

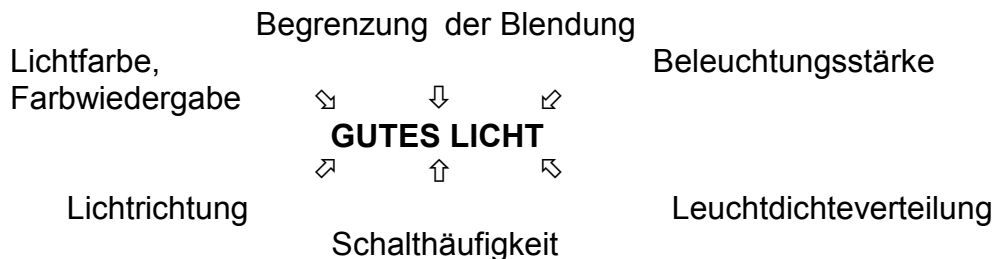
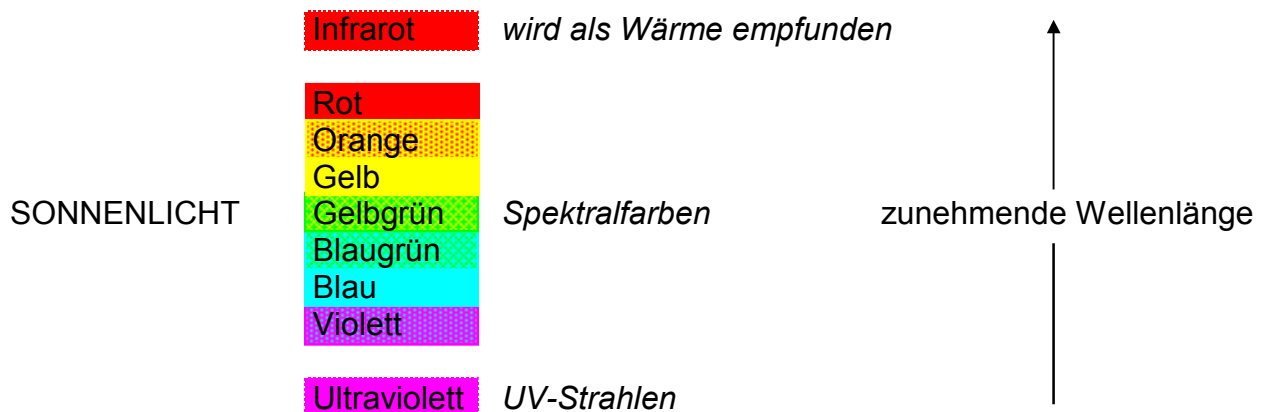
BELEUCHTUNGSTECHNIK

1. ALLGEMEINES

Es gibt zwei Arten von Licht: Tages- und Kunstlicht.

Lichtstrahlen sind unsichtbar und können erst beim Auftreffen auf stoffliche Materie als Licht erkannt werden (⇒ schwarzer Weltraum, da keine stoffliche Materie).

Spektrum des Lichts:



2. LICHTTECHNISCHE GRUNDGRÖßEN

1. **Lichtstrom** ϕ (Phi) in Lumen [lm] Maß für die Lichtquantität, die eine Lichtquelle in alle Richtungen ausgestrahlen kann

Lichtausbeute [lm/W] Verhältnis abgestrahlter Lichtstrom / aufgewendete Leistung; zeigt Wirtschaftlichkeit einer Lampe

2. **Beleuchtungsstärke** E in Lux [lx] = [lm/m²] Verhältnis des auf eine bestimmte Fläche auffallenden Lichtstromes zur Größe der Fläche (gemessen horizontal und vertikal)

$$1 \text{ lx} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2} \quad \text{bzw.} \quad E = \frac{\phi}{A}$$

- zu DIN-Werten werden 25% addiert (\Rightarrow Defekte, Verschmutzung)

125%	Planungswert
100%	DIN-Wert
80%	Mindestwert

3. Lichtstärke in Candela [cd] Zur Kennzeichnung der Eigenschaft der Leuchten, das Licht in best. Richtungen zu lenken, wurde der Begriff der Lichtstärke eingeführt. Er kennzeichnet das Maß für den in einer bestimmten Richtung wirksamen Teillichtstrom und dient vornehmlich der lichttechnischen Charakterisierung von Leuchten mit Hilfe eines Polardiagramms.

- z.B. hat eine Schreibtischleuchte, die eine Abstrahlung nach oben hin durch ihren Schirm verhindert nach oben hin eine Lichtstärke = 0
- Eine Leuchtstoffröhre hat parallel zur ihrer Längsachse ebenfalls eine Lichtstärke = 0, da die dort sitzenden Halterungen eine Abstrahlung in diese Richtung verhindern.

4. Leuchtdichte L in [cd/m²] kennzeichnet den Helligkeitseindruck, den das Auge von einer beleuchteten oder leuchtenden Fläche erhält

☹ zu hohe Leuchtdichte bzw. Leuchtdichteunterschiede \Rightarrow Blendung!

- großflächige Lampe \Rightarrow kleines L
- kleinflächige Lampe \Rightarrow großes L (Blendung! s.o.)

Beispiele: Glühlampe 100 W \Rightarrow bis 14 lm/W *Lichtausbeute*
 Natriumdampf-
 Niederdruckentladungslampe 180 W \Rightarrow bis 150 lm/W *Lichtausbeute*
 (also 10x mehr Licht!)

Büroraum \Rightarrow 500 - 1000 lx *Beleuchtungsstärke*
 Außenbereich \Rightarrow 20 - 50 lx *Beleuchtungsstärke*
 im Zimmer am Fenster \Rightarrow 100 - 2500 lx *Beleuchtungsstärke*

Mittagssonne \Rightarrow 150.000 - 200.000 cd/m² *Leuchtdichte*
 Mond \Rightarrow 0,25 cd/m² *Leuchtdichte*
 Kerzenflamme \Rightarrow 0,7 - 1,0 cd/m² *Leuchtdichte*

Lampen und Leuchten

LAMPE = künstl. Lichtquelle

LEUCHTE = Lampenhalterung

2. LAMPEN

EDISON 1882: 1. Glühlampe

Elektr. betriebene Lampen: a) *Temperaturstrahler* (z.B. Glühlampen)

b) *Entladungslampen* - *Niederdruck-Entladungslampen*
(z.B. Neonröhre)
- *Hochdruck-Entladungslampen*
(z.B. Natriumdampflampe)

Glühlampen

- *Aufbau:* - gasgefüllter Kolben
- Wolframdraht (wird zum Glühen gebracht, verbrennt aber nicht, da Sauerstoff fehlt)
- 15 - 200 W Leistung
- 10 - 20 lm/W
- 1000 h Brenndauer (kosten bei 75 W Glühlampe 16,50 DM, bei 15 W Energiesparlampe nur 3,30 DM)
- hohe Leuchtdichte [cd/m^2] \Rightarrow Abschirmung
- Farbwiedergabestufe 1
- großer Anteil an Wärmestrahlung (\downarrow keine hohen Beleuchtungsstärken!)
- dimmbar

Formen: a) *Allgebrauchslampen* Birnenform, Tropfenform, Pilzform

b) *Linestra-Röhre, Soffitte* Röhrenform mit zwei Halterungen

c) *Großkolbenlampen* Globe- oder Kugellampen mit großen Durchmesser

d) *Reflektorlampe* Bündelung des Lichts durch Verspiegelung \Rightarrow Vitrinen

e) *Halogen-Glühlampe* - extrem kleiner Quarzkolben, mit einem Halogen gefüllt
- erhöhter Innengasdruck
- hohe Wendeltemperatur
- 20 - 25 lm/ m^2
- 2000 h Brenndauer
- Farbwiedergabestufe 1

Hochvolt-Halogenlampe
Niedervolt-Halogenlampe

Schraubfassungen: E 40 Goliath-Fassung 300 - 2000 W
 E 27 Normal-Fassung 25 - 200 W
 E 14 Mignon-Fassung

(E ...= Durchmesser in mm)

Niederdruck-Entladungslampen

a) *Leuchtstofflampen:* - seit 1945

- Röhre mit je einer Elektrode an jedem Ende, mit Gas gefüllt und Leuchtstoffbeschichtung (best. Farbe)
- ausgestrahltes Licht: 2 % Entladungen zwischen den Elektroden
 20 % UV-Licht, das durch die Leuchtstoffbeschichtung sichtbar gemacht wird
- funktioniert am besten bei 20 - 25°C
- ☹ Nachteile:
 - nach Einschalten 1-2s Anlaufdauer bis Lampe brennt (bei konventionellen Vorschaltgeräten)
 - häufiges Einschalten verkürzt Lebensdauer
 - ☠ Sondermüll (Quecksilber!)

⇒ **Hochfrequenz-Betriebssystem** (Elektronische Vorschaltgeräte heben die Netzfrequenz von 50 Hz auf 30 kHz an)

- 90 lm/W
- flackerfreier Sofortstart
- keine Stroboskop-Effekt
- temperaturunabhängig
- ☹ teuer
- ☹ geringere Lebensdauer

- ☠ **Stroboskopischer Effekt:**
 - Lampe strahlt mit $f = 50$ Hz (weil Wechselstrom $f = 50$ Hz)
 - Zahnrad, Säge, Ventilator.... dreht sich mit 50 Umdrehungen pro Sekunde ($f = 50$ Hz)

⇒ stroboskopischer Effekt: Rad, Säge,...scheint stillzustehen (☠ Verletzungsgefahr!)

Lösung: Leuchtstofflampen, die sich paarweise in einer Leuchte befinden, werden in Duoschaltung betrieben.
 Bei mehreren Leuchten wird Mehrphasenschaltung angewandt.

b) *Kompakt-Leuchtstofflampen:* - seit 1980
 - einseitig gesockelt
 - Alternative zu Glühlampen

- ☹ Nachteile:
 - teuer
 - Lichtausbeute abhängig von Temperatur und Lage
 - Sondermüll (Quecksilber!)

- nicht dimmbar

- ☺ Vorteile: - auch für Glühlampenfassungen und Glühlampenleuchten geeignet
(☞ dabei aber Brennlage beachten!)

- 5fach höhere Lichtausbeute aber nur bei geringer Schalthäufigkeit (neuere Modelle können genauso oft geschaltet werden wie Glühlampen)

- Anwendungsbereiche: - wo Wärmeentwicklung stört
- wo hohe Auswechselkosten anfallen
- wo glühlampenäquivalentes Licht täglich lange brennen soll (keine häufigen kurzen Schaltungen)

c) Hochspannungsrohren: - „Neonröhren“ (Lichtreklame)
- Körperfarbe und Lichtfarbe muß nicht gleich sein

d) Natriumdampf-Niederdrucklampen (NA): - 75 - 150 lm/W
- 5 - 10min Anlaufzeit
- monochrom gelbes Licht
- Straßenlaternen
- Brenndauer 5000 h

Hochdruckentladungslampen

- kleiner als Niederdruck-Entladungslampen
- hauptsächlich hohe Räume (Werkhallen) und Außenanlagen

- ☹ Nachteile: - hohe Leuchtdichte
- ungünstige Farbwiedergabe
- nach Gebrauch erst nach Abkühlzeit wieder einsatzbereit
(☞ Ersatzbeleuchtung für den Notfall!)

- ☺ Vorteile: - hohe Lebensdauer
- günstige Lichtausbeute
- gleiche Beleuchtungsstärke bei weniger Lampeneinheiten als bei Leuchtstofflampen (⇒ kleinerer Wartungsaufwand)

a) Quecksilberdampf-Hochdruckentladungslampen (HQL)

b) Natriumdampf-Hochdruckentladungslampen (NAV)

c) Halogen-Metaldampf-Hochdruckentladungslampen (HQI)

Mischlichtlampen

Kombination aus Hochdruckentladungslampe und Glühlampe in einem Kolben

3. LEUCHTEN

Bei der Planung zu beachten:

- Konstruktion
- Wartungsfreundlichkeit
- Gestaltung
- Elektrotechnische Sicherheit (VDE-Zeichen)
- lichttechnische Eigenschaften

- Brennlage bedingt unterschiedliche Temperaturen
- verschiedene Schutzarten (Feuchtraumleuchte, explosions sichere Leuchte...)

Lichttechnische Eigenschaften: ⇒ Fachingenieur!

- Lichtstromverteilung
- Lichtstärkeverteilung
- Lichtdichteverteilung
- Betriebswirkungsgrad

Bauarten: a) *Einbauleuchten* werden in abgehängte Decke eingebaut

b) *Anbauleuchten* werden direkt an der Decke festgeschraubt

c) *Pendelleuchten* hängen von der Decke herab

Innenleuchten für Leuchtstofflampen

a) *freistrahlende Leuchten:* - nackte Leuchtstofflampen an einer Schiene
- ein- bis dreireihig

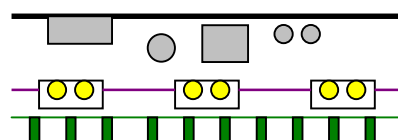
b) *Rasterleuchten:* - Lampen sind mit Raster abgedeckt
- als Blendschutz
- und zur Streuung

c) *geschlossene Leuchten:* - lichtstreuende Wannenabdeckung aus transluzentem Kunststoff
- ↓ reduzierter Lichtstrom durch aufgeheiztes Inneres
- ab 750 lx und 21°C unangenehme Wärmeentwicklung
- als Deckeneinbauleuchte für abgehängte Decken
- als Deckenanbauleuchte zum unter der Decke montieren

d) *Klimaleuchten:* - Abluftabführung
- Einbau in abgehängte Decken mit Anbindung an Abluftkanäle
- Großraumbüros, Kaufhäuser

☺ Vorteile: - längere Lebensdauer und größere Lichtausbeute durch Kühlung durch den Luftstrom
- keine unangenehme Wärmeentwicklung
- Unterstützung der Lüftung

e) *Lichtdecken:*



- evtl. Installationen
- gleichmäßig verteilte Lampen
- transluzenter Kunststoff
- Großraster

- 30 % Lichtverlust
- absolut blendfrei
- keine Leuchtdichtekontraste
- keine Verschattung

Innenleuchten für Glühlampen

- a) *Downlights*: Deckeneinbau- und anbauleuchte
- b) *Uplights*: - im unteren Raumbereich mit nach oben gerichtetem Licht
- effektvolle Schattenbildung
- c) *Fluter*: - vorwiegend als Wandleuchte konzipiert
- extrem breiter Ausstrahlungswinkel
- Deckenfluter (Aufhellung größerer Deckenflächen)
- Bodenfluter (Ausleuchtung von Treppen, Fluren)
- d) *Strahler*: - Beleuchtung vertikaler Flächen oder Einzelobjekten
- Einfallswinkel spielt besondere Rolle
- Bilder mit 30° anstrahlen (Reflexvermeidung)
- Sondermodelle: - mit UV-Filter gegen Ausbleichen
- mit Infra-Rot-Sperrfilter gegen Wärmeentwicklung
- e) *Stromschienensysteme*: - Stromschiene mit Adaptern, wo Leuchten eingesetzt werden
- gut, wo oft Leuchten ausgewechselt werden müssen

4. PLANUNG VON BELEUCHTUNGSANLAGEN

- Flächenbeleuchtung: - gleichmäßige Ausleuchtung
- z.B. Unterrichtsräume, gewerbl. Räume mit variablen Arbeitsplätzen
- Zonenbeleuchtung: - bei differenzierter Raumnutzung und fester Zuordnung von Arbeitsplätzen
- z.B. Kassenhallen von Banken mit versch. Zonen

Akzentbeleuchtung:- ergänzend zur besonderen Betonung

Bei der Beleuchtungsplanung von Innenräumen sollte beachtet werden:

- Beleuchtungsniveau
- Begrenzung der Blendung
- Helligkeitsverteilung und Schattigkeit
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe
- Anordnung der Lichtquellen

Beleuchtungsniveau

- hohes Beleuchtungsniveau erhöht die Sehschärfe und damit die Leistungsfähigkeit
- bei 2000 lx optimale Sehschärfe (☹ Strahlungswärme ungünstig ab 1000 lx)
- richtet sich nach Sehaufgabe (Werte aus DIN 5035, Teil 2)
 - z.B. Uhrmacher 1500 lx
 - Hafenarbeiter 20 - 100 lx
- bei Menschen über 45 J. sind die DIN-Werte um eine Stufe zu erhöhen

Schattenwirkung und Blendung

Blendung ist die Überforderung der Adptionsfähigkeit des Auges.

Alles Licht, das von einer Lichtquelle direkt oder über glänzende bzw. spiegelnde Flächen indirekt ins Auge fällt, bewirkt Blendung. Vollkommen blendfrei ist eine Beleuchtungsanlage nur dann, wenn bei normaler Arbeitshaltung keine Lichtquelle zu sehen ist und auch an keiner Stelle der Arbeitsfläche Glanz auftritt.

Angenehme Beleuchtung : - diffuse Anteile (⇒ Schattenlosigkeit)
 - gerichtete Anteile (⇒ harte, tiefe Schatten)
 ⇒ Schatten mit weichen Rändern

Blendung: - Verringerung der Sehleistung (= physiologische Blendung)
 - Vermindertes Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit durch unbewußte Irritation (= psychologische Blendung)

- Blendung ist abh. von der Anbringung der Leuchte
- keine zu großen Leuchtdichte-Unterschiede zwischen Raumzonen und Versch. Räumen (ständiges Adaptieren bewirkt Ermüdung); Grenzwert 1:3 bzw. 3:1
- durch zu starke Kontraste kommt es zur Reflexion, daher harmonische Übergänge: 0,7 Decke, 0,5 Wand, 0,3 Boden

Direkte Blendung (Absolutblendung):

- durch eine Lichtquelle im Blickfeld, deren Helligkeit die Adptionsfähigkeit des Auges übersteigt
- Nackte Leuchtstofflampen, die irgendwo im Gesichtsfeld liegen, führen wegen der hohen Leuchtdichte immer zu Direktblendung.
- *Vermeidung:*
 - Leuchten und Lampen etwa 45° oberhalb des horizontalen Blickwinkels anordnen
 - Lampen und Leuchten mit Blendschutz versehen
 - Darklight-Leuchten (Leuchtdichte unterscheidet sich kaum von der Leuchtdichte der Decke)

Reflexblendung (Relativblendung):

- durch starke Helligkeitskontraste im Blickfeld
- *Vermeidung:*
 - großflächige Leuchten niedriger Leuchtdichte
 - helle Farbe der Decke, um Leuchtdichtekontraste zu mildern
 - Einrichtung mit matten, entspiegelten Oberflächen
 - Änderung des Lichteinfalls (am besten seitlich)
 - indirekte, diffuse Beleuchtung

Bildschirmarbeitsplätze (BAP)

- 2 Anforderungen an die Beleuchtung:
- Lesen und Schreiben von Schriftstücken (300 - 500 lx; nicht mehr, sonst zu großer Kontrast Schriftstück - Bildschirm)
 - Arbeiten am Bildschirm (Leuchte darf nicht im Bildschirm Reflex erzeugen)
- *BAP- Leuchten*: - Ausstrahlung nur bis zum Winkel von 50° zur Senkrechten
 - oberhalb wird Leuchtdichte die der Decke angepaßt
 - Blickrichtung parallel zum Fenster
 - Leuchten und Lichtbänder auch parallel zur Fensterfront; seitlich versetzt zu BAPs

Bsp.: Vermeidung der Blendung durch das „Sekundäre Beleuchtungssystem“

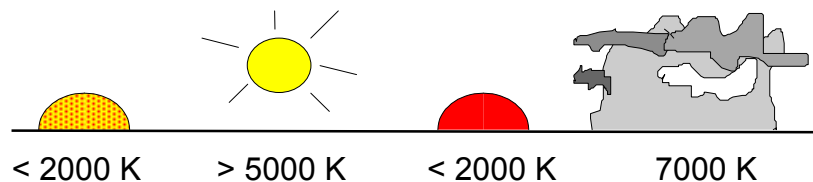
- direktes Lichtsystem, das so ausgeblendet ist, daß kein Einblick in die Lichtquelle mehr möglich ist
- das abgestrahlte Licht wird über Reflektoren und Decke in den Raum gestrahlt

Licht und Farbe

- Farbtemperaturen:**
- 800 K ⇒ Rotglut
 - . ⇒ + gelbe Strahlen
 - . ⇒ + grüne “
 - . ⇒ + blaue “
 - . ⇒ + violette “
 - 5000 K ⇒ = Weißlicht (Überlagerung aller Farben)

ab 7000 K ⇒ „kältere“ (bläuliche) Strahlung
 unter 5000 K ⇒ wärmeres Licht

z.B. Tageslicht:



Künstliche Lichtfarben:

- a) *ww = warmweiß*: - < 3300 K
- überwiegender Rotanteil
 - behagliche Atmosphäre
 - Leuchtstofflampen in ww können mit Glühlampen kombiniert werden
 - auch bei niedrigen Beleuchtungsstärken angenehm
 - Räume der Entspannung, festliche Räume
- b) *tw = tageslichtweiß*: - > 5000 K
- überwiegender Blauanteil
 - sachliche Atmosphäre
 - aktivierend
 - ☹ Beleuchtungsstärke unter 1000 lx wirkt fahl

- Farbwiedergabe wie Tageslicht

- c) *nw = neutralweiß*: - 3300 - 5000 K
 - am häufigsten verwendet
 - ab 200 lx geeignet
 - mit Tageslicht kombinierbar

Farbwiedergabe: - bei monochromatischem Licht sind Körperfarben nicht mehr zu unterscheiden
 - gleiche Lichtfarbe muß nicht gleiche Lichtwiedergabeeigenschaften bedeuten (⇒ anderes Spektrum)
 - Farbwiedergabe je nach Anteil der einzelnen Spektralfarben
 - am natürlichsten wirken Lampen mit ausgewogenem Spektrum
 - *Farbwiedergabeeigenschaft*: Farbwiedergabeindex R_a (100 = absolute Farbwiedergabe)
 abgestuft in: 1A, 1B, 2A, 2B, 3, 4;
 (wobei 1A und 1B „sehr gut“)

- Innenraum mind. Stufe 3
 - Lampen mit guter Farbwiedergabe haben geringeren Lichtstrom (☹ weniger wirtschaftlich)
 - „de Luxe“- Ausführungen: 1 A

Farbpsychologische Zusammenhänge: - morgens lieber kältere Lichtfarben (Aktivität
 ⇒ Arbeitsraum)
 - abends lieber wärmere Lichtfarben (Ruhe
 ⇒ Restaurant, Sanatorium)

Farbverschiebungen: Falls eine Farbe im Lichtspektrum nicht vertreten ist, kann die entsprechende Körperfarbe nicht zur Geltung gebracht werden (☹ Farbverschiebungen!). Bei fast jeder künstl. Beleuchtung der Fall; außer „de Luxe“ s.o.
 ☞ bedenken bei der Auswahl von Möbeln, Wandfarbe, Inneneinrichtung

Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke: je kälter die Farbe desto höher muß Beleuchtungsstärke sein (faul, s.o.)

Lichtfarben unterschiedlicher Lichtquellen:

- möglichst einheitlich im selben Raum bzw. Gebäude
 - mit Tageslicht kombinierbar: tw, nw (z.B. Tageslichtersatzbeleuchtung)

Auswahl des Lampentyps: - Welche Atmosphäre soll herrschen?
 - Was hat Vorrang? Farbqualität oder Wirtschaftlichkeit?

Beleuchtung von Geschoßbauten

Büroräume, Zeichensäle, gewerbliche Räume ⇒ nur Leuchtstofflampen!
 - wirtschaftlich
 - geringe Leuchtdichte
 - wenig Wärmeentwicklung

- Leuchten vor den Fenstern (entspricht natürlicher Belichtung)
- ab 5 - 6m weitere Leuchtenreihe
- bei großer Raamtiefe \Rightarrow Tageslichtersatzbeleuchtung im fensterfernen Bereich (s.u.)

Beleuchtung von Shedbauten, Flachbauten und Hallen

- Shed- und Flachbau \Rightarrow Leuchtstofflampen
- hohe Hallen (ab 8m) \Rightarrow lichtstromstarke Hochdruckentladungslampen in Spiegelreflektor-Leuchten
 - weniger Lampen nötig
 - kleinerer Wartungsaufwand

Beleuchtungsberechnung

DIN 5035, Teil 2 Nennbeleuchtungsstärken für Arbeitsräume als Richtwerte
(Richtwerte für Theater, Kirche, Festsäle... gibt es nicht mehr)

Vereinfachtes Wirkungsverfahren:

$$\phi = \frac{E * F}{\eta_v * v}$$

- ϕ erforderlicher Lichtstrom Phi der Lampen eines Raumes in lm
- E geforderte Beleuchtungsstärke in lx (\Rightarrow Tabelle)
- F zu beleuchtende Fläche in m²
- η_v vereinfachter Wirkungsgrad eta (dimensionslos), abhängig von Raumgröße, Leuchtenart, Reflexionsgrad der Begrenzungsflächen (hell, dunkel) (\Rightarrow Tabelle)
- v Verminderungsfaktor (dimensionslos) zur Berücksichtigung von Alterung und Verschmutzung

Gute Beispielrechnungen:  S. 163

5. TAGESLICHT UND FENSTER

Kriterien einer Fensteröffnung:

- TQ-Verlauf
- Sonnenschutz
- Bezug nach außen

TQ (Tageslichtquotient):

- Kennzeichnung der Tageslichtwirkung
- z.B.: Sonne vorn 50%
- Sonne seitlich 25%
- Sonne hinten 13%

5.1 TRENNUNG SICHT- UND LICHTFENSTER

Sonne brennt \Rightarrow Jalousie runter \Rightarrow Licht weg \Rightarrow Lampe an !!!

Klimaanlage ⇔ *noch mehr Wärme* ⇔

Lösung: Trennung von Fensterfunktionen (Belichtung und Sichtverbindung)

Lichtfenster: Reflexionsfläche in einer hoch im Raum liegenden Fensteröffnung streut das Sonnenlicht über die Decke in den Raum (⇒ keine Blendung mehr)

Sichtfenster: liegt darunter; wird gegen direkte Sonnenstrahlung verschattet
Bezug nach außen

- psychologisch wichtig
- auch physische Auswirkungen (⇒ „Körper und Geist...“)
- Tageslichtersatzbeleuchtung für fensterferne Zonen (☞ Ausbildung als getrennt schaltbarer Teil der Allgemeinbeleuchtung; Energieersparnis)
- Beleuchtungsstärke beim Fenster darf nie niedriger sein als die in der Raumtiefe!
- Fenster nachts mit hellen Vorhängen ⇒ reflektieren Licht, sonst „schwarze Scheibe“

5.2 BEWEGLICHER SCHUTZ FÜR VERGLASTE ÖFFNUNGEN

Eine Gebäudeöffnung soll Tageslicht in das Gebäude hereinlassen und Ausblicke nach draußen zulassen, also ist ihr „Verschluß“ lichtdurchlässig und damit dünn ausgebildet.

- ☹ Nachteile:
- kein Wärmestrahlungsschutz (⇒ Überhitzung)
 - kein Transmissionswärmeschutz (⇒ Abkühlung)
 - kein Blendschutz
 - kein Einblickschutz

Einrichtungen nötig, die diese Mängel ausgleichen, also obige Funktionen erfüllen.

- ☹ Nachteile:
- vermindern Tageslichteinfall
 - schränken Ausblick ein

Die Nachteile fallen aber nicht so ins Gewicht, da die Einrichtungen nur zu best. Zeiten gebraucht werden (z.B. Transmissionswärmeschutz nur im Winter und nachts).

Auswahlkriterien von Schutzeinrichtungen

1. Erfüllung der 4 Grundfunktionen
2. Beeinträchtigung von Tageslichteinfall und Ausblick
3. Nebenwirkungen (z.B. Schallschutz)

Erfüllung der 4 Grundfunktionen:

a) Wärmestrahlungsschutz

- Durchlaßfaktor: $\frac{\text{Strahlungsdurchlässigkeit mit Schutzeinrichtung}}{\text{Strahlungsdurchlässigkeit ohne Schutzeinrichtung}}$

- Beurteilungsstufen:

Stufe	Durchlaßfaktor
0	> 0,75 - 1,00
1	> 0,50 - 0,75
2	> 0,25 - 0,50
3	0 - 0,25

- manchmal ist Wärmestrahlung erwünscht: Winter (⇒ passive Solarenergienutzung)

b) Transmissionswärmeschutz

- maßgebende Größe: Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert)

- Beurteilung einer Schutzeinrichtung: Um wieviel verkleinert sich k-Wert einer Isolierverglasung (6-12-6, Scheibe-Luft-Scheibe) ohne Schutz; $k = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$? (Differenz: Δk)

- Veränderungen des k-Wertes können nur über seinen Kehrwert, den Wärmedurchgangswiderstand $1/k$ in $[\text{m}^2\text{K/W}]$, ermittelt werden.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda_1} + \frac{1}{\Lambda_2} + \dots + \frac{1}{\Lambda_n} + \frac{1}{\alpha_a}$$

innerer Wärmeübergangswiderstand

- DIN-Wert für senkr. Außenbauteile: $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
- abh. von der Strömungsgeschwindigkeit der Raumluft
- Geschwindigkeit so gering ⇒ keine Verbesserung mehr erreichbar

äußerer Wärmeübergangswiderstand

- DIN-Wert (s.o.): $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
- vorausgesetzte Luftgeschwindigkeit: 2 m/s
- „windbremsende“ Einrichtungen an der Außenwand bewirken $\Delta k = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Gesamt-Durchlaßwiderstand

- Hinzufügen von Teilwiderständen (⇒ wärmedämmende Luft- und Stoffschichten)
- abh. von Dicke und Wärmeleitfähigkeit der Schicht $1/\Lambda = s/\lambda$
- Wärmedurchlaßwiderstände der Zusatzschichten zu $1/k = 0,33 \text{ m}^2\text{K/W}$ (s.o.) dazuaddieren
- ⇒ neuer verbesserter k-Wert

- Vergleichswerte bei denen statt der Isolierverglasung eine Einfachverglasung zugrunde gelegt worden ist, fallen natürlich wesentlich besser aus!

Stufe	Δk in $\text{W/m}^2\text{K}$
0	0
1	> 0 - 0,83
2	> 0,83 - 1,66
3	> 1,66

c) Blendschutz

- Es gibt 3 Blendungsfälle:
- Kontrast heller Himmel zu dunklen Flächen draußen (⇒ Relativblendung)
 - Kontrast helle Fensterfläche zu dunklerer Begrenzungsflächen innen (⇒ Relativblendung) (nur bei lichtstreuenden Fensterflächen)
 - Sonnenscheibe im Blickfeld (⇒ Absolutblendung)

Abhilfe: - Transmission vermindern (= Abdunkeln)

Erscheint Schutz Einrichtung dunkel (T. klein) oder hell (T. groß)?

- Streuung (= weniger Kontraste)

Sind draußen scharfe Umrisse zu erkennen oder nur verschwommen?

Stufe	Eignung	Merkmale
0	kein Blendschutz	klar, Transmission groß
1	Schutz für nicht besonnte Verglasung	Streuung schwach, Transmission groß
2	Schutz für direkt besonnte Verglasung	Streuung schwach oder klar, Transmission klein
3	Schutz gegen Sonne im Blickfeld	Streuung stark, Transmission klein oder 0

d) Einblickschutz

Stufe	Schutzwirkung	Beispiel
0	kein Einblickschutz	
1	bei Tageslicht	Reflexionsschleier aus Folie
2	bei künstlicher Beleuchtung	lichtundurchlässige, streuende Einrichtung
3	gegen Lichtwahrnehmung von außen	lichtundurchlässige, streuende Einrichtung

Beeinträchtigung von Tageslichteinfall und Ausblick:

a) Tageslichteinfall

Abdeckung durch.....

- lichtdurchlässige Einrichtung: Beurteilung nach Licht-Transmissionsgrad (Herstellerangabe) s.o.
- lichtundurchlässige Einrichtung: Verhältnis abgedeckte Fläche zu unbedeckter Fläche entspricht Transmissionsgrad

b) Ausblickmöglichkeit

Stufe	Ausblick
0	keine Ausblickmöglichkeit

1	Verkleinerung des Blickfeldes
2	Verschleierung des Blickfeldes
3	keine Behinderung des Ausblicks

Nebeneffekte

a) Verbesserung der Oberflächentemperatur

- Oberflächentemperatur sollte annähernd so groß sein wie die Raumtemperatur (⇒ Behaglichkeit)
- Verbesserung im Sommer:
 - Absenkung
 - Bewertung durch Temperaturdifferenz zu Isolierscheibe (s.o.), ungeschützt
- Verbesserung im Winter:
 - Anhebung
 - Temperatur steigt mit kleinerem k-Wert
- Oberflächentemperatur wird bei innenliegender Schutzeinrichtung an dieser selbst gemessen und nicht an der Scheibe

Sommerbewertungstabelle:

Stufe	Temperatursenkung Δt in K
0	0
1	> 0 bis 3
2	> 3 bis 6
3	> 6

Winterbewertungstabelle s. Transmissionswärmeschutz

b) Lichtverteilung

- Lichtverteilung = Ablenkung gerichtet einfallenden Lichts
- Verbesserung der Lichtverhältnisse ⇒ mildere Kontraste, bessere Verteilung

Stufe		Flächenbeschaffenheit
0	keine Streuung	lichtdurchlässig, spiegelnd, klar
1	Streuung schwach	mattglänzend, durchblicktrübend
2	Streuung stark	vollkommen matt, lichtundurchlässig

c) Schalldämmung

- ab 5 cm Luftschicht zwischen Schutzeinrichtung und Scheibe (Luftschalldämmung)
- Vergleich wieder mit Isolierglasscheibe ohne Schutz bei 30 R_W (= bewertetes Schalldämmmaß)

Stufe	ΔR_W in dB
0	0
1	> 0 - 3,3
2	> 3,3 - 6,7
3	> 6,7

d) Einbruchschutz

mehr optische Abschreckung als wirklicher Schutz

Stufe	Merkmal
0	kein zusätzlicher Abschluß
1	Abschluß ohne Werkzeug überwindbar
2	Abschluß nur mit Werkzeug überwindbar

Produktgruppen und ihre „Höchstpunktzahl“

Fensterläden	(3 Blendschutz, 2 Einbruch)
Rolläden	(3 Wärmestrahlungsschutz, Blendschutz, Einblickschutz)
Jalousien	(3 Blendschutz)
Markisen	(3 Wärmestrahlungsschutz)
Rollos	(3 Wärmestrahlungsschutz, Blendschutz, Einblickschutz)
Vorhänge	(3 Blendschutz)

Normen:

- DIN 5034: „Tageslicht in Innenräumen; Allgemeine Anforderungen“, Ausgabe 02.83
 DIN 5035: „Beleuchtung mit künstlichem Licht“
 - Teil 1: „Begriffe und allgemeine Anforderungen“ Ausgabe 06.90
 - Teil 3: „Beleuchtung in Krankenhäusern“, Ausgabe 09.88
 - Teil 2: „Richtwerte für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien“, Ausgabe 06.90
 - Teil 4: „Spezielle Empfehlungen für die Beleuchtung von Unterrichtsstätten“, Ausgabe 02.83 - Teil -
 Teil 5: „Notbeleuchtung“, Ausgabe 12.87
 - Teil 6: „Messung und Bewertung“, Ausgabe 12.90
 - Teil 7: „Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen und Arbeitsplätzen mit Bildschirmunterstützung“, Ausgabe 09.88
 DIN 5039: „Licht, Lampen, Leuchten“, Ausgabe 11.80

Literatur zum Selbststudium:

- IBBTE: „Informationen zum Technischen Ausbau“, 9. Auflage, WS 94/95, S. 181 - 201

- Vogler, Karl: „Haustechnik“, Stuttgart, 1989, S. 396 - 428
- Wellpott
- Fördergemeinschaft Gutes Licht: „Informationen zur Lichtenwendung“, Frankfurt, Heft 1 - 15
- Flagge, Ingeborg (Hrsg.): „Architektur - Licht - Architektur“, Stuttgart, 1991
- Ganslandt, Rüdiger; Hofmann, Harald: „Handbuch der Lichtplanung“, Wiesbaden, 1992
- Hentschel, Hans-Jürgen: „Licht und Beleuchtung - Theorie und Praxis der Lichttechnik“, Heidelberg, 1987