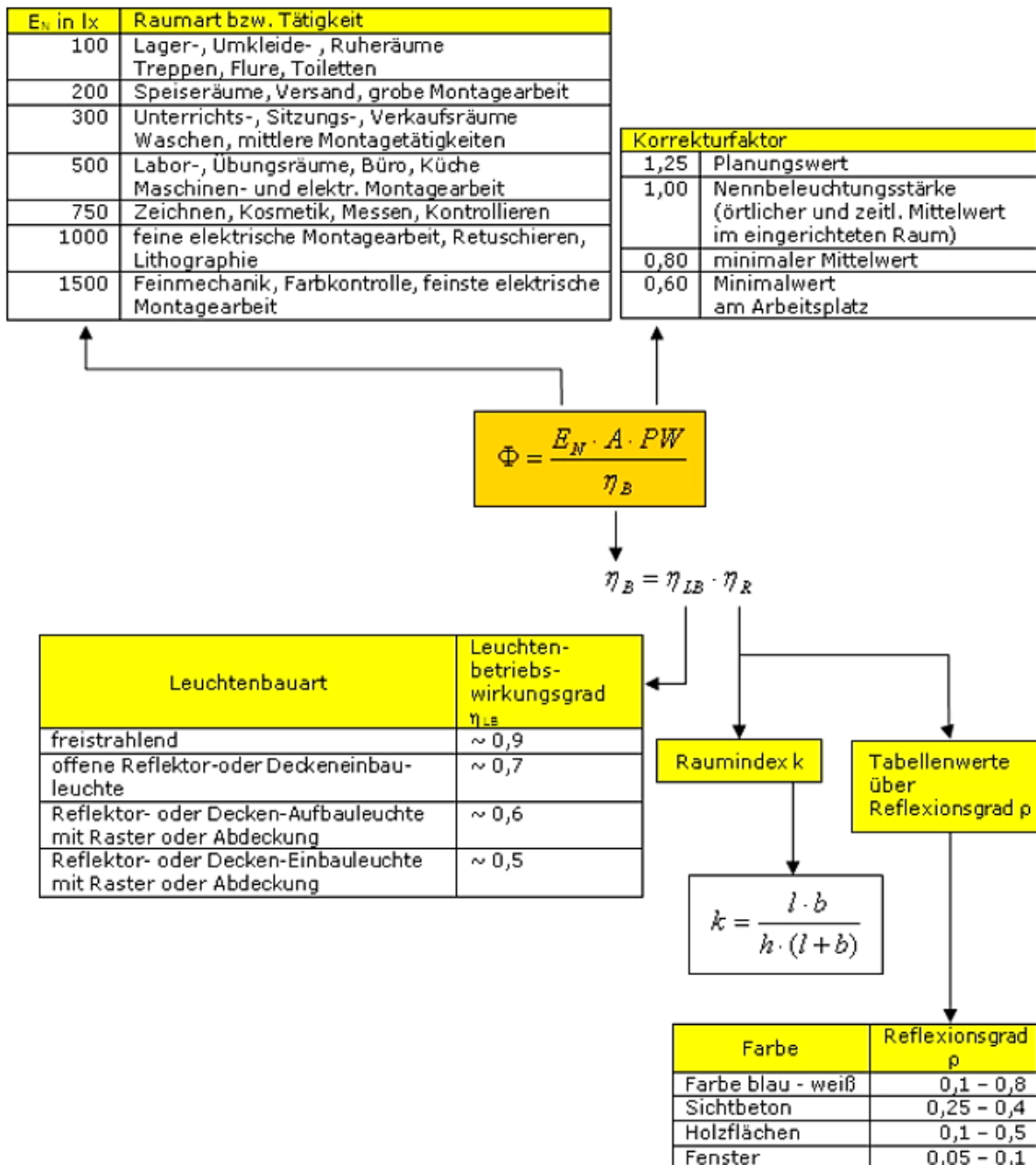


Wirkungsgradmethode

Es gibt unterschiedliche Methoden und Verfahren bei der Beleuchtungsplanung, darunter die Richtwertmethode, die Punktbeleuchtungsmethode und die Wirkungsgradmethode¹. Im Rahmen der Industriemeisterprüfung bedienen wir uns der letzteren, welche rasche und hinreichend genügende Werte liefert.

1 Gesamtlichtstrom bestimmen



¹ <http://elektriker-wissen.de/theorie/meistervorbereitung-teil-2/beleuchtungstechnik/wirkungsgradmethode>

2 Bestimmung der Leuchtenzahl

Bei der *Wirkungsgradmethode* handelt es sich um ein Schätzverfahren für die Beleuchtungsplanung in Innenräumen, bei der die Anzahl der benötigten Leuchten ermittelt wird. Dabei werden die Reflexionseigenschaften von Wänden, Decken und Fußböden mit berücksichtigt.

$$n = \frac{\bar{E} \cdot A}{\Phi_L \cdot \eta_B \cdot WF}$$

n	Leuchtenzahl
E_m	Mittlere Beleuchtungsstärke
A	Fläche des Raumes ($A = a \cdot b$)
ϕ_L	Lichtstrom Leuchte
η_B	Beleuchtungswirkungsgrad
WF	Wartungsfaktor (0,8 für normale Räume)

3 Bestimmung des Beleuchtungswirkungsgrades

Eine wesentliche Grösse bei der Wirkungsgradmethode ist der Beleuchtungswirkungsgrad – als Produkt aus Leuchtenbetriebswirkungsgrad (η_{LB}) und Raumwirkungsgrad (η_R).

$$\eta_B = \eta_{LB} \cdot \eta_R$$

► Der *Leuchtenbetriebswirkungsgrad* berücksichtigt die Abstrahlung einer Leuchte (ϕ_L) gegenüber der Strahlung des eingesetzten Leuchtmittels (ϕ_0). Oft wird er bei IHK-Aufgaben angegeben und muss nicht erst bestimmt werden. Ansonsten findet er sich in den Tabellenbüchern.

$$\eta_{LB} = \frac{\phi_L}{\phi_0}$$

► Der *Raumwirkungsgrad* wird den einschlägigen Tabellenwerken entnommen.

Aus den (geschätzten) Reflexionseigenschaften von Decke, Wänden und Boden wird zunächst der Reflexionsgrad (ρ) bestimmt.

► Ferner muss der *Raumindex* bekannt sein.

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

a · b ist die beleuchtete Arbeitsfläche
h ist die Höhe über der Arbeitsfläche (Tischhöhe = 0,75 m)

Nun kann der Raumwirkungsgrad aus einer Tabelle (z.B. Westermann) abgelesen werden.

4 Praxisbeispiel

Für einen Büroraum (Decke und Wände weiss, Boden dunkelblau) mit einer Nutzfläche von 20 Meter x 10 Meter und einer Höhe von 3 Meter soll die Leuchtenzahl bei einer mittleren Beleuchtungsstärke von 500 Lux bestimmt werden. Aufgrund gesammelter Erfahrungen sollen LED-Downlight-Strahler mit einer elektrischen Leistung von 25 W, einem Leuchtenbetriebswirkungsgrad von 100 % und einem Lichtstrom von 2'200 Lumen eingesetzt werden. Die Betriebszeit der Beleuchtung beträgt 2'500 Stunden pro Jahr, die Energiekosten belaufen sich auf 0,30 €/kWh.

a) Wieviele Leuchten sind erforderlich?

b) Wie hoch belaufen sich die jährlichen Stromkosten?

Lösungsweg:

a) Anzahl Leuchten

$$\text{Raumindex: } k = (20 \text{ m} \times 10 \text{ m}) \div (2,25 \text{ m} \times 30 \text{ m}) = 2,96$$

$$\text{Raumwirkungsgrad (nach Tabellenbuch): } \eta_R = 97 \%$$

$$\text{Leuchtenbetriebswirkungsgrad: } \eta_{LB} = 75 \%$$

$$\text{Beleuchtungswirkungsgrad: } \eta_B = \eta_{LB} \cdot \eta_R = 0,73$$

$$\text{Wartungsfaktor: } WF = 0,8$$

$$n = \frac{\bar{E} \cdot A}{\Phi_L \cdot \eta_B \cdot WF} = \frac{500 \text{ lx} \cdot 200 \text{ m}^2}{2'200 \text{ lm} \cdot 0,73 \cdot 0,8} \approx \mathbf{78 \text{ Leuchten}}$$

b) Stromkosten pro Jahr

$$\text{Kosten p.a.} = (\text{Betriebsstunden} \times \text{Anzahl Leuchten} \times \text{Leistung pro Leuchte}) \times \text{Preis pro kWh}$$

$$2'500 \text{ Std.} \times 81 \times 25 \times 10^{-3} \text{ kW} \times 0,30 \text{ €/kWh} = \mathbf{1'518,75 \text{ €}}$$

5 Zusammenfassung

Schritt	Vorgehen	Anmerkungen
1	Mittlere Beleuchtungsstärke \bar{E} festlegen	Tätigkeit, Raumart
2	Raumfläche A bestimmen	$A = a \cdot b$ (in m^2)
3	Raumindex k berechnen	$k = \frac{A}{(a + b) \cdot h}$
4	Reflexionsgrad ρ bestimmen	Tabellenbuch
5	Leuchtenart festlegen	Tabellenbuch
6	Raumwirkungsgrad η_R bestimmen	Tabellenbuch
7	Betriebswirkungsgrad η_{LB} bestimmen	Tabellenbuch
8	Beleuchtungswirkungsgrad η_B berechnen	$\eta_B = \eta_{LB} \cdot \eta_R$
9	Wartungsfaktor MF festlegen ²	Verminderung von E
10	Gesamtlichtstrom Φ berechnen	$\Phi = \frac{\bar{E} \cdot A}{\eta_B \cdot MF}$
11	Leuchtenanzahl n berechnen	$n = \frac{\Phi}{\Phi_{Le}} = \frac{\bar{E} \cdot A}{\Phi_{Le} \cdot \eta_B \cdot MF}$

² Anstelle des Wartungsfaktors (MF) wird auch mit dem Planungsfaktor gerechnet; dieser ist reziprok zu MF.