

17 Berechnung der Beleuchtung mit Tageslicht durch Oberlichter

Die grundlegende Größe zur Kennzeichnung der Güte der Beleuchtung mit Tageslicht ist der Tageslichtquotient D . Er ist definiert als das Verhältnis der Beleuchtungsstärke E_P am jeweiligen Punkt P im Innenraum zur horizontalen Beleuchtungsstärke E_a , die gleichzeitig im Freien und ohne Abschattung durch Verbauung herrscht (vgl. (54)). Voraussetzung ist, daß nur die beleuchtende Wirkung des Himmelsgewölbes berücksichtigt wird, und zwar – wenn nicht anders festgelegt – die des bewölkten Himmels (vgl. Kapitel 7). Die Beleuchtung durch die Sonne wird ausgeschlossen.

Die Beleuchtungsstärken E_P im Raum können in verschiedenen Richtungen bzw. bei unterschiedlichen Ausrichtungen des Empfängers bestimmt werden, meist horizontal, aber auch vertikal in unterschiedliche Richtungen. Dabei ist die Höhe der Nutz- bzw. Meßebebene 0,85 m (in Sporthallen 1,00 m) über dem Fußboden. Der Tageslichtquotient setzt sich aus drei Anteilen zusammen, nämlich dem Himmelslichtanteil D_H , dem (bei Oberlichtern wegen fehlender Verbauung meist zu vernachlässigenden) Außenreflexionsanteil D_V und dem Innenreflexionsanteil D_R . Letzterer ergibt sich durch die Vielfachreflexionen derjenigen in den Raum eingetretenen Lichtstromanteile, die nicht direkt an die jeweils interessierende Stelle gelangt sind.

17.1 Einzelne Oberlichter

Basierend auf den auch in der einschlägigen Norm [16] benutzten **Formeln steht für einzelne rechteckige Oberlichter** bzw. Dachöffnungen mit [59] ein einfaches Verfahren zur Ermittlung des Himmelslichtanteils D_H des Tageslichtquotienten zur Verfügung. Die in Bild 17.1 dargestellten geometrischen Zusammenhänge erlauben für jeden Punkt im Innenraum die schnelle Berechnung der Verhältnisse

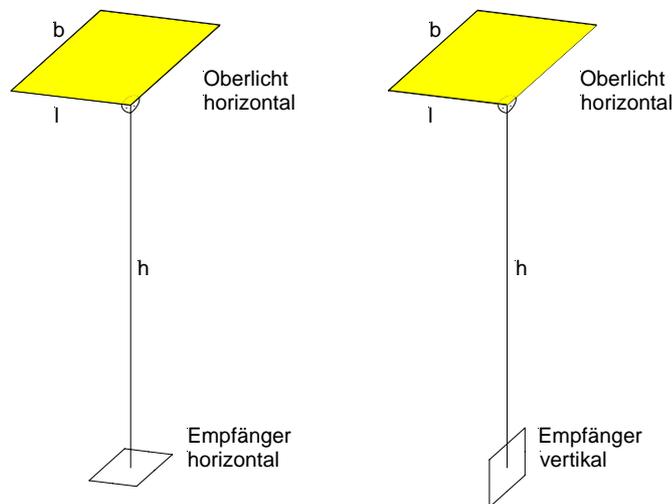
$$p = l / h \quad (180)$$

und

$$q = b / h \quad (181)$$

Bild 17.1:

Skizze zur Erläuterung der im Folgenden verwendeten Abmessungen bei Oberlichtern



D_H lässt sich für beide Fälle – **durchaus mit Hilfe eines Taschenrechners** – ermitteln. Man setzt die gemäß (180) und (181) gefundenen Werte für den Fall der Bestimmung von $D_{H,r}$ in einer **horizontalen** Ebene in die Formel

$$D_{H,r} = \frac{300}{7 \cdot \pi} \cdot \left\{ \frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{p}{\sqrt{p^2+1}} \right) \cdot \arctan \left(\frac{q}{\sqrt{p^2+1}} \right) + \left(\frac{q}{\sqrt{q^2+1}} \right) \cdot \arctan \left(\frac{p}{\sqrt{q^2+1}} \right) \right] + \right. \\ \left. + \frac{2}{3} \cdot \left[\arctan \left(\frac{p \cdot q}{\sqrt{p^2+q^2+1}} \right) + \left(\frac{p \cdot q}{\sqrt{p^2+q^2+1}} \right) \cdot \left(\frac{1}{(p^2+1)} + \frac{1}{(q^2+1)} \right) \right] \right\} \% \quad (182)$$

und für den Fall der Bestimmung von $D_{H,r}$ in einer **vertikalen** Ebene in die Formel

$$D_{H,r} = \frac{300}{7 \cdot \pi} \cdot \left\{ \frac{1}{2} \cdot \left[\arctan q - \left(\frac{1}{\sqrt{p^2+1}} \right) \cdot \arctan \left(\frac{q}{\sqrt{p^2+1}} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{2}{3} \cdot \left[\left(\frac{q}{\sqrt{q^2+1}} \right) - \frac{q}{(p^2+1) \cdot \sqrt{p^2+q^2+1}} \right] \right] \right\} \% \quad (183)$$

ein. **Der zweite Index** bei $D_{H,r}$ bedarf einer Erläuterung. „r“ bedeutet **Rohbau**; das Oberlicht reduziert infolge seines Transmissionsgrades, seiner Versprossung, seiner Verschmutzung und seines Lichtschachts den so berechneten Wert – oft durchaus auf die Hälfte. Darauf wird weiter unten eingegangen werden.

Bild 17.2 zeigt, welche $D_{H,r}$ -Werte sich in einer horizontalen Ebene für Kombinationen von p und q ergeben. Eine Interpolation führt bei nicht eingetragenen Zwischenwerten zu hinreichend genauen Ergebnissen. Bild 17.3 gilt in analoger Weise für die D_H -Werte in einer vertikalen Ebene.

Bild 17.2:

Graphische Ermittlung von $D_{H,r}$ in einer horizontalen Ebene unter einem horizontalen Oberlicht aus den geometrischen Verhältnissen p und q

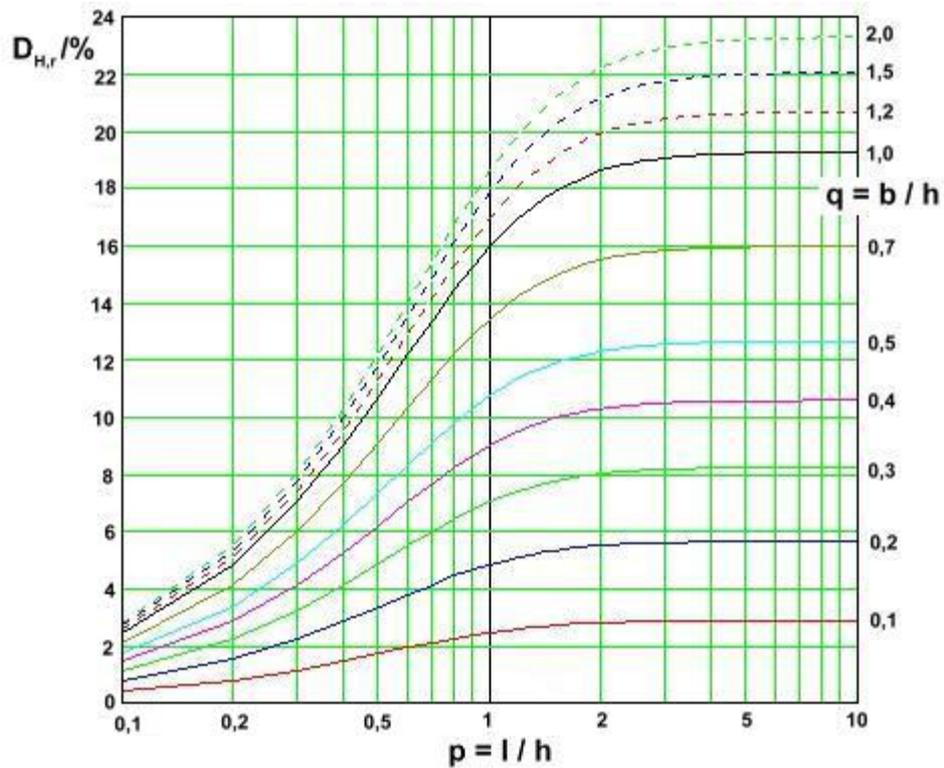
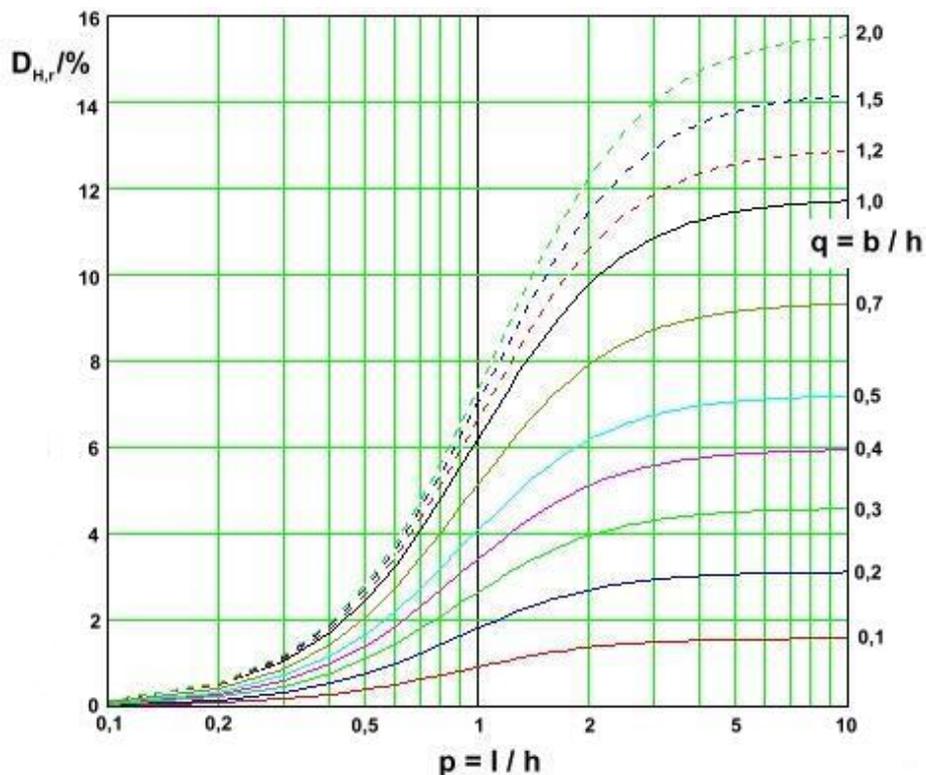


Bild 17.3:

Graphische Ermittlung von D_H in einer vertikalen Ebene unter einem horizontalen Oberlicht aus den geometrischen Verhältnissen p und q



Die in den Bildern 17.1 und 17.2 dargestellten Abhängigkeiten sind in [17A.DOC](#) und [17B.DOC](#) für die Verhältnisse p und q jeweils im Bereich von 0 bis 1 mit linearer Skala dargestellt. In diesem Bereich kann dadurch die Ablesung in manchen Fällen einfacher sein.

Die auf den Empfänger bezogene Lage des Oberlichts ist in aller Regel nicht so einfach zu definieren, wie es in Bild 17.1 dargestellt ist. Vielmehr wird es in zwei Richtungen seitlich verschoben angeordnet sein, wie es in Bild 17.4 gezeigt wird. Trotzdem kann man das eben beschriebene graphische Verfahren mit nur geringfügig vergrößertem Aufwand zur schnellen Bestimmung des Himmelslichtanteils des Tageslichtquotienten $D_{H,r}$ auch hierfür verwenden. Man muß dann die Rechnung für vier verschiedene Flächen nach dem Schema durchführen, das sich mit den Erläuterungen der Darstellung in Bild 17.4 gemäß folgender Formel darstellen läßt:

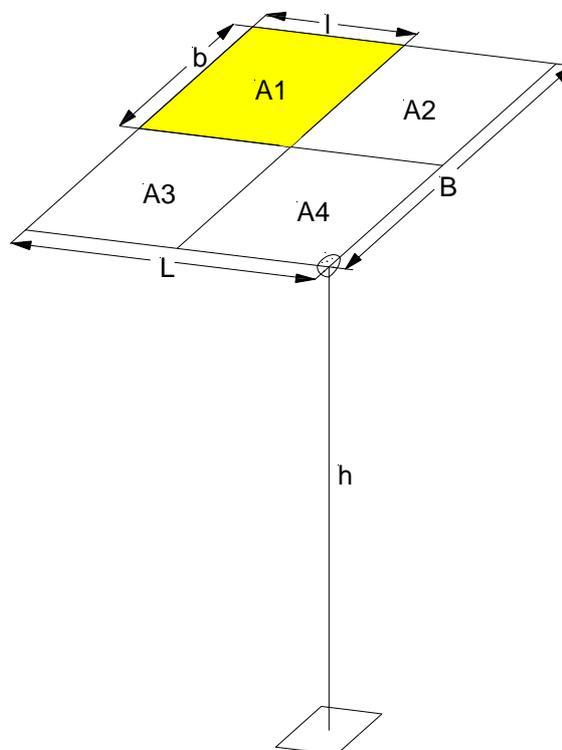
$$\begin{aligned} D_{H,r}(A1) &= D_{H,r}(A1 + A2 + A3 + A4) - D_{H,r}(A2 + A4) - D_{H,r}(A3 + A4) + D_{H,r}(A4) \\ &= D_{H,r}(B \cdot L) - D_{H,r}[(L - l) \cdot B] - D_{H,r}[(B - b) \cdot L] + D_{H,r}[(B - b) \cdot (L - l)] \end{aligned} \quad (184)$$

Dabei sind $A1$, $A2$, $A3$ und $A4$ die in unterschiedlichen Summen zu berücksichtigenden Teilflächen, während sich mit L , l , B und b die Längen der Kanten der zu berechnenden Rechtecke ergeben, die bei der Berechnung der Verhältnisse p und q einzusetzen sind (vgl. (177) und (178)).

Dieses Verfahren gilt in gleicher Weise auch für den Fall, daß die Verteilung des Himmelslichtanteils des Tageslichtquotienten in einer vertikalen Fläche bestimmt werden soll.

Bild 17.4:

Skizze zur Erläuterung der Berechnung von $D_{H,r}$ für ein seitlich gegen den Empfänger verschobenes Rechteck

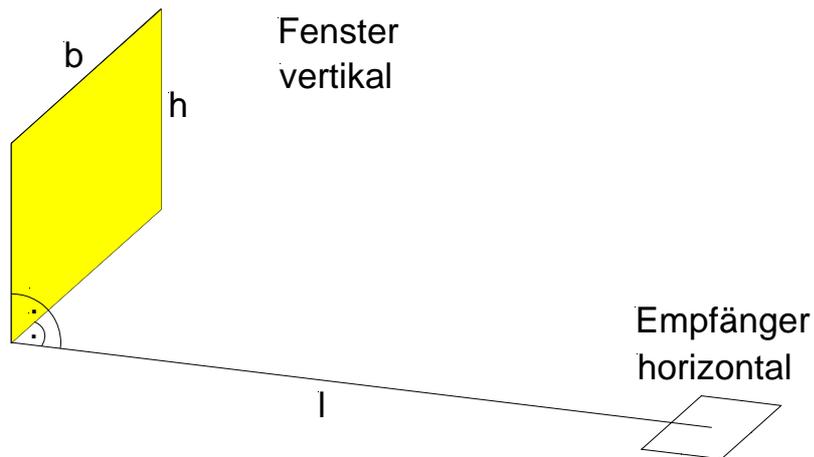


17.2 Vergleich Oberlicht - Fenster

In [59] sind auch Formeln ähnlichen Aufbaus für die Bestimmung des Himmelslichtanteils des Tageslichtquotienten und seiner Verteilung **in Räumen mit senkrechten Fenstern** angegeben, und zwar für horizontale Ebenen und für vertikale Ebenen, die entweder gegen die Fensterwand oder senkrecht zu ihr orientiert sind. Nur die Bestimmung für den Fall der **horizontalen Ebene** soll hier dargestellt werden. Wie aus Bild 17.5 hervorgeht, ist die Bezeichnungsweise gegenüber den obigen Fällen unterschiedlich.

Bild 17.5:

Skizze zur Erläuterung der im Folgenden verwendeten Abmessungen bei Fenstern



Hier gelten die Formeln:

$$p = h / l \quad (185)$$

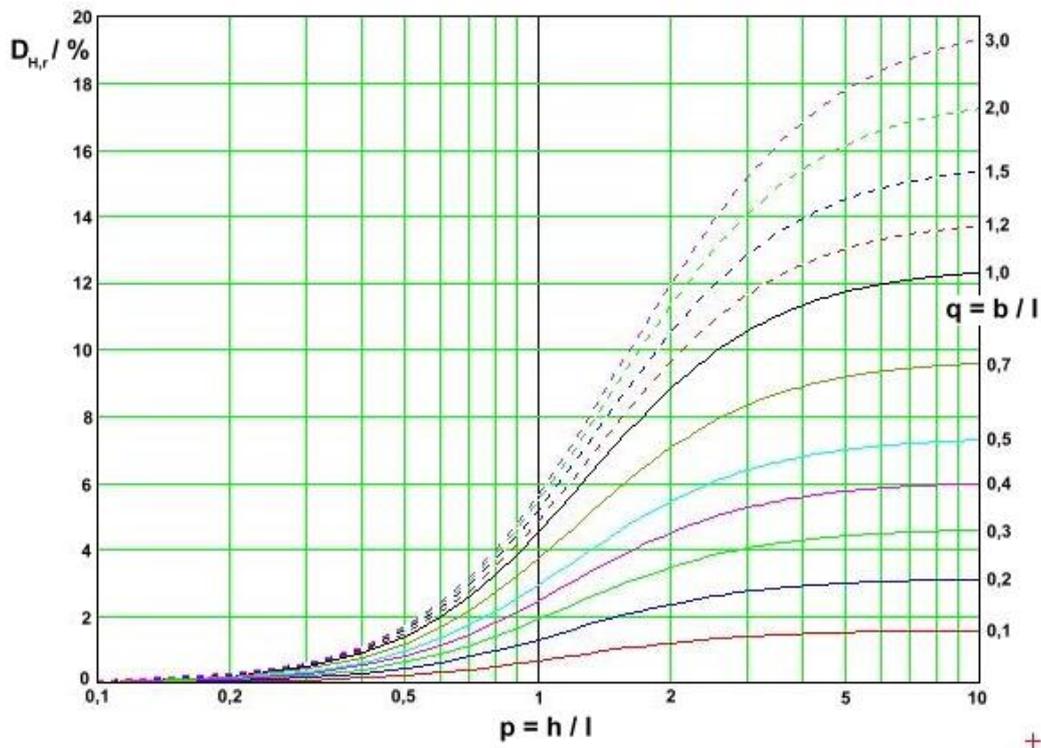
$$q = b / l \quad (186)$$

$$D_{H,r} = \frac{300}{7 \cdot \pi} \cdot \left\{ \frac{1}{2} \cdot [\arctan q - (1 / \sqrt{p^2 + 1}) \cdot \arctan (q / \sqrt{p^2 + 1})] + \right. \\ \left. + 2/3 \cdot [\arctan (p \cdot q / \sqrt{p^2 + q^2 + 1}) - (p \cdot q / \sqrt{p^2 + q^2 + 1}) / (p^2 + 1)] \right\} \% \quad (187)$$

Damit lässt sich der Zusammenhang zwischen den Verhältnissen p und q und dem Himmelslichtanteil des Tageslichtquotienten $D_{H,r}$ im folgenden Bild darstellen.

Bild 17.6:

Graphische Ermittlung von $D_{H,r}$ in einer horizontalen Ebene hinter einem vertikalen Fenster aus den geometrischen Verhältnissen p und q



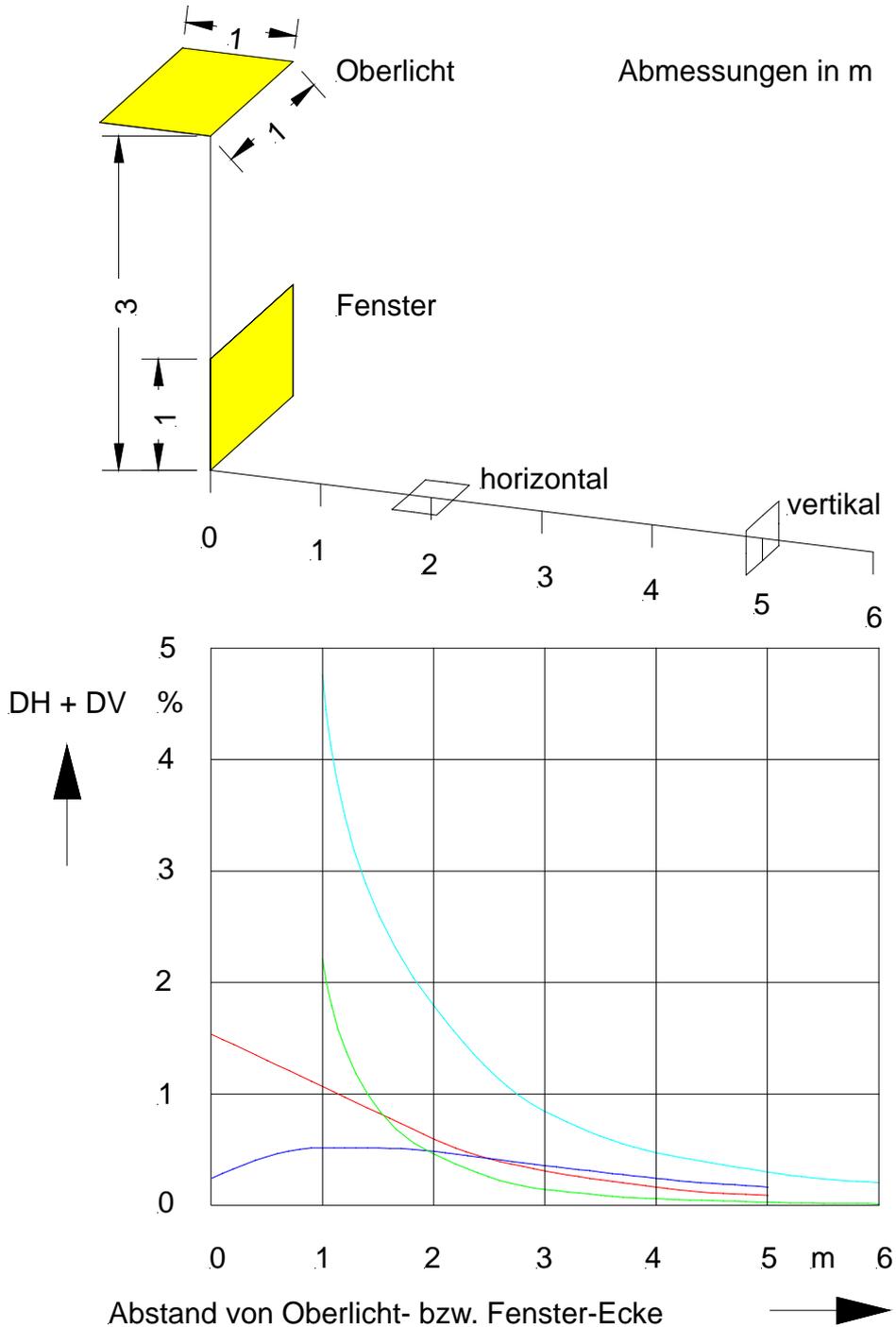
Die in Bild 17.6 dargestellten Abhängigkeiten sind in [17C.DOC](#) für die Verhältnisse p und q jeweils im Bereich von 0 bis 1 mit linearer Skala dargestellt. In diesem Bereich dürfte dadurch die Ablesung in manchen Fällen einfacher sein.

Bei allen bisher in diesem Kapitel erwähnten Berechnungen handelte es sich um die Ermittlung des Himmelslichtanteils des Tageslichtquotienten $D_{H,r}$. **Zumindest bei Fenstern** wird es fast immer **infolge Verbauung einen Außenreflexionsanteil des Tageslichtquotienten D_V** geben. Auch dafür kann man **das gleiche Rechenverfahren** anwenden. Vom jeweiligen Punkt aus, an dem der Tageslichtquotient ermittelt werden soll, stellt man zunächst fest, bis zu welcher Höhe im Fensterausschnitt die Verbauung reicht; dabei kann bei diesem Verfahren zweckmäßigerweise nur eine – ggfs. mittlere – Verbauung parallel zur Fensterkante berücksichtigt werden. Man teilt das Fenster quasi in zwei Teile auf. Während der Anteil mit dem sichtbaren Himmelsausschnitt voll berücksichtigt wird, muß der Ausschnitt, den die Verbauung ausfüllt, zusätzlich (entsprechend der Norm [16]) mit 0,15 multipliziert werden, um die geringere Leuchtdichte dieser Teilfläche zu berücksichtigen.

Das folgende Bild zeigt die Anordnung für einen rechnerischen **V e r g l e i c h** der mit einem Oberlicht und mit einem Fenster mit einer lichten Öffnung von jeweils 1 m x 1 m und unter Vernachlässigung von Verbauung und Lichtschacht erreichbaren Tageslichtquotienten $D_H + D_V$. Verluste durch Transmissionsgrad, Versprossung und Verschmutzung werden pauschal mit einem Faktor 0,5 in die Rechnung aufgenommen. Betrachtet werden die Verläufe der Tageslichtquotienten auf horizontaler und vertikaler Ebene in Abhängigkeit von der projizierten Entfernung zu den Fußpunkten der Tageslichtöffnungen.

Bild 17.7:

Vergleich der mit einem horizontalen Oberlicht und einem vertikalen Fenster erzielbaren horizontalen und vertikalen Tageslichtquotienten in Abhängigkeit von der Entfernung vom Fußpunkt dieser Öffnungen; lichte Öffnung 1 m x 1 m, ohne Verbauung und Lichtschacht, pauschaler Verminderungsfaktor 0,50



DH+DV für ein waagerechtes Oberlicht 1 m x 1 m in 3 m Höhe über der Nutzebene und ein Fenster 1 m x 1 m mit Unterkante in Höhe der Nutzebene für verschiedene (projizierte) Abstände von einer der unteren Ecken

Oberlicht, horizontale Beleuchtung
 Fenster, horizontale Beleuchtung

Oberlicht, vertikale Beleuchtung
 Fenster, vertikale Beleuchtung

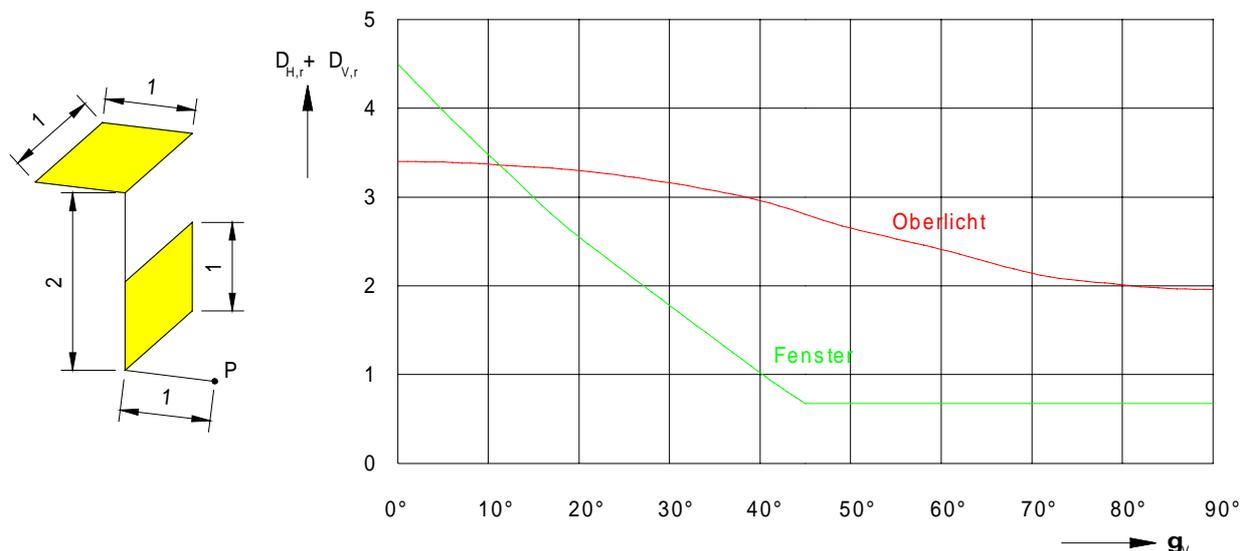
Das Fenster bewirkt in seiner Nähe zunächst einen deutlich höheren Himmelslichtanteil des Tageslichtquotienten D_H in der horizontalen Ebene als das Oberlicht, doch kehrt sich das bereits **nach etwa 1,5 m Abstand von der nächsten Kante** der Öffnungen um; von dort an **bewirkt ein Oberlicht höhere Werte**. Das ist eigentlich unerwartet, denn das Oberlicht hat neben dem seitlichen Abstand des Fußpunktes zusätzlich bereits den Höhenabstand von 3 m. Hier wirkt sich aus, daß das Oberlicht sehr steil vom hellsten Teil und sehr flach vom dunkelsten Teil des Himmelsgewölbes beleuchtet wird und dabei das ganze Himmelsgewölbe wirksam sein kann. Beim Fenster kann nur das halbe Himmelsgewölbe wirken und es wird steil aus dem dunkelsten Bereich und flach vom hellsten Bereich des Himmelsgewölbes beleuchtet. Der Vergleich würde noch **günstiger für das Oberlicht** ausfallen, wenn der Bezug der Entfernung nicht auf die innere Kante, sondern auf die äußere Kante oder wenigstens auf die Mitte des Oberlichts vorgenommen würde. Daraus resultierte eine entsprechende Verschiebung der Oberlicht-Kurven im vorstehenden Diagramm nach rechts.

Nicht überraschend ist die Überlegenheit des Fensters bezüglich der D_H -Verteilung in der Vertikalen.

Für die in Bild 17.8 dargestellte Anordnung – Bezugspunkt 1 m hinter Fußpunkt von jeweils 1 m x 1 m großer Oberlicht- und Fenster-Rohbauöffnung – werden die unterschiedlichen Abnahmen der Summen $D_{H,r} + D_{V,r}$ mit der Verbauehöhe dargestellt. Obwohl die Beleuchtung unter dem Oberlicht bei fehlender Verbaue wegen des zusätzlichen Höhenunterschieds von 2 m schwächer ist als die durch das Fenster, ergibt sich ein **deutlicher Vorteil für das Oberlicht bereits ab einer Verbauehöhe von $\gamma_V = 12^\circ$** .

Bild 17.8:

Abnahme von $D_{H,r} + D_{V,r}$ am Bezugspunkt mit der Verbauehöhe bei der skizzierten Anordnung von Oberlicht und Fenster; Abmessungen in m



Insgesamt können diese Vergleich nur recht grob sein, weil der Innenreflexionsanteil des Tageslichtquotienten, die zumindest beim Fenster fast immer vorhandene Verbaue usw. noch nicht berücksichtigt werden. Bedenkt man jedoch die Anordnung der Tageslichtöffnungen, dann kann man trotzdem hinsichtlich der beleuchtenden Wirkung insgesamt eine **eindeutige Überlegenheit des Oberlichts gegenüber dem Fenster** konstatieren.

17.3 Tageslichtquotienten-Verteilung unter mehreren Oberlichtern

Die Berechnung nach dem bisher in diesem Kapitel beschriebenen **Verfahren** lässt sich natürlich **auch für Räume mit mehreren Oberlichtern** anwenden. Der Rechenaufwand steigt zwar proportional mit der Anzahl der Oberlichter, doch ist das für moderne Rechner keine Schwierigkeit. Deswegen sind die bisher in diesem Kapitel erwähnten Formeln die Grundlage für eine ganze Reihe von Rechenprogrammen, die die örtliche Verteilung des Tageslichtquotienten unter (bzw. hinter) mehreren oder gar vielen Tageslichtöffnungen (Oberlichter, Fenster) zu bestimmen erlauben.

Zur vollständigen Berechnung des Tageslichtquotienten muß allerdings noch dessen **Innenreflexionsanteil D_R** ermittelt werden. Eine zunächst grob erscheinende, mit der Praxis aber meist recht gut übereinstimmende Näherungslösung beruht auf der Tatsache, daß die Wände von Räumen, die durch Oberlichter beleuchtet werden, nur einen sehr kleinen Teil des in den Raum eingedrungenen Lichtstroms empfangen. Wird dieser Anteil vernachlässigt, dann ergeben sich infolge der Vielfachreflexionen am Boden (Reflexionsgrad ρ_B) und an der Decke (Reflexionsgrad ρ_D) der **Korrekturfaktor $1 / (1 - \rho_B \cdot \rho_D)$** , der auf der Nutzebene erzeugte Mittelwert des **Innenreflexionsanteils** des Tageslichtquotienten und der gesamte Tageslichtquotient (zunächst bezogen auf die Rohbauöffnungen) gemäß

$$D_r = D_{H,r} + D_{V,r} + D_{R,r} \\ \approx (D_{H,r} + D_{V,r}) / (1 - \rho_B \cdot \rho_D) \quad (188)$$

Um die Verteilung des Tageslichtquotienten D endgültig berechnen zu können, **müssen zusätzlich bekannt sein:**

- der Transmissionsgrad des Verglasungsmaterials τ_{D65} ,
- der Verminderungsfaktor für Rahmen und Sprossen k_1 (= lichtdurchlässige Fläche / Rohbauöffnung),
- der Verminderungsfaktor für Verschmutzung k_2 (siehe Tabelle 10),
- der Korrekturfaktor für nicht senkrechten Lichteinfall k_3 (für Doppelverglasung pauschal $k_3 = 0,85$),
- der Verminderungsfaktor für den Einfluß der Lichtschächte unter den Oberlichtern k_e und
- der Außentageslichtquotient D_a .

Tabelle 10:

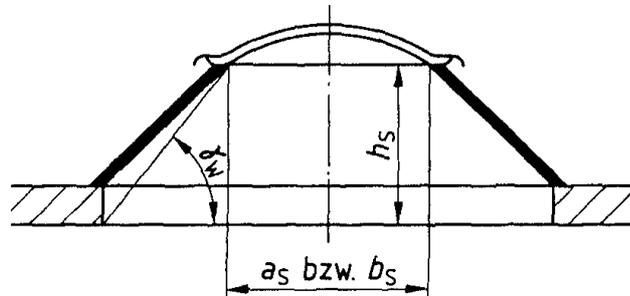
Richtwerte für den Verminderungsfaktor k_2 nach sechsmonatiger Verschmutzung (nach [63])

Örtliche Verhältnisse	Staubniederschlag g/100 m ² pro Monat	Verschmutzung auf der Innenseite	k ₂ für Neigung der Verglasung		
			0 ° ... 30 °	30 ° ... 60 °	60 ° ... 90 °
ländliche Gegend, abgelegene Vororte	300 400	gering	0,80	0,85	0,90
		stark	0,55	0,60	0,70
dichtbesiedelte Wohngegenden	600 800	gering	0,70	0,75	0,80
		stark	0,45	0,50	0,60
Industriegebiete	1200 ... 1600	gering	0,55	0,60	0,70
		stark	0,30	0,40	0,50

Zur Ermittlung des Verminderungsfaktors der Lichtschächte k_e wird zunächst der **Schachtindex w** berechnet (vgl. Bild 17.9 und [73]).

Bild 17.9:

Zur Bestimmung des Schachtindex notwendige Größen eines Lichtschachts unter Oberlichtern



Er ergibt sich aus

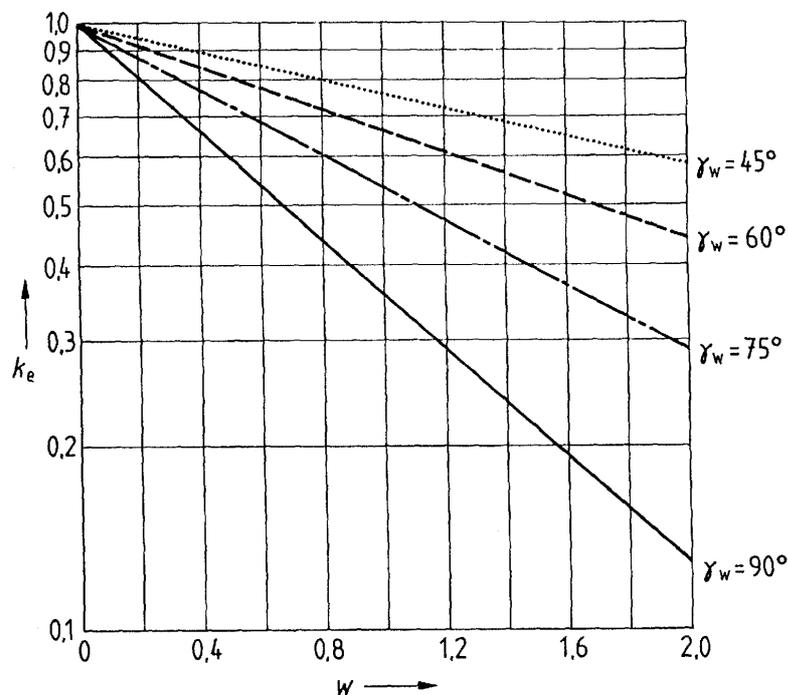
$$w = 0,5 \cdot h_s \cdot \left[1 / (a_s + 2 \cdot h_s / \tan \gamma_w) + 1 / (b_s + 2 \cdot h_s / \tan \gamma_w) \right] \quad (189)$$

a_s , b_s und h_s sind dabei Länge, Breite und Höhe des Schachts, γ_w ist der Neigungswinkel der Wand des Lichtschachts gegen die Horizontale ([52], [62]). Mit dem Reflexionsgrad der Schachtwand ρ_s folgt k_e aus

$$k_e = [(0,01 \cdot (90^\circ - \gamma_w) + 0,1)^{(1 - \rho_s)}]^w \quad (190)$$

Bild 17.10:

Verminderungsfaktor k_e zur Berücksichtigung der Wirkung eines Lichtschachtes mit Neigungswinkel γ_w , Reflexionsgrad ρ_s und Schachtindex w



Für Schachthöhen $h_s = 0,5$ und $1,0$ m und Neigungswinkel $\gamma_w = 45^\circ$, 60° und 90° der Schachtwände sind für unterschiedliche lichte Längen a_s und lichte Breiten b_s der Schachttöfnungen die

Verminderungsfaktoren k_e berechnet und in [171.DOC](#) tabellarisch aufgelistet worden. Je flacher die Schachtwände geneigt sind, desto weniger wirkt sich k_e aus. Zwischenwerte können interpoliert werden.

Der Verminderungsfaktor k_e durch Lichtschächte wird für Lichtkuppeln und gewölbeförmige Oberlichter als k_4 berücksichtigt. Für die unterschiedlichen Arten von Oberlichtern ist als Verminderungsfaktor k_4 festgelegt:

Form des Oberlichts:	k_4 :	infolge:
Sattel	$k_4 = \cos \gamma_F \cdot k_e$	Neigung, Lichtschacht
60 °-Shed	$k_4 = k_\gamma = 0,63$	Abschattung von Teilen des Himmelsgewölbes
90 °-Shed	$k_4 = k_\gamma = 0,38$	Abschattung von Teilen des Himmelsgewölbes
Kuppel	$k_4 = k_e$	Lichtschacht
Gewölbe	$k_4 = k_e$	Lichtschacht

Der **Außentageslichtquotient** ist das Verhältnis

$$D_a = E_F / E_a \quad (191)$$

der Beleuchtungsstärke E_F auf der Außenseite des Oberlichts zur Beleuchtungsstärke E_a im Freien unter der unverbauten Himmelshalbkugel. Die **Beleuchtungsstärke E_F auf geneigten Flächen** setzt sich dabei – das Fehlen einer Verbauung weiterhin vorausgesetzt – aus einem vom Himmel und einem von der Reflexion am Boden herrührenden Anteil zusammen (vgl. (101) und (102)).

Eine parallel zu einer Gebäudekante in gleicher Höhe verlaufende Verbauung lässt sich (bei geringem Abstand ggfs. für jedes Oberlicht unterschiedlich) in ähnlicher Weise berücksichtigen. Dabei empfiehlt es sich, die im Bebauungsplan vorgesehene mögliche Höhe auch der noch nicht vorhandenen Gebäude in die Rechnung einzusetzen. Dazu müssen bekannt sein:

- in der Horizontalen gemessener, kürzester Abstand der Verbauung d_v ,
- Höhendifferenz Δh zwischen Mitte des Oberlichts bzw. der Oberlichter und Oberkante der Verbauung,
- Reflexionsgrad ρ_v der Verbauung (falls unbekannt: $\rho_v = 0,2$).

Dann ergibt sich mit

$$\gamma_v = \arctan (\Delta h / d_v) \quad (192)$$

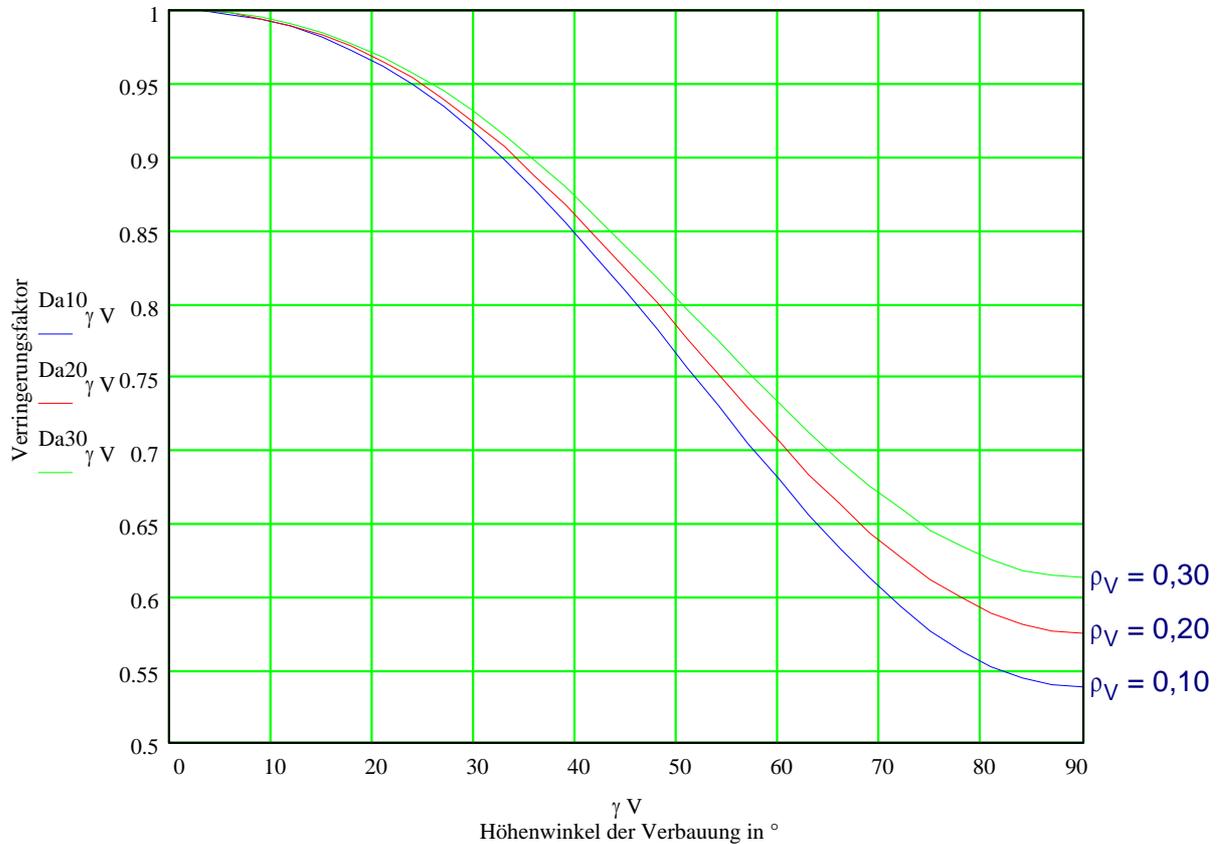
der Außentageslichtquotient zu

$$D_a = \frac{2 \cdot 3}{7 \cdot \pi} \int_0^{\pi/2} \{1/2 \cdot [1 + (0,75 \cdot \rho_v - 1) \cdot \sin^2 \gamma_v] + 2/3 \cdot [1 + (0,75 \cdot \rho_v - 1) \cdot \sin^3 \gamma_v]\} d\beta \quad (193)$$

Die Auswertung dieser Formel ist für verschiedene Reflexionsgrade ρ_v der Verbauung in Bild 17.11 wiedergegeben.

Bild 17.11:

Verringerungsfaktor D_a für den Tageslichtquotienten (Außentageslichtquotient) infolge einseitiger Verbauung mit konstanter Höhe für einen Reflexionsgrad der Verbauung $\rho_V = 0,1, 0,2$ und $0,3$



Schließlich kann man aus all den aufgeführten Größen die **punktweise Verteilung des Tageslichtquotienten auf der Nutzebene im Raum berechnen**. Für jeden Punkt gilt:

$$D = (D_{H,r} + D_{V,r} + D_{R,r}) \cdot D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

$$\approx (D_{H,r} + D_{V,r}) / (1 - \rho_B \cdot \rho_D) \cdot D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \quad (194)$$

Der dabei notwendige, beachtliche Rechenaufwand läßt den Einsatz eines Computers zweckmäßig erscheinen.

17.4 Mittlerer Tageslichtquotient (Wirkungsgradverfahren)

Die „Tageslichtnorm“ DIN 5034 [16] bietet ein Rechenverfahren zur Bestimmung des mittleren Tageslichtquotienten in Räumen an, die durch Oberlichter mit Tageslicht versorgt werden. Es entspricht praktisch dem Wirkungsgradverfahren, das bei der Beleuchtung mit Kunstlicht angewandt wird [61], es ist wesentlich weniger aufwendig und es kommt mit dem Einsatz eines Taschenrechners aus. In [64] wurde schon früher ein für Shed-Oberlichter konzipiertes Verfahren auf der gleichen Grundlage vorgestellt.

Zunächst wird gemäß [16] aus den Raumabmessungen (Länge a , Breite b , Höhe h) der Raumindex k berechnet:

$$k = b \cdot a / [h \cdot (b + a)] \quad (195)$$

Für verschiedene Kombinationen von Raumindex und Reflexionsgraden der Raumbegrenzungsflächen findet man in [16] umfangreiche, für die hier beschriebene Berechnung erforderliche Tabellen, die zuvor in [62] berechnet worden waren.

Für Lichtkuppeln werden dabei verschiedene Neigungen der Wand des Lichtschachts gegen die Horizontale (30° , 60° , 90°) sowie verschiedene Seitenverhältnisse von Schachtlänge a_s zu Schachtbreite b_s und Schachthöhe h_s zu Schachtbreite b_s angenommen. Zur Auswahl der geeigneten Tabelle muß außerdem der Schachtindex w bekannt sein, dessen Ermittlung bereits mit der Formel (186) beschrieben wurde.

Bild 17.12 zeigt beispielhaft eine der Tabellen aus [16], aus denen man dann den für den jeweiligen Fall gültigen Raumwirkungsgrad η_R entnehmen kann. In aller Regel wird man keine völlige Übereinstimmung zwischen den tatsächlichen und den von den Tabellen angebotenen Parametern für die zu ermittelnden Raumwirkungsgrade finden; dann ist zwischen den η_R -Werten der nächstliegenden Tabellen in DIN 5034 Teil 3 linear zu interpolieren.

Für Shed-Oberlichter werden in [16] ähnliche Tabellen zur Ermittlung des Raumwirkungsgrads η_R angeboten. Sie gelten jeweils für verschiedene Verhältnisse der lichtdurchlässigen Fläche zur Gesamfläche der Dachflächenteile, die um verschiedene Winkel γ_F gegen die Horizontale geneigt sind, und für verschiedene Neigungen γ_W der den Shed-Öffnungen gegenüberliegenden, lichtundurchlässigen Wandteile. Enthalten die Tabellen nicht die gewünschten Kombinationen der genannten Größen, ist auch hier zwischen den nächstliegenden Raumwirkungsgraden linear zu interpolieren.

Bild 17.12:

Ausschnitt aus den Tabellen der DIN 5034 Teil 3

Tabellen 3 bis 14:

Raumwirkungsgrade η_R von Räumen, die durch Lichtkuppeln mit Tageslicht beleuchtet werden, in Abhängigkeit von Raumindex k , Reflexionsgrad ρ_D der Decke (= Reflexionsgrad ρ_S der Wand des Lichtschachtes), Reflexionsgrad ρ_W der Wände und Reflexionsgrad ρ_B des Bodens [2].

Parameter sind:

- Verhältnis a_S/b_S von Länge zu Breite der Lichtkuppel,
- relative Schachthöhe h_S/b_S ,
- lichttechnisch wirksamer Neigungswinkel γ_W der Schachtwand,
- daraus resultierender Schachtindex w .

ANMERKUNG: Für die Reflexionsgradkombination $\rho_D=0$; $\rho_W=0$; $\rho_B=0$ entsprechen die angegebenen Werte dem Direktanteil des Raumwirkungsgrades.

Tabelle 3: η_R in % für $a_S/b_S = 1$; $h_S/b_S = 0,25$; $\gamma_W = 30^\circ$; $w = 0,17$

ρ_D	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	0,3	0
ρ_W	0,8	0,5	0,3	0,5	0,3	0,8	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0
ρ_B	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
k												
0,6	69	41	32	39	30	61	39	31	38	30	29	22
0,8	81	55	45	52	43	71	52	43	49	42	40	33
1,0	88	62	52	58	49	76	58	49	55	47	46	38
1,25	96	72	62	67	59	82	66	59	64	56	54	47
1,5	101	80	70	74	65	86	72	65	69	62	61	53
2,0	108	90	81	83	75	91	80	74	77	71	68	61
2,5	112	96	88	88	81	93	85	79	82	76	73	66
3,0	115	101	94	92	86	95	88	83	85	80	77	71
4,0	118	107	101	98	92	98	93	89	90	85	82	76
5,0	121	112	106	101	96	100	96	93	92	88	85	79

Um den mittleren Tageslichtquotienten \bar{D} für die genannten Oberlichtarten berechnen zu können, müssen außer dem aus den Tabellen ermittelten Raumwirkungsgrad η_R bekannt sein:

- der Transmissionsgrad des Verglasungsmaterials τ_{D65} ,
- der Verminderungsfaktor für Rahmen und Sprossen k_1 (= lichtdurchlässige Fläche / Rohbauöffnung),
- der Verminderungsfaktor für Verschmutzung k_2 (siehe Tabelle 10),
- der Korrekturfaktor für nicht senkrechten Lichteinfall k_3 (für Doppelverglasung pauschal $k_3 = 0,85$),
- die Gesamtfläche der Lichtöffnungen (Rohbaumaße) ΣA_F ,
- die Raumgrundfläche A_R ,
- der Außentageslichtquotient D_a .

Schließlich kann man aus diesen aufgeführten Größen den mittleren Tageslichtquotienten bestimmen:

$$\bar{D} = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot (\Sigma A_F / A_R) \cdot \eta_R \quad \% \quad (196)$$

Bei der hier beschriebenen Bestimmung des mittleren Tageslichtquotienten nach dem Wirkungsgradverfahren ist der Innenreflexionsanteil bereits im Ergebnis berücksichtigt.