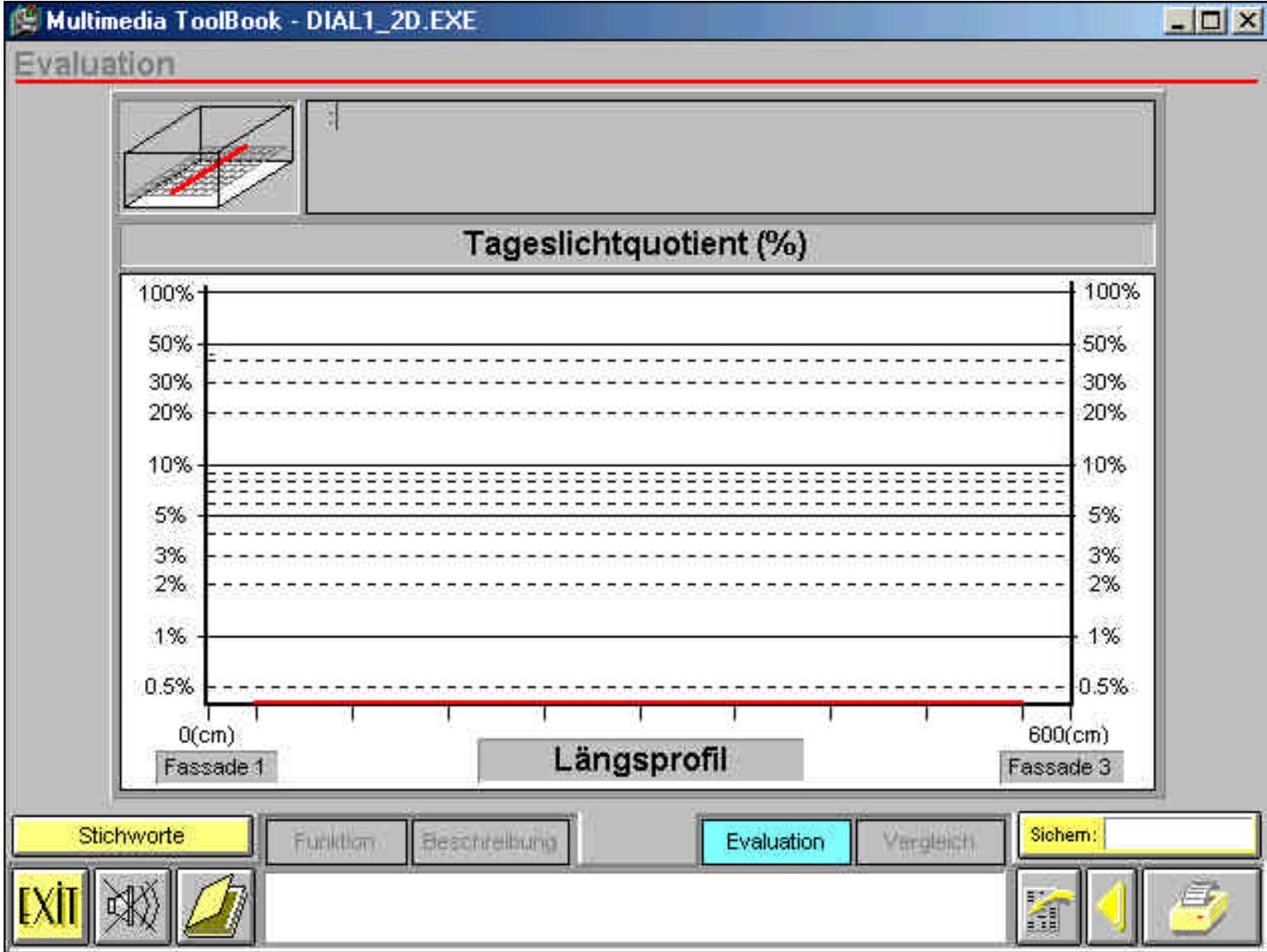


$TA_m = 12\%$
 $D_m = 1,3\%$
 $G = 0,2$



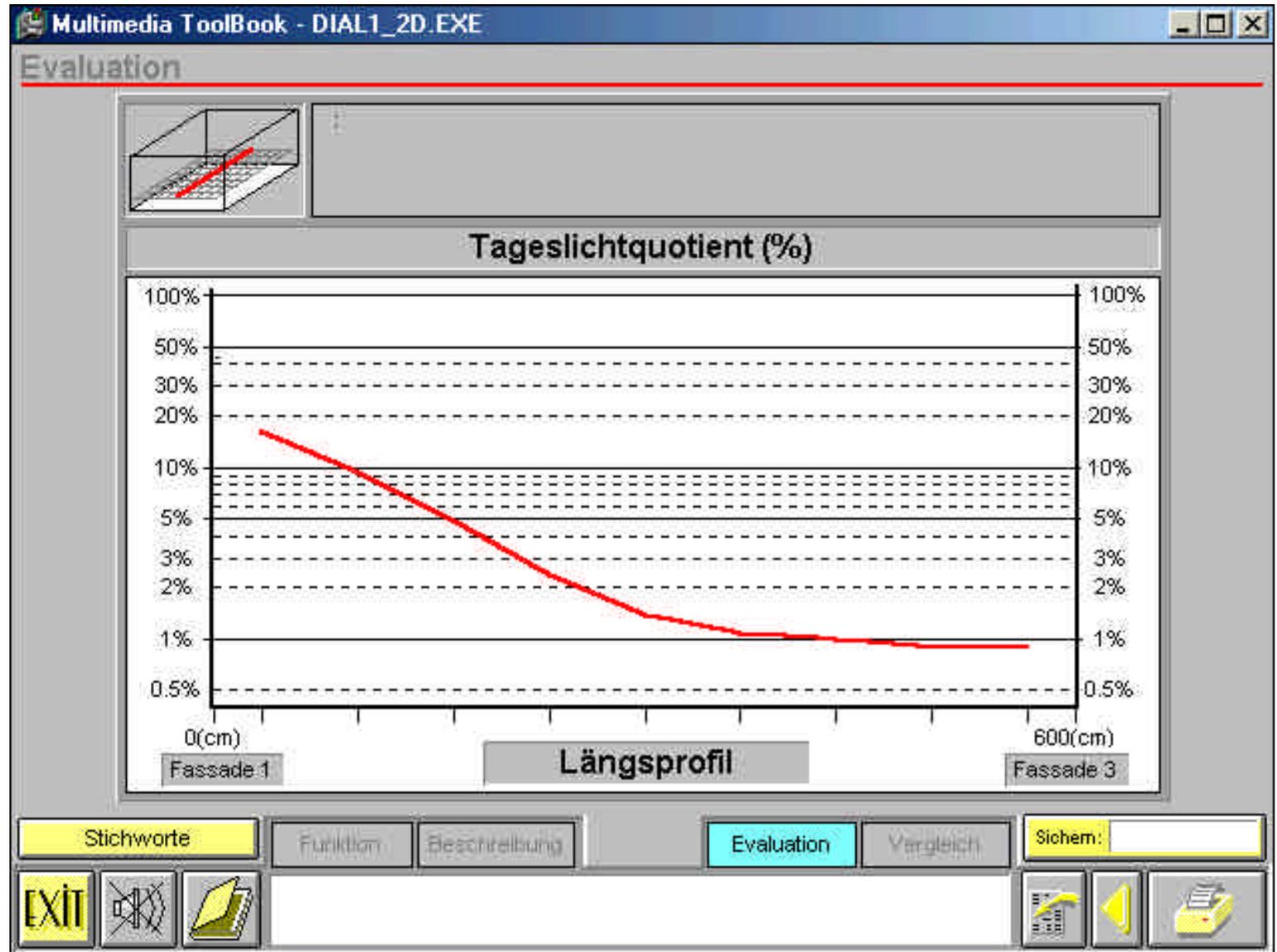
3

$TA_m = 0\%$
 $D_m = 0,2\%$



1+2

$TA_m = 30\%$
 $D_m = 3,8\%$
 $G = 0,2$

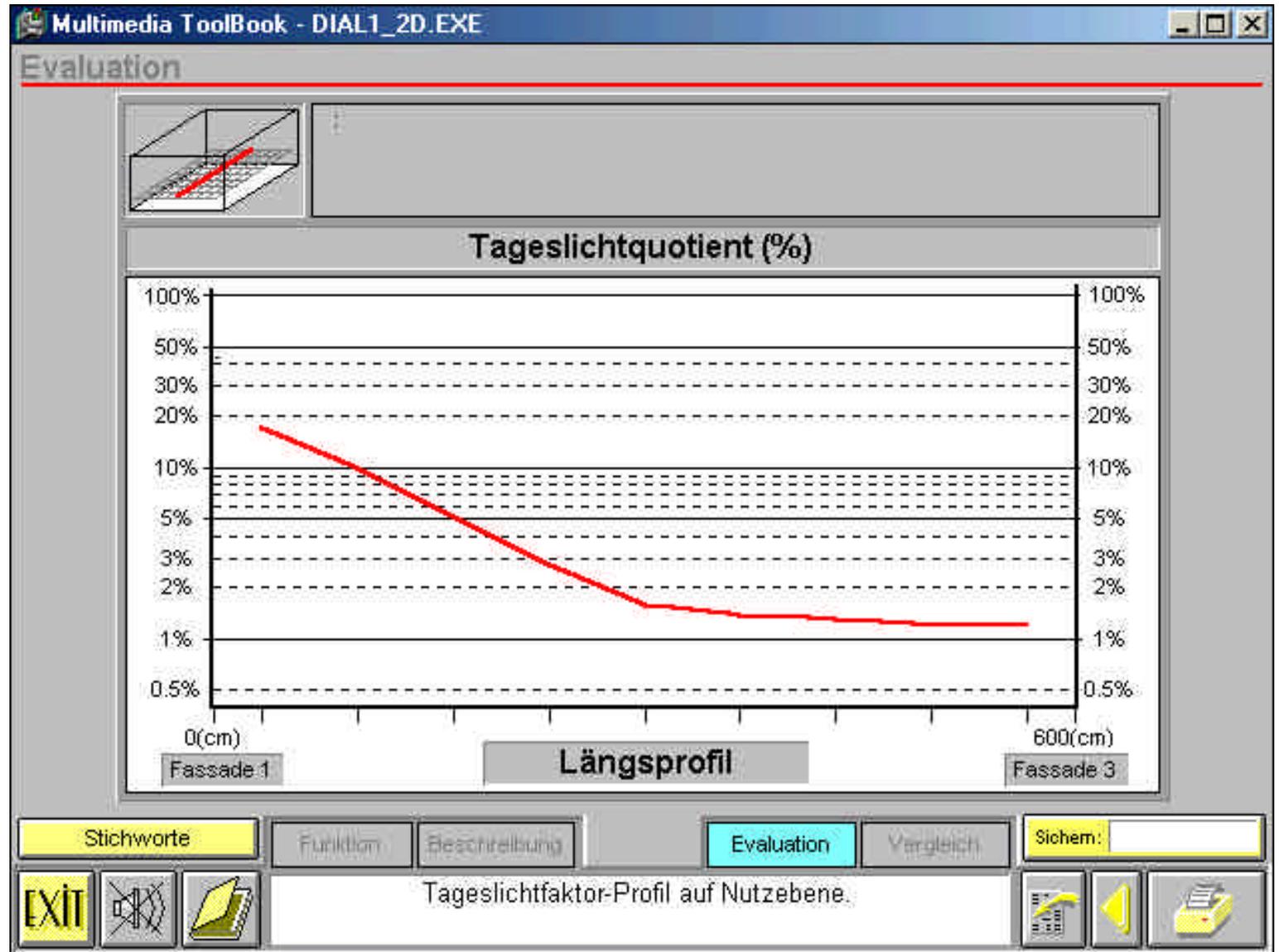


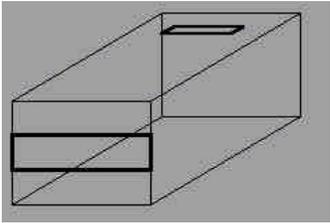
1+2+3

$$TA_m = 32\%$$

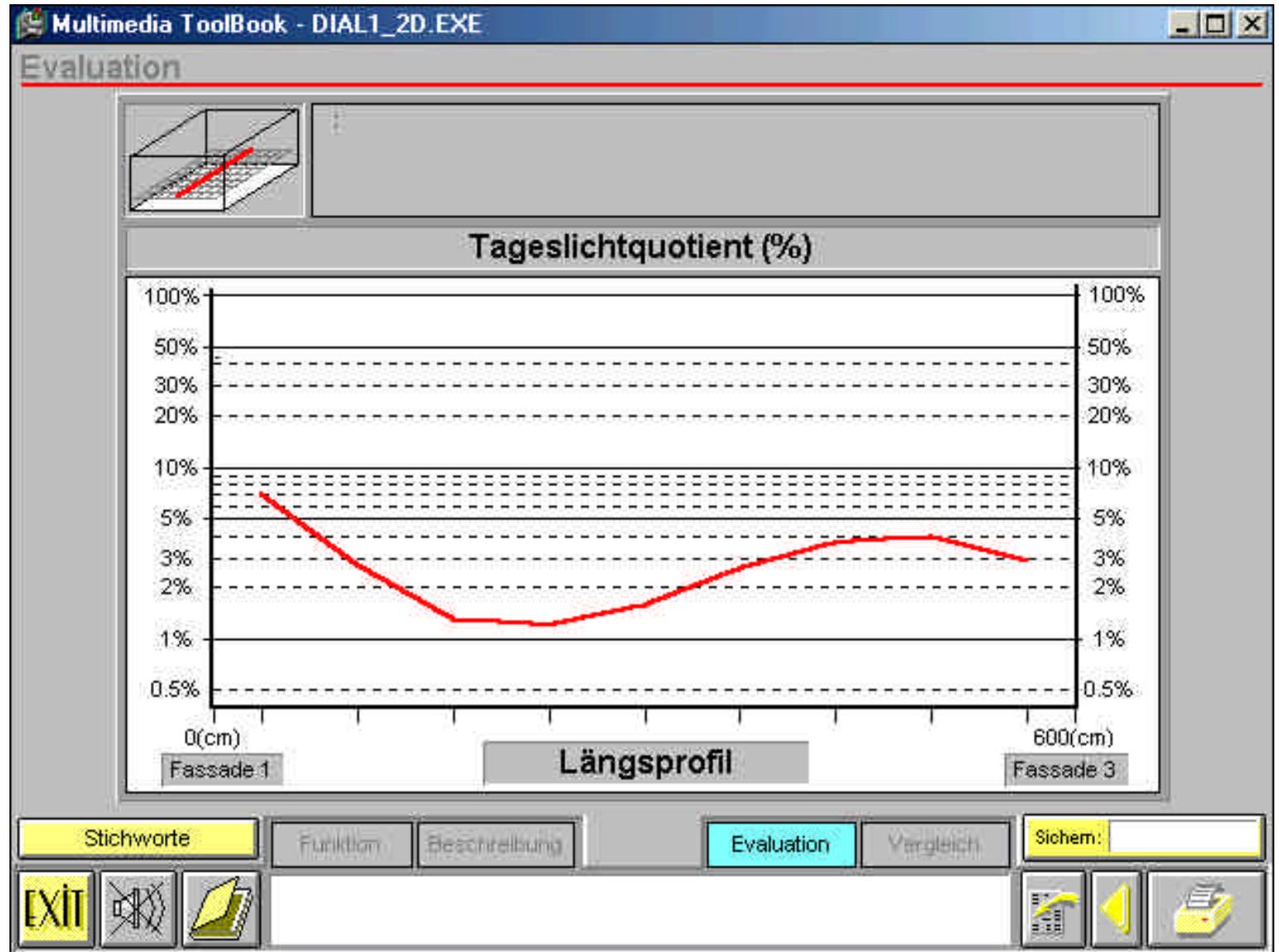
$$D_m = 4,2\%$$

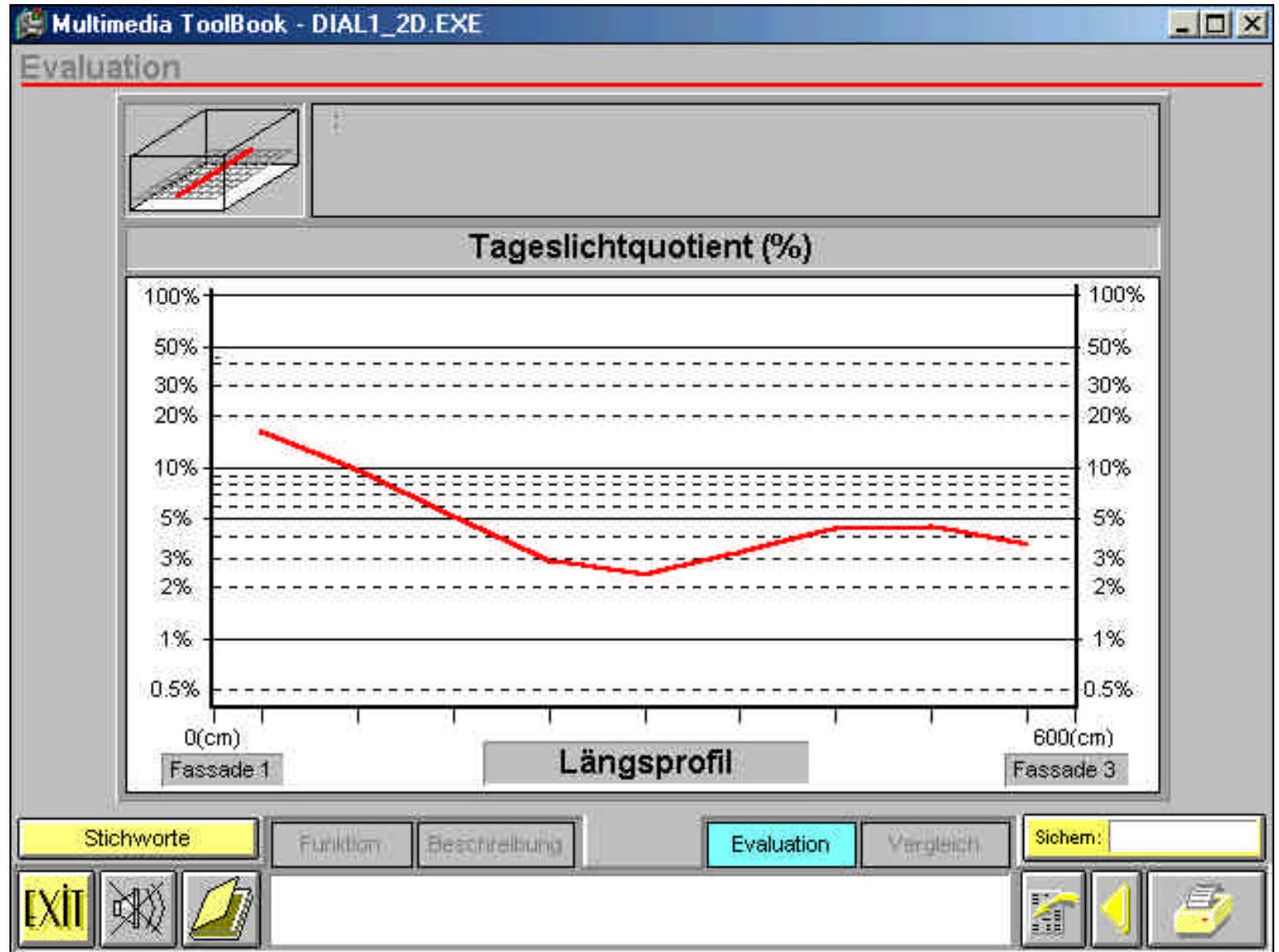
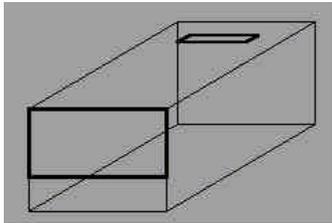
$$G = 0,3$$





$TA_m = 29\%$
 $D_m = 2,5\%$
 $G = 0,4$





$TA_m = 58\%$

$D_m = 5\%$

$G = 0,4$