

## **Inhalt**

- I    Übersichtswise Beschreibung der Änderungen*
  
- II   Annex  
     Zusammenstellung der Richtlinien-Seiten mit Änderungen*

## I. *Übersichtswise Beschreibung der Änderungen*

### Änderungen vom 28. Januar 2020

1. Im Kapitel 12.1 (auf Seite 32 unten) wurden in Gl. (110) Schreibfehler korrigiert:

Falsch	$s_v = e_{v,N} \cdot c_1 - f_1 \quad (110)$ <p>wenn <math>s_v &lt; 0</math>, dann <math>s_v = 0</math></p> <p>wenn <math>e_{v,N} \cdot c_2 + f_2 &lt; 0</math>, dann <math>s_v = s_v - e_{h,N} \cdot c_2 - f_2</math></p>
Korrekt	$s_v = e_{v,N} \cdot c_1 - f_1 \quad (110)$ <p>wenn <math>s_v &lt; 0</math>, dann <math>s_v = 0</math></p> <p>wenn <math>e_{v,N} \cdot c_2 + f_2 &lt; 0</math>, dann <math>s_v = s_v - e_{v,N} \cdot c_2 - f_2</math></p>

2. Im Kapitel 12.1 (auf Seite 32 unten) wurden in Gl. (111) Schreibfehler korrigiert:

Falsch	$s_v = e_{v,N} \cdot c_2 - f_2 \quad (111)$ <p>wenn <math>s_v &lt; 0</math>, dann <math>s_v = 0</math></p> <p>wenn <math>-e_{v,N} \cdot c_1 + f_1 &lt; 0</math>, dann <math>s_v = s_v - e_{v,N} \cdot c_1 - f_1</math></p>
Korrekt	$s_v = -e_{v,N} \cdot c_2 - f_2 \quad (111)$ <p>wenn <math>s_v &lt; 0</math>, dann <math>s_v = 0</math></p> <p>wenn <math>-e_{v,N} \cdot c_1 + f_1 &lt; 0</math>, dann <math>s_v = s_v + e_{v,N} \cdot c_1 - f_1</math></p>

## Änderungen vom 10. Januar 2019

3. Im Kapitel 5 (Seite 7) wurde in der Anmerkung ein Text ergänzt:

Bisher:

**Anmerkung:** Wenn  $\gamma_s < 0$  ist, dann ist in der Regel der Sonnenstand unterhalb des Horizonts. Dies ist bei der Ermittlung der Einstrahlung zu berücksichtigen.

Neu

**Anmerkung:** Wenn  $\gamma_s < 0$  ist, dann ist in der Regel der Sonnenstand unterhalb des Horizonts. Dies ist bei der Ermittlung der Einstrahlung zu berücksichtigen. Für die Test- und Validierungsbeispiele nach VDI 6020 und VDI 2078 werden für  $\gamma_s < 0$  direkte und diffuse Einstrahlung auf eine Fläche gleich Null gesetzt.

4. Im Kapitel 7.2 (Seite 13) ist unter Gleichung (33) eine Anmerkung ergänzt worden:

Neu

**Anmerkung:** Der physikalisch sinnvolle Bereich für  $R_{\text{diff,bed}}$  ist  $0 \leq R_{\text{diff,bed}} \leq 1$ . In Rechenalgorithmen ist deshalb das Berechnungsergebnis der Gleichungen (33) und (52) auf diesen Bereich zu begrenzen.

5. Im Kapitel 8.0 (Seite 19) wurden Texte und Anmerkungen unterhalb der Gleichung (61) ergänzt bzw. ersetzt.

Die bisherige „Anmerkung“ wurde „Anmerkung 1“; ergänzt wurde darunter „Anmerkung 2“:

Neu

**Anmerkung 2: Die Werte nach Gleichung (59) bis Gleichung (61) aus DIN EN 410 sind Anhaltswerte, deren Randbedingungen unbekannt und für neuartige Glasarten nicht aktuell sind.**

Folgender Absatz wird gestrichen

Die Größen  $g_{\text{dir},0}(\zeta)$  und  $\tau_{e,\text{dir},0}(\zeta)$  können auch entsprechend Gleichung (62) und Gleichung (66) bis Gleichung (77) für direkte Strahlung bei  $\zeta = 0$  berechnet werden.

und ersetzt durch folgenden Text:

Für die Berechnungen nach VDI 6020 und VDI 2078 einschließlich der Validierung sind die Größen  $g_{\text{dir},0}(\zeta)$  und  $\tau_{e,\text{dir},0}(\zeta)$  nach Gleichung (62) und Gleichung (66) bis Gleichung (77) für direkte Strahlung für den Einstrahlwinkel  $\zeta = 0$  zu berechnen.

6. Im Kapitel 8.0 (Seite 21) wurden zwei Texte unmittelbar unterhalb der Gleichungen (71) und (74) ergänzt.

Neu unterhalb (71):

$$\text{mit } g_{\text{dir},0}(1) = \tau_{\text{sek},1} + Q_{\text{sek},1} \text{ für } \zeta = 0$$

Neu unterhalb (74):

$$\text{mit } g_{\text{dir},0}(2) = \tau_2 + Q_{\text{sek},2} \text{ für } \zeta = 0$$

7. Im Kapitel 8.0 (Seite 22) wurden zwei Texte unmittelbar unterhalb der Gleichung (76) ergänzt.

Neu unterhalb (76):

$$\text{mit } g_{\text{dir},0}(3) = \tau_3 + Q_{\text{sek},3} \text{ für } \zeta = 0$$

## Änderungen vom 17. Februar 2017

8. Im Kapitel 5 (Seite 5) wurde am Ende des ersten Abschnitts eine Fußnote ergänzt:

„... in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit beschrieben wird. <sup>1)</sup>“

- <sup>1)</sup> Die nachfolgenden Berechnungen beziehen sich auf Mitteleuropa, gelten grundsätzlich jedoch bei geeigneter Anpassung der Gl. (2) für Standorte nördlich des nördlichen Wendekreises des Krebses (23,4° nördliche Breite).  
Südlich davon liegende Standorte (auch in der südlichen Hemisphäre) haben einen anderen Sonnenazimut bei Sonnenhöchststand mit der Folge unterschiedlicher Algorithmen für die Ermittlung des Sonnenazimuts. Daher ergeben sich geänderte Bedingungen zur Berechnung der Einstrahlung auf beliebig orientierte und geneigte Flächen sowie für deren Verschattung.

9. Im Kapitel 5 (Seite 5) erfolgte eine Änderung des zweiten Abschnittes.

Folgender Absatz wird gestrichen

Die Berechnung des Sonnenstands erfolgt mit der wahren Ortszeit *WOZ* (wenn die Sonne im Meridian steht – also exakt im astronomischen Süden –, beträgt die wahre Ortszeit 12:00 Uhr – Meridiandurchgang).

und ersetzt durch folgenden Text:

Die Berechnung des Sonnenstands erfolgt mit der wahren Ortszeit *WOZ* (wenn die Sonne den Sonnenhöchststand erreicht, sie also exakt im astronomischen Süden steht, beträgt die wahre Ortszeit 12:00 Uhr und das Sonnenazimut 180°).

10. Am Ende des Kapitels 5 (Seite 8) wurde Anmerkung 2 gestrichen.

## Änderungen vom 16. August 2016

### 11. Anmerkung 1 auf Seite 7 enthält einen Schreibfehler:

Falsch

**Anmerkung 1:** Wenn  $\cos \zeta < 1$  ist, fällt keine direkte Einstrahlung auf die Fläche, weil die Sonne dann hinter der Fläche steht. Da es keine negative kurzwellige Einstrahlung gibt, kann dies bei der Berechnung gegebenenfalls durch die Abfrage abgefangen werden:

wenn  $\cos \zeta < 0$ , dann  $P_{\text{dir},F} = 0$   
(siehe Gleichung (29) bis Gleichung (32)).

Korrekt

**Anmerkung 1:** Wenn  $\cos \zeta < 0$  ist, fällt keine direkte Einstrahlung auf die Fläche, weil die Sonne dann hinter der Fläche steht. Da es keine negative kurzwellige Einstrahlung gibt, kann dies bei der Berechnung gegebenenfalls durch die Abfrage abgefangen werden:

wenn  $\cos \zeta < 0$ , dann  $P_{\text{dir},F} = 0$   
(siehe Gleichung (29) bis Gleichung (32)).

## Änderungen vom 14. Juni 2016

### 12. Im Kapitel 10 (Seite 25) wird nach Gl. (89) eine Anmerkung ergänzt:

Anmerkung:

Wenn bei einem Fenster ein außen liegender Sonnenschutz vorgezogen ist, findet für diesen Zeitbereich für das Fenster kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Fensterfläche (ggf. auch Rahmen) und Umgebung statt.

## Änderungen vom 4. April 2016

### 13. Seite 9, Gleichung (17) enthält einen Schreibfehler

Falsch

wenn  $R_s(SSW) > 1$ , dann  $R_s(SSW) = 1$   
wenn  $R_s(SSW) > 0$ , dann  $R_s(SSW) = 0$

Korrekt

wenn  $R_s(SSW) > 1$ , dann  $R_s(SSW) = 1$   
wenn  $R_s(SSW) < 0$ , dann  $R_s(SSW) = 0$

### 14. Seite 13, Gleichung (31) wird geändert. Der Index „klar“ ist überflüssig, da er dasselbe bedeutet wie „SSW=1“.

Falsch

$$P_{dir,F}(SSW) = P_{dir,klar,F}(SSW = 1) \cdot R_s(SSW) \text{ in W/m}^2 \quad (31)$$

Korrekt

$$P_{dir,F}(SSW) = P_{dir,F}(SSW = 1) \cdot R_s(SSW) \text{ in W/m}^2 \quad (31)$$

### 15. Seite 19 Mitte: Änderung des Textes im Abschnitt 8.1 Korrekturwerte $kor_g$ und $kor_{\tau_e}$ bei nicht senkrechtem und nicht parallelem Strahlungseinfall

Folgender Absatz wird gestrichen

Die Größen  $g_{dir,0}()$  und  $\tau_{e,dir,0}()$  können auch entsprechend Gleichung (62) und Gleichung (66) bis Gleichung (77) für **direkte** Strahlung bei  $\xi = 0$  berechnet werden.

und ersetzt durch folgenden Text:

Für Berechnungen nach dieser Richtlinie sind die Größen  $g_{dir,0}()$  und  $\tau_{e,dir,0}()$  entsprechend Gleichung (62) und Gleichung (66) bis Gleichung (77) für **direkte** Strahlung bei  $\xi = 0$  zu ermitteln. Dies gilt auch für die Test-/Validierungsbeispiele der VDI 2078 und VDI 6020.

## ***II. Annex***

### ***Zusammenstellung der Richtlinien-Seiten mit Änderungen***



### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die folgenden Begriffe:

**CDD** (Cooling Design Day)

Auslegungstag für die Berechnung der Kühllast mit vordefinierten Wetterdaten.

**CDP** (Cooling Design Period)

Auslegungsperiode für die Berechnung der Kühllast mit vordefinierten Wetterdaten.

**HDD** (Heating Design Day)

Auslegungstag für die Berechnung der Heizlast mit vordefinierten Wetterdaten.

**HDP** (Heating Design Period)

Auslegungsperiode für die Berechnung der Heizlast mit vordefinierten Wetterdaten.

### 4 Abkürzungen

**Abkürzungen**

In dieser Richtlinie wird die nachfolgend aufgeführte Abkürzung verwendet:

TRY Testreferenzjahr

### 5 Grundlagen und Definitionen

Die Sonneneinstrahlung wird durch den Sonnenstand bestimmt, der für den jeweiligen Ort durch

- Sonnenhöhe  $\gamma_s$  und
- Sonnenazimut  $\alpha_s$

in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit beschrieben wird.

Die Berechnung des Sonnenstands erfolgt mit der wahren Ortszeit *WOZ* (wenn die Sonne im Meridian steht – also exakt im astronomischen Süden –, beträgt die wahre Ortszeit 12:00 Uhr – Meridiandurchgang).

Für eine konkrete *Uhrzeit* sind zunächst die Ortszeit *OZ* (Zeit einer Zeitzone) und die mittlere Ortszeit *MOZ* zu bestimmen. Unter Berücksichtigung der Sommerzeit *SOMZ* beträgt die Ortszeit *OZ* (Zeit einer Zeitzone, z.B. in Mitteleuropa die Mitteleuropäische Zeit *MEZ*):

$$OZ = \text{Uhrzeit} - SOMZ \quad (1)$$

Dabei ist

*SOMZ* Zeitverschiebung durch die Sommerzeit

Winterzeit:  $SOMZ = 0$

Sommerzeit:  $SOMZ = 1$

Der Zusammenhang zwischen mittlerer Ortszeit *MOZ* und Zeit einer Zeitzone *OZ* ist eine feste Zeitdifferenz, die durch den Unterschied zwischen dem Längengrad  $\lambda$  des betrachteten Orts zum zugehörigen Zeitzone Meridian bestimmt wird:

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this standard, the following terms and definitions apply:

**CDD** (cooling design day)

Design day for the calculation of the cooling load with pre-defined weather data.

**CDP** (cooling design period)

Design period for the calculation of the cooling load with pre-defined weather data.

**HDD** (heating design day)

Design day for the calculation of the heating load with pre-defined weather data.

**HDP** (heating design period)

Design period for the calculation of the heating load with pre-defined weather data.

### 4 Abbreviations

**Abbreviations**

The following abbreviation is used throughout this standard:

TRY test reference year

### 5 Basic principles and definitions

The solar irradiation depends on the solar altitude that is described for each location by means of

- solar height  $\gamma_s$  and
- solar azimuth  $\alpha_s$

depending on the time of day and the time of year.

The calculation of the solar altitude is implemented with the local apparent time *WOZ* (when the sun is in the meridian – i.e. exactly in the astronomical south –, the local apparent time is 12:00 a.m. – meridian passage).

Regarding the concrete *time* the local time *OZ* (time of a time zone) and the local mean time *MOZ* must be determined initially. Taking into consideration the daylight saving time *SOMZ*, the local time *OZ* (time of a time zone, e.g. in Central Europe the Central European Time *MEZ*) is:

$$OZ = \text{time} - SOMZ \quad (1)$$

where

*SOMZ* time shifting due to daylight saving time

winter time:  $SOMZ = 0$

daylight saving time:  $SOMZ = 1$

The connection between local mean time *MOZ* and time of a time zone *OZ* is a fix time difference that is determined by the difference between the longitude  $\lambda$  of the treated location and the related time zone meridian:

**Anmerkung:** Wenn  $\gamma_S < 0$  ist, dann ist in der Regel der Sonnenstand unterhalb des Horizonts. Dies ist bei der Ermittlung der Einstrahlung zu berücksichtigen.

Der Stundenwinkel  $\omega$  berechnet sich in Grad wie folgt:

$$\omega = (12 \text{ h} - \text{WOZ}) \cdot 15 \quad \text{in Grad} \quad (8)$$

Mit der Festlegung der Zählweise für das Sonnenazimuts  $\alpha_S$ :

Norden:  $\alpha_S = 0^\circ$   
 Osten:  $\alpha_S = 90^\circ$   
 Süden:  $\alpha_S = 180^\circ$   
 Westen:  $\alpha_S = 270^\circ$   
 Gültigkeit:  $0^\circ \leq \alpha_S \leq 360^\circ$

ergibt sich der Sonnenazimuts  $\alpha_S$  zu:

$$\alpha_S = 180^\circ - \arccos \frac{\sin \gamma_S \cdot \sin \varphi - \sin \delta}{\cos \gamma_S \cdot \cos \varphi}$$

für  $\text{WOZ} \leq 12 \text{ h}$  (9)

bzw.

$$\alpha_S = 180^\circ + \arccos \frac{\sin \gamma_S \cdot \sin \varphi - \sin \delta}{\cos \gamma_S \cdot \cos \varphi}$$

für  $\text{WOZ} > 12 \text{ h}$  (10)

Für eine beliebig orientierte und beliebig geneigte Fläche ergibt sich mit der Festlegung der Zählweise für die Himmelsrichtung  $\alpha_F$

Norden:  $\alpha_F = 0^\circ$   
 Osten:  $\alpha_F = 90^\circ$   
 Süden:  $\alpha_F = 180^\circ$   
 Westen:  $\alpha_F = 270^\circ$   
 Gültigkeit:  $0^\circ \leq \alpha_F \leq 360^\circ$

und der Festlegung der Neigung  $\gamma_F$  der betrachteten Fläche

- waagrecht (nach oben, z.B. Flachdach):  $\gamma_F = 0^\circ$
- senkrecht:  $\gamma_F = 90^\circ$
- waagrecht (nach unten, z.B. Decke einer Tor-einfahrt):  $\gamma_F = 180^\circ$
- Gültigkeit:  $0^\circ \leq \gamma_F \leq 180^\circ$

ein Cosinus des Einstrahlwinkels  $\zeta$  auf eine beliebig orientierte und beliebig geneigte Fläche von

$$\cos \zeta = \sin \gamma_S \cdot \cos \gamma_F + \cos \gamma_S \cdot \sin \gamma_F \cdot \cos(\text{abs}(\alpha_F - \alpha_S)) \quad (11)$$

$\cos \zeta < 0$

Wenn  $\cos \zeta = 1$ , dann fällt die Einstrahlung senkrecht auf die Fläche, das heißt parallel zur Normale der Fläche.

**Anmerkung 1:** Wenn  $\cos \zeta < 1$  ist, fällt keine direkte Einstrahlung auf die Fläche, weil die Sonne dann hinter der Fläche steht. Da es keine negative kurzwellige Einstrahlung gibt, kann dies bei der Berechnung gegebenenfalls durch die Abfrage abgefangen werden:

wenn  $\cos \zeta < 0$ , dann  $P_{\text{dir},F} = 0$   
 (siehe Gleichung (29) bis Gleichung (32)).

**In der Anmerkung wird Text ergänzt:**

Für die Test- und Validierungsbeispiele nach VDI 6020 und VDI 2078 werden für  $\gamma_S < 0$  direkte und diffuse Einstrahlung auf eine Fläche gleich Null gesetzt.

$$\omega = (12 \text{ h} - \text{WOZ}) \cdot 15 \quad \text{in degrees} \quad (8)$$

With the specification of the counting method for the solar azimuth  $\alpha_S$ :

North:  $\alpha_S = 0^\circ$   
 East:  $\alpha_S = 90^\circ$   
 South:  $\alpha_S = 180^\circ$   
 West:  $\alpha_S = 270^\circ$   
 applicability:  $0^\circ \leq \alpha_S \leq 360^\circ$

The solar azimuth  $\alpha_S$  results from:

$$\alpha_S = 180^\circ - \arccos \frac{\sin \gamma_S \cdot \sin \varphi - \sin \delta}{\cos \gamma_S \cdot \cos \varphi}$$

for  $\text{WOZ} \leq 12 \text{ h}$  (9)

or

$$\alpha_S = 180^\circ + \arccos \frac{\sin \gamma_S \cdot \sin \varphi - \sin \delta}{\cos \gamma_S \cdot \cos \varphi}$$

for  $\text{WOZ} > 12 \text{ h}$  (10)

This results in the following for a surface area with any orientation and inclination, with the specification of the counting method for the cardinal direction  $\alpha_F$

North:  $\alpha_F = 0^\circ$   
 East:  $\alpha_F = 90^\circ$   
 South:  $\alpha_F = 180^\circ$   
 West:  $\alpha_F = 270^\circ$   
 applicability:  $0^\circ \leq \alpha_F \leq 360^\circ$

and the specification of the inclination  $\gamma_F$  of the treated surface area

- horizontally (upwards, e.g. flat roof):  $\gamma_F = 0^\circ$
- vertically:  $\gamma_F = 90^\circ$
- horizontally (downwards, e.g. ceiling of a gateway):  $\gamma_F = 180^\circ$
- applicability:  $0^\circ \leq \gamma_F \leq 180^\circ$

a cosine of the incidence angle  $\zeta$  on a surface area with any orientation and any inclination of

$$\cos \zeta = \sin \gamma_S \cdot \cos \gamma_F + \cos \gamma_S \cdot \sin \gamma_F \cdot \cos(\text{abs}(\alpha_F - \alpha_S)) \quad (11)$$

If  $\cos \zeta = 1$ , irradiation falls vertically onto the surface area, i.e. parallel to the normal of the surface area.

**Note 1:** If  $\cos \zeta < 1$  there is no direct irradiation onto the surface area, because the sun is behind the surface area in this case. As there is no negative short-wave irradiation, this can be compensated by the survey during the calculation, if required:

if  $\cos \zeta < 0$ , then  $P_{\text{dir},F} = 0$   
 (see Equation (29) to Equation (32)).

**Anmerkung 2:** Gleichung (5) bis Gleichung (11) gelten nur für Orte auf der nördlichen Hemisphäre der Erde.

## 6 Kurzwellige Einstrahlung auf eine horizontale Fläche

Die kurzwellige Einstrahlung (Sonneneinstrahlung, direkt und diffus) auf die horizontale Fläche errechnet sich in Anlehnung an DIN 5034-2 und VDI 3789 Blatt 3.

Die Bewölkung hat einen erheblichen Einfluss auf die Sonnenstrahlung. Bei der Ermittlung der Strahlungswerte werden daher zwischen drei Zuständen des Himmels unterschieden:

- wolkenloser klarer Himmel
- völlig und gleichmäßig bedeckter Himmel
- gemischt bewölkter Himmel

Als Kennwerte für die Bewölkung des Himmels werden zwei Parameter verwendet:

- Sonnenwahrscheinlichkeit  $SSW$   
(Werte zwischen 0 und 1)
- Bedeckungsgrad  $BED$   
(Werte zwischen 0 und 1)

Beide Kennwerte sind für die rechnerische Ermittlung der Sonneneinstrahlung gleichwertig und können ineinander überführt werden:

$$SSW = (1 - BED) \quad (12)$$

**Anmerkung:** In der Meteorologie wird der Bedeckungsgrad häufig in 0 bis 8 Achtel bewertet. In dieser Richtlinie ist der Bedeckungsgrad  $BED$  für Werte zwischen 0 und 1 definiert.

### 6.1 Direkte Einstrahlung auf horizontale Fläche

Als Solarkonstante  $E_0$  wird die Strahlungsleistung der Sonne an der Grenzschicht der Atmosphäre bezeichnet. Sie beträgt mit  $J$  als Kalendertag:

$$E_0 = 1370 \cdot \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos(360^\circ \cdot (J/365)) \right] \quad \text{in W/m}^2 \quad (13)$$

Damit beträgt die direkte Einstrahlung  $P_{\text{dir,normal}}$  bei **wolkenlosem Himmel** auf Normalfläche:

$$P_{\text{dir,normal}}(SSW = 1) = E_0 \cdot \left[ \exp(-T_{\text{Linke}} / (0,9 + 9,4 \cdot \sin \gamma_S)) \cdot \exp(-H_{\text{Geo}} / H_R) \right] \quad \text{in W/m}^2 \quad (14)$$

Dabei ist

$T_{\text{Linke}}$  Trübungsfaktor nach *Linke* entsprechend DIN 4710 (abhängig vom betrachteten Monat, unterschieden nach *Monatsmittelwert* und *Monatsmittelwert – Standardabweichung*, siehe Tabelle 1)

$H_{\text{Geo}}$  geografische Höhe des Standorts in m

$H_R$  Bezugshöhe,  $H_R = 8000$  m

**Note 2:** Equation (5) to Equation (11) are only applicable for locations on the northern hemisphere of the earth.

## 6 Short-wave irradiation on a horizontal surface area

The short-wave irradiation (solar irradiation, direct and diffuse) onto the horizontal surface area is calculated in accordance with DIN 5034-2 and VDI 3789 Part 3.

The cloudiness has significant influence on the solar radiation. Thus, three conditions of the sky are differentiated when determining the radiation values:

- cloudless clear sky
- completely and uniformly overcast sky
- sky with mixed clouds

Two parameters are used as characteristic values for the cloudiness of the sky:

- solar probability  $SSW$   
(values between 0 and 1)
- degree of cloudiness  $BED$   
(values between 0 and 1)

Both characteristic values are equivalent regarding the mathematical determination of solar irradiation and can be converted into each other.

$$SSW = (1 - BED) \quad (12)$$

**Note:** In the field of meteorology the degree of cloudiness is often rated in 0 to 8 eighths. Within the framework of this standard, the degree of cloudiness  $BED$  is defined for values between 0 and 1.

### 6.1 Direct irradiation onto horizontal surface area

The radiated power of the sun at the boundary layer of the atmosphere is called solar constant  $E_0$ . With  $J$  as calendar day, it is:

$$E_0 = 1370 \cdot \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos(360^\circ \cdot (J/365)) \right] \quad \text{in W/m}^2 \quad (13)$$

This way, the direct irradiation  $P_{\text{dir,normal}}$  on normal surface area is the following for **cloudless skies**:

where

$T_{\text{Linke}}$  turbidity factor according to *Linke* according to DIN 4710 (depending on the treated month, differentiated according to *monthly average value* and *monthly average value – standard deviation*, see Table 1)

$H_{\text{Geo}}$  geographic height of the location, in m

$H_R$  reference height,  $H_R = 8000$  m

$\gamma_S$  Sonnenhöhe in Grad nach Gleichung (7)

$\gamma_S$  solar height in degrees according to Equation (7)

und die direkte Einstrahlung  $P_{dir,hor}$  bei **wolkenlosem Himmel** auf Horizontalfläche:

and the direct irradiation  $P_{dir,hor}$  on the horizontal surface area is as follows for **cloudless skies**:

$$P_{dir,hor}(SSW = 1) = P_{dir,normal}(SSW = 1) \cdot \sin \gamma_S \quad \text{in W/m}^2 \quad (15)$$

$$P_{dir,hor}(SSW = 1) = P_{dir,normal}(SSW = 1) \cdot \sin \gamma_S \quad \text{in W/m}^2 \quad (15)$$

**Anmerkung:** Bei  $P_{dir,normal}$  ist die Empfangsfläche so ausgerichtet, dass die direkte Sonneneinstrahlung senkrecht auftrifft, also parallel zur Flächennormalen.

**Note:** For  $P_{dir,normal}$  the receiving area is oriented in a way that the direct solar irradiation arrives vertically, i.e. parallel to the area normal.

Die in DIN 5034-2 und VDI 3789 Blatt 3 angegebenen Formeln führen für die relative direkte Einstrahlung auf horizontale Fläche bei **gemischt bewölktem Himmel** nicht zu einer befriedigenden Übereinstimmung der Ergebnisse bei Nachberechnung der TRY-Daten. Daher wird ein anderer Zusammenhang zugrunde gelegt [2].

Regarding the relative direct irradiation onto horizontal surface areas at **skies with mixed clouds** the formulas specified in DIN 5034-2 and VDI 3789 Part 3 do not result in a satisfactory correspondence of the results when re-calculating the TRY data. Thus, a different context will be used as the basis [2].

Direkte Einstrahlung bei **gemischt bewölktem Himmel**:

Direct irradiation at **skies with mixed clouds**:

$$P_{dir,hor}(SSW) = P_{dir,hor}(SSW = 1) \cdot R_S(SSW) \quad \text{in W/m}^2 \quad (16)$$

$$P_{dir,hor}(SSW) = P_{dir,hor}(SSW = 1) \cdot R_S(SSW) \quad \text{in W/m}^2 \quad (16)$$

Dabei ist

where

$R_S(SSW)$  Bewertungsfaktor für Bewölkung nach [2]

$R_S(SSW)$  evaluation factor for the cloudiness according to [2]

Der Bewertungsfaktor für die Berücksichtigung der Bewölkung bei der direkten Einstrahlung wird wie folgt berechnet:

The evaluation factor for taking into consideration the cloudiness for direct irradiation is calculated as follows.

$$R_S(SSW) = 0,025 + \cos\left(\left(\left(1 - SSW\right) - 1/8\right) \cdot 90^\circ\right) - 0,4 \cdot \left(1 - \cos\left(\left(\left(1 - SSW\right) \cdot 8/6\right) \cdot 90^\circ\right)\right) \quad (17)$$

$$+ 0,3 \cdot \left(\left(\left(1 - SSW\right) + 1/8\right) \cdot \left(\sin \gamma_S - \sin(30^\circ)\right) + \left(\left(\left(1 - SSW\right) - 2/8\right) \cdot \left(\sin \gamma_S - \sin(30^\circ)\right)\right)\right)$$

wenn  $R_S(SSW) > 1$ , dann  $R_S(SSW) = 1$       if  $R_S(SSW) > 1$ , then  $R_S(SSW) = 1$   
wenn  $R_S(SSW) < 0$ , dann  $R_S(SSW) = 0$       if  $R_S(SSW) < 0$ , then  $R_S(SSW) = 0$

Dabei ist

where

$\gamma_S$  Sonnenhöhe in Grad nach Gleichung (7)

$\gamma_S$  solar height in degrees according to Equation (7)

**6.2 Diffuse Einstrahlung auf horizontale Fläche**

**6.2 Diffuse irradiation onto horizontal surface area**

Die diffuse Einstrahlung auf eine horizontale Fläche bei **wolkenlosem klarem Himmel** errechnet sich nach DIN 5034-2 zu:

The diffuse irradiation onto a horizontal surface area at **cloudless clear sky** is calculated according to DIN 5034-2 with:

$$P_{diff,hor}(SSW = 1) = 0,5 \cdot E_0 \cdot \sin \gamma_S \cdot \left[ q_{am} - \exp(-T_{Linke} / (0,9 + 9,4 \cdot \sin \gamma_S)) \cdot \exp(-H_{Geo} / H_R) \right] \quad \text{in W/m}^2 \quad (18)$$

Dabei ist

where

$T_{Linke}$  Trübungs faktor nach Linke entsprechend DIN 4710 (abhängig vom betrachteten Monat, unterschieden nach Monatsmittelwert und Monatsmittelwert – Standardabweichung, siehe Tabelle 1)

$T_{Linke}$  turbidity factor according to Linke according to DIN 4710 (depending on the treated month, differentiated according to monthly average value and monthly average value – standard deviation, see Table 1)

keit von Bewertungsfaktor  $R_s(SSW)$  nach Gleichung (17) gewichtet,

$$P_{dir,F}(SSW) = P_{dir,klar,F}(SSW = 1) \cdot R_s(SSW) \quad \text{in W/m}^2 \quad (31)$$

wobei  $SSW$  die Sonnenwahrscheinlichkeit für die zu berechnende Stunde ist.

Für Werte aus einem TRY ist diese Bewertung nach Gleichung (31) nicht erforderlich, da die im TRY angegebenen Werte bereits die Bewölkung zur jeweiligen Stunde einbeziehen. Somit gilt für das TRY:

$$P_{dir,hor}(SSW) = P_{dir,TRY,hor}(SSW) \quad \text{in W/m}^2 \quad (32)$$

**Anmerkung zu Gleichung (29) bis Gleichung (32)**

$P_{dir,F} = 0$ , wenn  $P_{dir,F} < 0$  oder  $\cos \zeta < 0$  oder  $\gamma_s \leq 0$  bzw.  $\gamma_s \leq \chi$

Dabei ist

$\chi$  Horizont-Überhöhungswinkel

**7.2 Diffuse Einstrahlung auf die beliebig orientierte und beliebig geneigte Fläche**

Für die diffuse Einstrahlung erfolgt die Umrechnung der Einstrahlung auf die Horizontale auf beliebig orientierte und beliebig geneigte Fläche mittels eines Umrechnungsfaktors  $R_{diff}$ .

**Gleichmäßig bedeckter Himmel**

Bei gleichmäßig bedecktem Himmel ist der Umrechnungsfaktor  $R_{diff,bed}$  nur von der Neigung der Fläche  $\gamma_F$  abhängig, das heißt, er ist rotationssymmetrisch und unabhängig von der Sonnenhöhe  $\gamma_s$  (Gleichung 33).

$$R_{diff,bed} = 0,182 \cdot \left[ 1,178 \cdot (1 + \cos \gamma_F) + \left( \pi - \frac{\gamma_F \cdot \pi}{180^\circ} \right) \cdot \cos \gamma_F + \sin \gamma_F \right] \quad (33)$$

**Wolkenloser und klarer Himmel**

Bei wolkenlosem und klarem Himmel jedoch ist der Umrechnungsfaktor  $R_{diff,klar}$  zusätzlich abhängig von der Azimutdifferenz von Wand und Sonne, also  $R_{diff,klar} = f(\gamma_s, \gamma_F, \text{abs}(\alpha_F - \alpha_s))$ .  $R_{diff,klar}$ -Werte

tion factor  $R_s(SSW)$  according to Equation (17),

$$P_{dir,F}(SSW) = P_{dir,klar,F}(SSW = 1) \cdot R_s(SSW) \quad \text{in W/m}^2 \quad (31)$$

where  $SSW$  is the solar probability for the hour to be calculated.

Regarding values from a TRY, this evaluation according to Equation (31) is not required, because the values specified for the TRY already include the cloudiness at the corresponding hour. Thus, the following is applicable to the TRY:

$$P_{dir,hor}(SSW) = P_{dir,TRY,hor}(SSW) \quad \text{in W/m}^2 \quad (32)$$

**Note on Equation (29) to Equation (32)**

$P_{dir,F} = 0$ , if  $P_{dir,F} < 0$  or  $\cos \zeta < 0$  or  $\gamma_s \leq 0$  and/or  $\gamma_s \leq \chi$

where

$\chi$  horizon vertical exaggeration angle

**7.2 Diffuse irradiation onto the surface area with any orientation and inclination**

Regarding diffuse irradiation, conversion of the irradiation to the horizontal onto a surface area with any orientation and inclination is implemented by means of a conversion factor  $R_{diff}$ .

**Uniformly overcast sky**

Regarding uniformly overcast skies, the conversion factor  $R_{diff,bed}$  only depends on the inclination of the surface area  $\gamma_F$ , i.e. it is rotationally symmetric and does not depend on the solar height  $\gamma_s$  (Equation 33).

**Text ergänzen:**  
**Anmerkung:** Der physikalisch sinnvolle Bereich für  $R_{diff,bed}$  ist  $0 \leq R_{diff,bed} \leq 1$ . In Rechenalgorithmen ist deshalb das Berechnungsergebnis der Gleichungen (33) und (52) auf diesen Bereich zu begrenzen.

y the  
 pends  
 n, i.e  
 es for

Table 1. Turbidity factor according to Linke (according to DIN 4710 for Germany)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Monthly average	3,7	4,1	4,6	5,1	5,3	6,1	6,1	5,9	5,4	4,2	3,6	3,5
Monthly average – standard deviation	2,7	3,1	3,3	3,5	3,7	4,3	4,3	4,1	3,9	3,0	2,9	2,7
Monthly average – 2 x standard deviation	1,7	2,1	2,0	1,9	2,1	2,5	2,5	2,3	2,4	1,8	2,2	1,9

te Sonneneinstrahlung zur Verfügung, aber für die drei Anteile der diffusen Strahlung gibt es in der Regel keine Angaben.

Es wird bezüglich des Einflusses der Scheibenzahl auf den  $kor_g$ -Wert nach drei Fällen unterschieden:

- eine Glasscheibe
- zwei Glasscheiben
- drei und mehr Glasscheiben

Die Berechnung des Korrekturwerts  $kor_g$  (sowie von  $kor_{\tau_c}$ ) erfolgt nach dem Berechnungsverfahren von *Aydinli* [1; 3].

**Anmerkung:** Bei dem Wert  $\tau_c$  handelt es sich um den energetischen Transmissionsgrad für die Verglasung. Dieser wird in VDI 6007 Blatt 2 noch unterschieden in  $\tau_{e,v}$  für den sichtbaren Bereich und in  $\tau_{e,nv}$  für den nicht sichtbaren Bereich des Sonnenspektrums. Der  $\tau_{e,v}$ -Wert darf nicht verwechselt werden mit dem Lichttransmissionsgrad (Lichtdurchlässigkeit)  $T_L$  – in VDI 6007 Blatt 2, DIN EN 13363-2 usw. auch als  $\tau_v$  bezeichnet. Beim Lichttransmissionsgrad  $T_L$  wird die Durchlässigkeit der Verglasung mit der spektralen Empfindlichkeit des menschlichen Auges bewertet. Der Lichttransmissionsgrad  $T_L$  wird benötigt bei der Bewertung der Helligkeit im Raum – siehe Abschnitt 11.

Die Bezugsgröße zur Ermittlung aller vier  $kor_g$ -Werte ist der Wert  $g_{dir,0}$  (senkrechter paralleler Strahlungseinfall auf das Klarglas), wie er auch als Randbedingung für den  $g$ - und  $g_{tot}$ -Wert nach VDI 6007 Blatt 2 und einschlägiger Normen, u.a. DIN EN 410 usw. gilt:

*eine Glasscheibe*

$$\begin{aligned} g_{dir,0}(1) &= 0,8544 \\ \tau_{e,dir,0}(1) &= 0,8326 \end{aligned} \quad (59)$$

*zwei Glasscheiben*

$$\begin{aligned} g_{dir,0}(2) &= 0,7537 \\ \tau_{e,dir,0}(2) &= 0,6972 \end{aligned} \quad (60)$$

*drei und mehr Glasscheiben*

$$\begin{aligned} g_{dir,0}(3) &= 0,6714 \\ \tau_{e,dir,0}(3) &= 0,5861 \end{aligned} \quad (61)$$

**Anmerkung:** Die Bezugsgröße  $\tau_{e,dir,0}()$  zur Ermittlung aller vier  $kor_{\tau_c}$ -Werte wird für die Ermittlung des Grenzwerts der Einstrahlung für das Ein- bzw. Ausschalten der künstlichen Beleuchtung nach Abschnitt 11 benötigt.

Die Größen  $g_{dir,0}()$  und  $\tau_{e,dir,0}()$  können auch entsprechend Gleichung (62) und Gleichung (66) bis Gleichung (77) für **direkte** Strahlung bei  $\zeta = 0$  berechnet werden.

Der Transmissionsgrad  $\tau$  wird unterschieden für die direkte (parallele) Sonneneinstrahlung  $\tau_{dir}$  und die diffuse (gestreute) Sonneneinstrahlung  $\tau_{diff}$ .

Für Einfachglas wird der Transmissionsgrad  $\tau_{dir}$  für direkte Strahlung bei einem Reintransmissionsgrad von  $\tau_i = 1$  berechnet zu:

glasses, but normally there are no details regarding the three shares of diffuse radiation.

Regarding the influence of the number of glass panels on the  $kor_g$  value, a differentiation according to three cases is made:

- one glass panel
- two glass panels
- three and more glass panels

The calculation of the correction value  $kor_g$  (as well as  $kor_{\tau_c}$ ) is implemented according to the calculation procedure of *Aydinli* [1; 3].

**Note:** The value  $\tau_c$  is the energetic degree of transmission for the glazing. Within the framework of VDI 6007 Part 2 this value is differentiated into  $\tau_{e,v}$  for the visible area and into  $\tau_{e,nv}$  for the invisible area of the solar spectrum. The  $\tau_{e,v}$  value must not be confused with the degree of light transmission (translucence)  $T_L$  – in VDI 6007 Part 2, DIN EN 13363-2, etc. also called  $\tau_v$ . Regarding the degree of light transmission  $T_L$ , the permeability of the glazing is evaluated with the spectral sensitivity of the human eye. The degree of light transmission  $T_L$  is required when evaluating the brightness within a room – see Section 11.

The reference variable for determining all four  $kor_g$  values is the value  $g_{dir,0}$  (vertical parallel radiation incidence on clear glass), as it is also applicable as boundary condition for the  $g$  and  $g_{tot}$  value according to VDI 6007 Part 2 and relevant standards, DIN EN 410, etc.:

*one glass panel*

$$\begin{aligned} g_{dir,0}(1) &= 0,8544 \\ \tau_{e,dir,0}(1) &= 0,8326 \end{aligned} \quad (59)$$

*two glass panels*

$$\begin{aligned} g_{dir,0}(2) &= 0,7537 \\ \tau_{e,dir,0}(2) &= 0,6972 \end{aligned} \quad (60)$$

*three and more glass panels*

$$\begin{aligned} g_{dir,0}(3) &= 0,6714 \\ \tau_{e,dir,0}(3) &= 0,5861 \end{aligned} \quad (61)$$

**Note:** The reference variable  $\tau_{e,dir,0}()$  for determining all four  $kor_{\tau_c}$  values is required for determining the threshold of irradiation regarding the processes of activating and deactivating the artificial illumination according to Section 11.

The variables  $g_{dir,0}()$  and  $\tau_{e,dir,0}()$  can also be calculated according to Equation (62) and Equation (66) to Equation (77) for **direct** radiation at  $\zeta = 0$ .

The degree of transmission  $\tau$  is differentiated for direct (parallel) solar irradiation  $\tau_{dir}$  and diffuse (scattered) solar irradiation  $\tau_{diff}$ .

Regarding single-panel glass, the degree of transmission  $\tau_{dir}$  is calculated as follows for direct radiation with a pure degree of transmission of  $\tau_i = 1$ :

Transmissionsgrad für Einfach-Klarglas:

$$\tau_1 = \tau \cdot \tau_i \quad (68)$$

mit  $\tau$  sowie  $\tau_i$ :

alternativ:  $\tau_{\text{dir}}$  nach Gleichung (62) sowie  $\tau_{i,\text{dir}}$  nach Gleichung (66) oder

$\tau_{\text{diff,klar}}$  nach Gleichung (63) sowie  $\tau_{i,\text{diff}}$  nach Gleichung (67) oder

$\tau_{\text{diff,bed}}$  nach Gleichung (64) sowie  $\tau_{i,\text{diff}}$  nach Gleichung (67) oder

$\tau_{\text{Umg}}$  nach Gleichung (65) sowie  $\tau_{i,\text{diff}}$  nach Gleichung (67)

Reflexionsgrad für Einfach-Klarglas:

$$\rho_1 = \rho_{11} + \left( \frac{((1 - \rho_{11}) \cdot \tau_i)^2 \cdot \rho_{11}}{1 - (\rho_{11} \cdot \tau_i)^2} \right) \quad (69)$$

mit

$$\rho_{T1} = 1 - \tau$$

$$\rho_{11} = \rho_{T1} / (2 - \rho_{T1})$$

Absorptionsgrad für Einfach-Klarglas:

$$a_1 = 1 - \tau_1 - \rho_1 \quad (70)$$

Man erhält damit nun die Korrekturwerte  $kor_g$  und  $kor_{\tau_e}$  für ein, zwei und mehr Scheiben.

Die Unterscheidung nach Strahlungsart von  $kor_g$  in  $kor_{g,\text{dir}}$ ,  $kor_{g,\text{diff,bed}}$ ,  $kor_{g,\text{diff,klar}}$  und  $kor_{g,\text{diff,Umg}}$  erfolgt durch Einsetzen des entsprechenden Werts für  $\tau_e$ , nämlich  $\tau_{e,\text{dir}}$ ,  $\tau_{e,\text{diff,klar}}$  und  $\tau_{e,\text{diff,Umg}}$ . Entsprechend ist bei der Berechnung von  $kor_{\tau_e}$  zu verfahren, das heißt berechnet wird jeweils  $kor_{\tau_{e,\text{dir}}}$ ,  $kor_{\tau_{e,\text{diff,bed}}}$ ,  $kor_{\tau_{e,\text{diff,klar}}}$  und  $kor_{\tau_{e,\text{diff,Umg}}}$ .

**$kor_g$  und  $kor_{\tau_e}$  für Einfach-Klarglas**

$$kor_g = (\tau_1 + Q_{\text{sek},1}) / g_{\text{dir},0}(1) \quad (71)$$

und

$$kor_{\tau_e} = \tau_1 / \tau_{e,\text{dir},0}(1) \quad (72)$$

mit

$$Q_{\text{sek},1} = a_1 \cdot (7,7 / (7,7 + 25)) \quad (73)$$

**$kor_g$  und  $kor_{\tau_e}$  für Zweifach-Klarglas**

$$kor_g = (\tau_2 + Q_{\text{sek},2}) / g_{\text{dir},0}(2) \quad (74)$$

und

$$kor_{\tau_e} = \tau_2 / \tau_{e,\text{dir},0}(2) \quad (75)$$

mit

$$Q_{\text{sek},2} = Q_{21} + Q_{22}$$

$$Q_{21} = a_1 \cdot (1 + (\tau_1 \cdot \rho_1 / X_{N2})) \cdot U / 25$$

$$Q_{22} = a_1 \cdot (\tau_1 / X_{N2}) \cdot (1 - U / 7,7)$$

Degree of transmission for single-panel clear glass:

$$\tau_1 = \tau \cdot \tau_i \quad (68)$$

with  $\tau$  and  $\tau_i$ :

alternatively:  $\tau_{\text{dir}}$  according to Equation (62) and  $\tau_{i,\text{dir}}$  according to Equation (66) or

$\tau_{\text{diff,klar}}$  according to Equation (63) and  $\tau_{i,\text{diff}}$  according to Equation (67) or

$\tau_{\text{diff,bed}}$  according to Equation (64) and  $\tau_{i,\text{diff}}$  according to Equation (67) or

$\tau_{\text{Umg}}$  according to Equation (65) and  $\tau_{i,\text{diff}}$  according to Equation (67)

Degree of reflexion for single-panel clear glass:

$$\rho_1 = \rho_{11} + \left( \frac{((1 - \rho_{11}) \cdot \tau_i)^2 \cdot \rho_{11}}{1 - (\rho_{11} \cdot \tau_i)^2} \right) \quad (69)$$

with

$$\rho_{T1} = 1 - \tau$$

$$\rho_{11} = \rho_{T1} / (2 - \rho_{T1})$$

Degree of absorption for single-panel clear glass:

$$a_1 = 1 - \tau_1 - \rho_1 \quad (70)$$

On the basis of the aforementioned you now have the correction values  $kor_g$  and  $kor_{\tau_e}$  for one, two, and more glass panels.

The differentiation of  $kor_g$  by radiation type in  $kor_{g,\text{dir}}$ ,  $kor_{g,\text{diff,bed}}$ ,  $kor_{g,\text{diff,klar}}$  and  $kor_{g,\text{diff,Umg}}$  takes place by substituting the appropriate value for  $\tau_e$ , i.e.  $\tau_{e,\text{dir}}$ ,  $\tau_{e,\text{diff,klar}}$  and  $\tau_{e,\text{diff,Umg}}$ . The same approach should be taken when calculating  $kor_{\tau_e}$ , i.e.  $kor_{\tau_{e,\text{dir}}}$ ,  $kor_{\tau_{e,\text{diff,bed}}}$ ,  $kor_{\tau_{e,\text{diff,klar}}}$  and  $kor_{\tau_{e,\text{diff,Umg}}}$  are calculated as relevant.

**Text ergänzen:**

$$\text{mit } g_{\text{dir},0}(1) = \tau_{\text{sek},1} + Q_{\text{sek},1} \text{ für } \xi = 0 \quad (71)$$

and

$$kor_{\tau_e} = \tau_1 / \tau_{e,\text{dir},0}(1) \quad (72)$$

with

$$Q_{\text{sek},1} = a_1 \cdot (7,7 / (7,7 + 25)) \quad (73)$$

**Text ergänzen:**

$$\text{mit } g_{\text{dir},0}(2) = \tau_2 + Q_{\text{sek},2} \text{ für } \xi = 0 \quad (74)$$

and

$$kor_{\tau_e} = \tau_2 / \tau_{e,\text{dir},0}(2) \quad (75)$$

with

$$Q_{\text{sek},2} = Q_{21} + Q_{22}$$

$$Q_{21} = a_1 \cdot (1 + (\tau_1 \cdot \rho_1 / X_{N2})) \cdot U / 25$$

$$Q_{22} = a_1 \cdot (\tau_1 / X_{N2}) \cdot (1 - U / 7,7)$$

**glass**

**ISS**

$$\tau_2 = \tau_1^2 / X_{N2}$$

$$X_{N2} = 1 - \rho_1^2$$

wenn  $X_{N2} = 0$ , dann  $X_{N2} = 10^{-20}$

Dabei ist

$U$  Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters

**$kor_g$  und  $kor_{\tau_e}$  für Dreifach-Klarglas oder mehr Scheiben**

$$kor_g = (\tau_3 + Q_{sek,3}) / g_{dir,0} \quad (3) \quad (76)$$

und

$$kor_{\tau_e} = \tau_3 / \tau_{e,dir,0} \quad (3) \quad (77)$$

mit

$$Q_{sek,3} = Q_{31} + Q_{32} + Q_{33}$$

$$Q_{31} = a_1 \cdot \left( 1 + \left( \tau_1 \cdot \rho_1 \cdot (X_{N2} + \tau_1^2) \right) \right) / X_{N3} \cdot U / 25$$

$$Q_{32} = a_1 \cdot \left( \tau_1 \cdot (X_{N2} + \tau_1 \cdot \rho_1) / X_{N3} \right) \cdot 0,5 \cdot (1 - U / 7,7 + U / 25)$$

$$Q_{33} = a_1 \cdot \left( \tau_1^2 / X_{N3} \right) \cdot (1 - U / 7,7)$$

$$X_{N3} = X_{N2}^2 - (\tau_1 \cdot \rho_1)^2$$

wenn  $X_{N3} = 0$ , dann  $X_{N3} = 10^{-20}$

$$\tau_3 = \tau_1^3 / X_{N3}$$

Dabei ist

$U$  Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters

## 8.2 Rückwirkung eines außen liegenden Sonnenschutzes auf $kor_g$ und $kor_{\tau_e}$

Bei einem geschlossenen außen liegenden beweglichen Sonnenschutz wird die direkte (parallele) Sonneneinstrahlung voll ausgeblendet. Es fällt nur noch diffuse und gestreute Sonneneinstrahlung auf die Verglasung. Daher wird für den Fall „geschlossener außen liegender beweglicher Sonnenschutz“ für alle vier Strahlungsarten  $kor_{g,diff,bed}$  verwendet.

Es gilt damit:

$$kor_{g,*} = kor_{g,diff,bed} \quad (78)$$

Entsprechendes gilt für  $kor_{\tau_e}$ :

$$kor_{\tau_e,*} = kor_{\tau_e,diff,bed} \quad (79)$$

Bei innen liegendem (und auch bei zwischen den Scheiben liegendem) beweglichem Sonnenschutz sind auch im Fall des geschlossenen Sonnenschutzes die  $kor_g$ -Werte (und entsprechend auch die  $kor_{\tau_e}$ -Werte) nach Gleichung (62) bis Gleichung (77) zu verwenden.

$$\tau_2 = \tau_1^2 / X_{N2}$$

$$X_{N2} = 1 - \rho_1^2$$

if  $X_{N2} = 0$ , then  $X_{N2} = 10^{-20}$

where

$U$  heat transfer coefficient of the window

**Text ergänzen: s or**

**Text ergänzen:**  
mit  $g_{dir,0} \quad (3) = \tau_3 + Q_{sek,3}$  für  $\zeta = 0$

$$(76)$$

and

$$kor_{\tau_e} = \tau_3 / \tau_{e,dir,0} \quad (3) \quad (77)$$

with

$$Q_{sek,3} = Q_{31} + Q_{32} + Q_{33}$$

$$Q_{31} = a_1 \cdot \left( 1 + \left( \tau_1 \cdot \rho_1 \cdot (X_{N2} + \tau_1^2) \right) \right) / X_{N3} \cdot U / 25$$

$$Q_{32} = a_1 \cdot \left( \tau_1 \cdot (X_{N2} + \tau_1 \cdot \rho_1) / X_{N3} \right) \cdot 0,5 \cdot (1 - U / 7,7 + U / 25)$$

$$Q_{33} = a_1 \cdot \left( \tau_1^2 / X_{N3} \right) \cdot (1 - U / 7,7)$$

$$X_{N3} = X_{N2}^2 - (\tau_1 \cdot \rho_1)^2$$

if  $X_{N3} = 0$ , then  $X_{N3} = 10^{-20}$

$$\tau_3 = \tau_1^3 / X_{N3}$$

where

$U$  heat transfer coefficient of the window

## 8.2 Repercussion of external solar protection on $kor_g$ and $kor_{\tau_e}$

For a closed external moving solar protection the direct (parallel) solar irradiation is dismissed completely. Only diffuse and scattered solar irradiation impinges on the glazing. Therefore,  $kor_{g,diff,bed}$  is used for the case “closed external moving solar protection” for all four types of radiation.

Therefore, the following is applicable:

$$kor_{g,*} = kor_{g,diff,bed} \quad (78)$$

The corresponding is applicable to  $kor_{\tau_e}$ :

$$kor_{\tau_e,*} = kor_{\tau_e,diff,bed} \quad (79)$$

Regarding internal moving solar protection (and also regarding solar protection between the glass panels) the  $kor_g$  values (and correspondingly the  $kor_{\tau_e}$  values as well) according to Equation (62) to Equation (77) must also be used in the case of closed solar protection.



Anmerkung: In der VDI 6007 Blatt 1 werden  $A$  und  $E$  als  $E_A$  und  $E_E$  bezeichnet.

Die langwellige Einstrahlung  $A$  beträgt für den wolkenlosen klaren Himmel:

$$A(SSW = 1) = 9,9 \cdot 5,671 \cdot 10^{-14} \cdot (273,15 + \vartheta_a)^6 \quad \text{in W/m}^2 \quad (84)$$

und für gemischt bewölkten und für vollständig bedeckten Himmel:

$$A(SSW) = A(SSW = 1) \cdot \left[ 1 + \left( \alpha_L + (1 - (1 - SSW)/3) \cdot \alpha_M + (1 - (1 - SSW)/3)^2 \cdot \alpha_H \right) \cdot ((1 - SSW)/3)^{2,5} \right] \quad \text{in W/m}^2 \quad (85)$$

mit

$$\alpha_L = 2,30 - 7,37 \cdot 10^{-3} \cdot (273,15 + \vartheta_a) \quad (86)$$

$$\alpha_M = 2,48 - 8,23 \cdot 10^{-3} \cdot (273,15 + \vartheta_a) \quad (87)$$

$$\alpha_H = 2,89 - 1,00 \cdot 10^{-2} \cdot (273,15 + \vartheta_a) \quad (88)$$

Die langwellige Ausstrahlung der Erdoberfläche  $E$  inklusive der langwelligen Reflexionsstrahlung der Atmosphäre beträgt:

$$E = - \left[ 0,93 \cdot 5,671 \cdot 10^{-8} \cdot (273,15 + \vartheta_a)^4 + (1 - 0,93) \cdot A(SSW) \right] \quad \text{in W/m}^2 \quad (89)$$

## 11 Ermittlung der Grenzwerte der Einstrahlung für das Ein- und Ausschalten der Beleuchtung

Die Anforderungen an die Helligkeit am Arbeitsplatz ergeben sich nach DIN 5035 bzw. aus speziellen Anforderungen an den Arbeitsplatz. Auf der Basis der lichttechnischen Berechnung<sup>1)</sup> können die Nennbelastungen durch Beleuchtung ermittelt werden. Im Vorplanungsstadium können Erfahrungswerte (Mittelwerte in W/m<sup>2</sup>) verwendet werden.

Mittels Berechnung des Tageslichtquotienten<sup>2)</sup> nach DIN 5034 und dem in Folgenden angegebenen Verfahren sind die Zeitpunkte für das Ein- bzw. Ausschalten der künstlichen Beleuchtung zu berechnen.

Das im Folgenden beschriebene Berechnungsverfahren entspricht den Vorgaben für die Anforderungen an die Tageslichtsimulation nach Richtlinie VDI 6020.

Die Wärmebelastung durch Beleuchtung hat einen erheblichen Einfluss auf die Kühllast bzw. Raumtemperatur und ist für die Auslegungsberechnung zu berücksichtigen. Eine Vereinbarung mit dem Auftraggeber über einen Tagesgang der Beleuch-

Note: VDI 6007 Part 1 denotes  $A$  and  $E$  by  $E_A$  and  $E_E$ .

The long-wave irradiation  $A$  is the following for cloudless clear skies:

$$A(SSW = 1) = 9,9 \cdot 5,671 \cdot 10^{-14} \cdot (273,15 + \vartheta_a)^6 \quad \text{in W/m}^2 \quad (84)$$

and for the skies with mixed clouds and for completely overcast skies:

$$A(SSW) = A(SSW = 1) \cdot \left[ 1 + \left( \alpha_L + (1 - (1 - SSW)/3) \cdot \alpha_M + (1 - (1 - SSW)/3)^2 \cdot \alpha_H \right) \cdot ((1 - SSW)/3)^{2,5} \right] \quad \text{in W/m}^2 \quad (85)$$

with

$$\alpha_L = 2,30 - 7,37 \cdot 10^{-3} \cdot (273,15 + \vartheta_a) \quad (86)$$

$$\alpha_M = 2,48 - 8,23 \cdot 10^{-3} \cdot (273,15 + \vartheta_a) \quad (87)$$

$$\alpha_H = 2,89 - 1,00 \cdot 10^{-2} \cdot (273,15 + \vartheta_a) \quad (88)$$

The long-wave radiation emitted by the earth's surface  $E$  including the long-wave reflected radiation of the atmosphere is:

$$E = - \left[ 0,93 \cdot 5,671 \cdot 10^{-8} \cdot (273,15 + \vartheta_a)^4 + (1 - 0,93) \cdot A(SSW) \right] \quad \text{in W/m}^2 \quad (89)$$

## 11 Determination of the thresholds for irradiation regarding activation and deactivation of the illumination

The requirements for brightness at the workplace result from DIN 5035 or from specific requirements for the workplace. On the basis of the light-related calculation<sup>1)</sup> the nominal loads due to illumination can be determined. In the preliminary planning stage empirical values (average values in W/m<sup>2</sup>) can be used.

By means of calculating the daylight quotient<sup>2)</sup> according to DIN 5034 and the procedure specified in the following, the times for activating and deactivating the artificial illumination can be calculated.

The calculation procedure described in the following corresponds to the specifications for the requirements regarding the daylight simulation according to standard VDI 6020.

The thermal load on the basis of illumination has significant influence on the cooling load or the room temperature and must be taken into consideration for the design calculation. Concluding an agreement with the customer regarding the daily course

<sup>1)</sup> Liegen keine Berechnungen vor, können auch die Mindestbeleuchtungsstärken nach DIN V 18599-10 verwendet werden. / If there are no calculations, it is also possible to use the minimum illuminance according to DIN V 18599-10.

<sup>2)</sup> Eine Berechnung nach DIN V 18599-4 ist für Standardfälle in der Regel ausreichend. / Calculation according to DIN V 18599-4 is normally sufficient for standard cases.

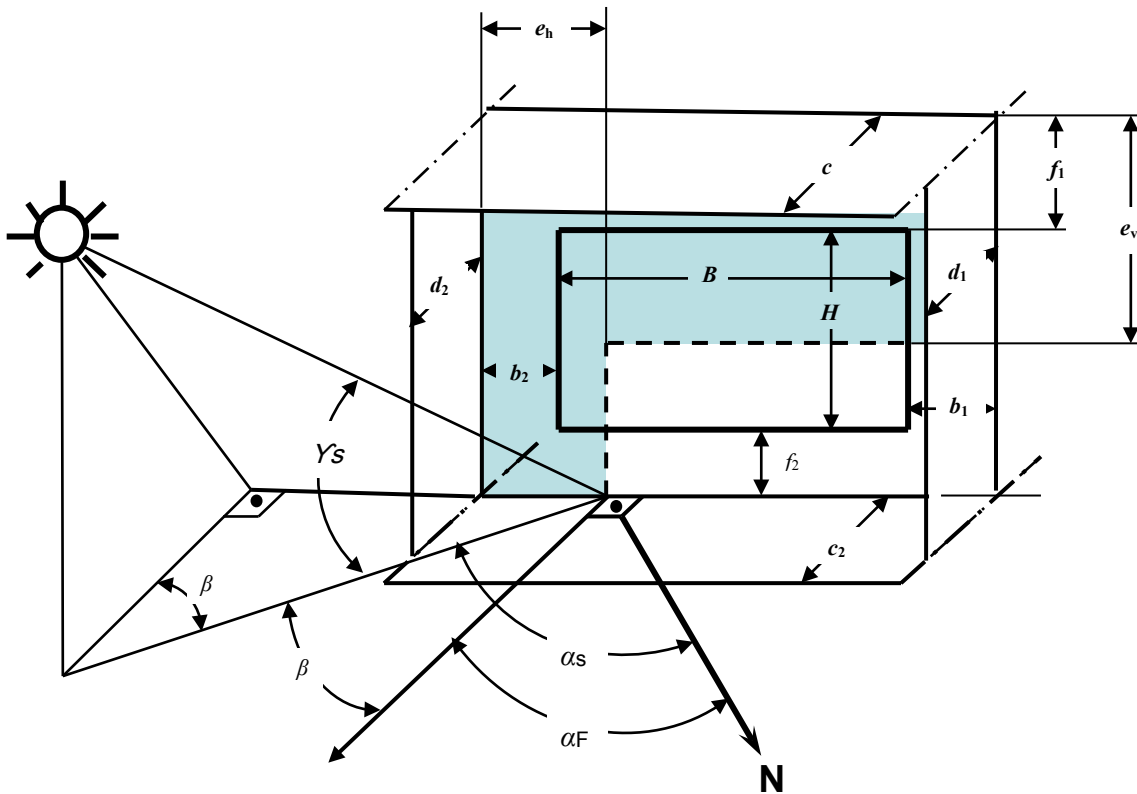


Bild 1. Geometriedaten bei Eigenbeschattung

Figure 1. Geometry data for self-shadowing

Da die Abstände  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $f_1$  und  $f_2$  sowohl positiv (Regelfall) als auch negativ (z.B. Balkonbrüstung) sein können, ist bei der Beschattung immer eine Abfrage für beide Seiten der Beschattung erforderlich.

As the distances  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $f_1$ , and  $f_2$  may be both positive (normally) and negative (e.g. balcony parapet), both sides of the shadowing must always be queried regarding the shadowing.

**Horizontale Beschattung**

**Horizontal shadowing**

Wenn  $e_{h,N} \geq 0$ , dann Beschattung von links (Vorsprung  $d_1$ ):

$$s_h = e_{h,N} \cdot d_1 - b_1 \tag{108}$$

If  $e_{h,N} \geq 0$ , then shadowing from the left side (projection  $d_1$ ):

$$s_h = e_{h,N} \cdot d_1 - b_1 \tag{108}$$

wenn  $s_h < 0$ , dann  $s_h = 0$

if  $s_h < 0$ , then  $s_h = 0$

wenn  $e_{h,N} \cdot d_2 + b_2 < 0$ , dann  $s_h = s_h - e_{h,N} \cdot d_2 - b_2$

if  $e_{h,N} \cdot d_2 + b_2 < 0$ , then  $s_h = s_h - e_{h,N} \cdot d_2 - b_2$

sonst Beschattung von rechts (Vorsprung  $d_2$ ):

otherwise shadowing from the right (projection  $d_2$ ):

$$s_h = -e_{h,N} \cdot d_2 - b_2 \tag{109}$$

$$s_h = -e_{h,N} \cdot d_2 - b_2 \tag{109}$$

wenn  $s_h < 0$ , dann  $s_h = 0$

if  $s_h < 0$ , then  $s_h = 0$

wenn  $-e_{h,N} \cdot d_1 + b_1 < 0$ , dann  $s_h = s_h + e_{h,N} \cdot d_1 - b_1$

if  $-e_{h,N} \cdot d_1 + b_1 < 0$ , then  $s_h = s_h + e_{h,N} \cdot d_1 - b_1$

**Vertikale Beschattung**

**Vertical shadowing**

Wenn  $e_{v,N} \geq 0$ , dann Beschattung von oben:

If  $e_{v,N} \geq 0$ , then shading from above:

$$s_v = e_{v,N} \cdot c_1 - f_1 \quad e_{v,N} \tag{110}$$

$$s_v = e_{v,N} \cdot c_1 - f_1 \tag{110}$$

wenn  $s_v < 0$ , dann  $s_v = 0$

if  $s_v < 0$ , then  $s_v = 0$

wenn  $e_{v,N} \cdot c_2 + f_2 < 0$ , dann  $s_v = s_v - e_{h,N} \cdot c_2 - f_2$

if  $e_{v,N} \cdot c_2 + f_2 < 0$ , then  $s_v = s_v - e_{h,N} \cdot c_2 - f_2$

sonst Beschattung von unten:  $- e_{v,N}$

otherwise shadowing from below

$$s_v = e_{v,N} \cdot c_2 - f_2 \quad + e_{v,N} \tag{111}$$

$$s_v = e_{v,N} \cdot c_2 - f_2 \tag{111}$$

wenn  $s_v < 0$ , dann  $s_v = 0$

if  $s_v < 0$ , then  $s_v = 0$

wenn  $-e_{v,N} \cdot c_1 + f_1 < 0$ , dann  $s_v = s_v - e_{v,N} \cdot c_1 - f_1$

if  $-e_{v,N} \cdot c_1 + f_1 < 0$ , then  $s_v = s_v - e_{v,N} \cdot c_1 - f_1$

Fläche  $A_S$ , die von der direkten Sonneneinstrahlung bestrahlt wird:

Surface area  $A_S$  that is exposed to direct solar irradiation: