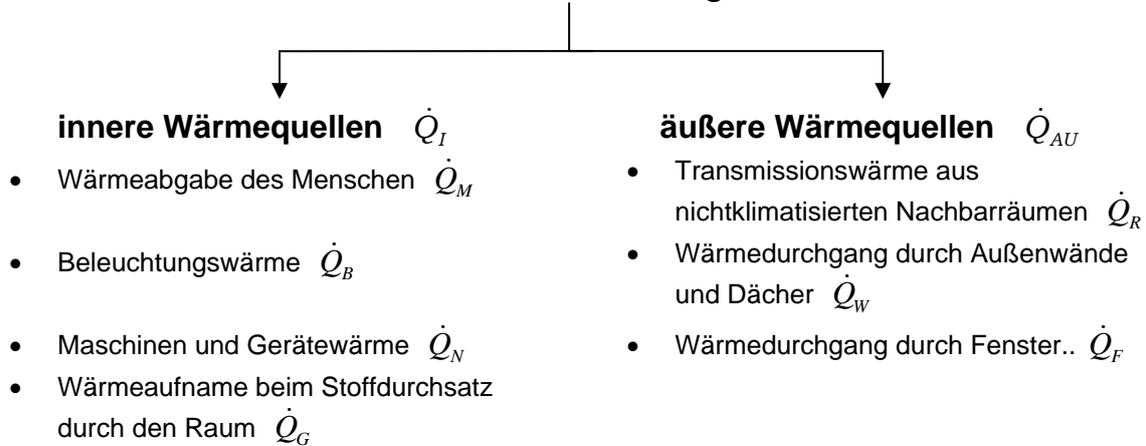


## Kühllastberechnung nach VDI 2078

### Kühllastberechnung



Gesamte trockene Kühllast  $\dot{Q}_{Ktr} = \underbrace{\dot{Q}_M + \dot{Q}_B + \dot{Q}_N + \dot{Q}_G}_{\text{innere-Kühllast}} + \underbrace{\dot{Q}_R + \dot{Q}_W + \dot{Q}_F}_{\text{äußere-Kühllast}}$

### Die Wärmeabgabe des Menschen $\rightarrow Q_M$ in kW

$$\dot{Q}_M = \dot{Q}_{Mtr} \cdot \text{Personen} \quad (\dot{Q}_{Mtr} \text{ aus Tabelle 1.})$$

*Tabelle 1. Wärmeabgabe des menschlichen Körpers in Watt je Person*

Aktivitätsgrad	Raumlufthemperatur In °C	18	20	22	23	24	25	26
physisch nicht tätig	$\dot{Q}_{Mtr}$	100	95	90	85	75	75	70
	$\dot{Q}_{Mf}$	25	25	30	35	40	40	45
	$\dot{Q}_{Mges}$	125	120	120	120	115	115	115
mittelschwere Arbeit	$\dot{Q}_{Mges}$	270	270	270	270	270	270	270
	$\dot{Q}_{Mtr}$	155	140	120	115	110	105	95

### Die Beleuchtungswärme $\rightarrow \dot{Q}_B$ in kW

$$\dot{Q}_B = P \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot S_B$$

P = gesamte elektrische Anschlussleistung aller Leuchten einschließlich Verlustleistungen

**Beispiel:** P : Spezifische Anschlussleistung P = 80 W/m<sup>2</sup> Raumfläche, Raumfläche A= 100 m<sup>2</sup>.

Rechnung: P = 80W / m<sup>2</sup> · 100m<sup>2</sup> = 8000W = 8kW

L<sub>1</sub> = Gleichzeitigkeitsfaktor

## Kühllastberechnung nach VDI 2078

**Beispiel**  $L_1$ : Raumfläche 100 m<sup>2</sup>, davon werden 80 m<sup>2</sup> beleuchtet, die restlichen 20% werden durch Tageslicht beleuchtet.

Rechnung:  $L_1 = \frac{80\text{m}^2}{100\text{m}^2} = 0,8$

### **Der Restwärmefaktor $L_2$**

$L_2$  = Restwärmefaktor, er gibt die tatsächlichen Wärmeabgabe der verschiedenen Leuchten an Tab.2

**Tabelle 2. Anhaltswerte für den Restwärmefaktor  $L_2$**

Absaugung	Leuchte	Luftdurchsatz je 100 W Anschlussleistung in $\frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot 100\text{W}}$			
		20	30	50	100
über Decken- hohlraum	durchlüftet	0,50	0,45	0,40	0,35
	umlüftet	0,65	0,60	0,55	0,45
durch nicht Isolierte Kanäle	durchlüftet	0,45	0,40	0,35	0,30
	umlüftet	0,60	0,55	0,50	0,40
durch isolierte Kanäle	durchlüftet	0,40	0,35	0,30	0,25
	umlüftet	0,55	0,50	0,45	0,40

**Beispiel:** Eingebaut werden werden umlüftete Abluftleuchten mit einem Luftdurchsatz von  $50\text{m}^3 / (\text{h} \cdot 100\text{W})$ . Absaugung durch isolierte Kanäle. Aus Tabelle 2. entnehmen wir:  $L_2 = 0,45$

### **Der Speicherfaktor $S_B$**

**Tabelle 3. Speicherfaktor  $S_B$  für Beleuchtungswärme**

Gebäudetyp	Leuchten- anordnung	Zeitraum nach Einschalten der Beleuchtung in h				nach Ausschalten der Beleuchtung in h		
<b>Unbelüftete Leuchten</b>								
Bauart I (wenig speichernd)	frei hängend	<b>bis 2</b> 0,8	<b>2 bis 8</b>	<b>&gt; 8</b>		<b>bis 2</b> 0,1	<b>2 bis 6</b> 0	<b>&gt;6</b> 0
	in Decke ein- oder angebaut	0,75	0,9	1,0		0,2		0
Bauart II (stärker speichernd)	frei hängend	<b>bis 2</b> 0,85	<b>2 bis 8</b> 0,9	<b>8 bis 16</b> 0,95	<b>&gt; 16</b>	<b>bis 6</b> 0,1	<b>&gt; 6</b> 0	
	in Decke ein- oder angebaut	0,7	0,8	0,9	1,0	0,15	0,1	
<b>Abluftleuchten</b>		<b>bis 2</b> 0,6	<b>2 bis 8</b> 0,75	<b>8 bis 16</b> 0,9	<b>&gt; 16</b> 1,0	<b>bis 6</b> 0,15	<b>&gt; 6</b> 0,1	

$S_B$  = Speicherfaktor. Er berücksichtigt, daß die Leuchten nicht 24 Stunden am Tag eingeschaltet sind. Denn nach Einschalten der Beleuchtung wird die Leuchtenwärme zunächst in den Wänden, Decken, Fußböden und Einrichtungsgegenständen gespeichert, bevor sie an die Raumluft übergeht und als Kühllast wirksam wird.

Bei 20 h je Tag beträgt  $S_B$  für jede Stunde = 1. Bei Leuchten mit reiner Zuluftkühlung ist  $S_B = 1$ .

## Kühllastberechnung nach VDI 2078

**Beispiel:** In einem Gebäude Bauart I (wenig speichernd) sind unbelüftete Leuchten freihängend montiert. 4 Stunden nach dem einschalten ergibt sich ein Restwärmefaktor  $S_B = 0,9$ .

In einem  $200 \text{ m}^2$  großen Zeichensaal beträgt die Anschlußleistung für die Beleuchtung  $50 \text{ W/m}^2$ . Vorgesehen sind durchlüftete Abluftleuchten, die an nicht isolierte Kanäle angeschlossen werden. Luftdurchsatz  $50 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot 100 \text{ W})$ .  $50 \text{ m}^2$  des Saales erhellt das Tageslicht ausreichend. Die maximale Kühllast tritt 7 Stunden nach einschalten der Beleuchtung auf. Wie groß ist die Beleuchtungswärme in kW zur Zeit der maximalen Kühllast?

Geg.:  $P = p \cdot A = 50 \text{ W/m}^2 \cdot 200 \text{ m}^2 = 10000 \text{ W} = 10 \text{ kW}$

$$L_1 = \frac{150 \text{ m}^2}{200 \text{ m}^2} = 0,75, L_2 = 0,35, S_B = 0,75$$

Ges.:  $\dot{Q}_B$  in kW.

$$\dot{Q}_B = P \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot S_B = 10 \text{ kW} \cdot 0,75 \cdot 0,35 \cdot 0,75 = 1,97 \text{ kW}$$

### **Maschinen- und Gerätewärme $\dot{Q}_N$**

Hier ist der gesamte Wärmestrom zu berücksichtigen, den Maschinen, Geräte und Apparate umsetzen. Bei elektrischen Einrichtungen sind die Anschlussleistung, der Belastungs- und der Gleichzeitigkeitsfaktor vom Betrieb bzw. Bauherrn zu erfragen.

$$\dot{Q}_N = \sum \left( \frac{P \cdot a_1 \cdot a_2}{\eta} \right)$$

$P$  = Nennleistung der Maschine

$\eta$  = Wirkungsgrad des Antriebsmotors Tabelle 4.

$a_1$  = Belastungsfaktor der Maschine, zu schätzen oder zu erfragen

$a_2$  = Gleichzeitigkeitsfaktor. Da meist mehrere Maschinen im Raum aufgestellt sind, berücksichtigt er den Leistungsanteil der im Mittel eingeschalteten Maschinen.

**Tabelle 4. Wirkungsgrad  $\eta$  für Drehstrom-Asynchronmotoren**

Nennleistung in kW	$\eta$ für Motoren mit Kurzschlussläufer in %	Schleifringläufer in %
0,2	63	-
0,5	70	-
0,8	73	-
1,1	77	-
1,5	79	77
2,2	80	80
3,0	81	82
5,5	85	85
7,5	86	87
15,0	89	89
22,0	91	90
40,0	92	91

**Wärmeaufnahme beim Stoffdurchsatz durch den Raum  $\dot{Q}_G$**

Werden höher temperierte Materialien (z.B. Werkstücke aus der Härterei) in einen klimatisierten Raum gebracht, geben sie dort Wärme ab und erhöhen die Kühllast. Im umgekehrten Fall können gekühlte Teile die Kühllast verringern. Der abgegebene Wärmestrom ergibt sich aus der bekannten Gleichung

$$\dot{Q}_G = \dot{m} \cdot c \cdot (t_E - t_A)$$

- $\dot{m}$  = Masse des Stoffes je Zeit, die in den Raum gebracht oder aus ihm entfernt wird
- $c$  = spezifische Wärmekapazität in Wh/(kg x K) → Tabellenbuch S.77
- $t_E, t_A$  = Eintritts- bzw. Austrittstemperatur

**Beispiel:** Ein Prüflabor erhält stündlich 200 kg Stahlteile (90°). Sie kühlen auf Raumtemperatur (26°) ab. Welchen Wärmestrom in kW geben die Stahlteile an den Raum ab?

Geg.:  $\dot{m} = 200 \text{ kg/h}, c = 0.128 \text{ Wh/(kg} \cdot \text{K)}, t_E = 90^\circ\text{C}, t_A = 26^\circ\text{C}$

Ges.:  $\dot{Q}_G$  in kW

**Rechnung:**  $\dot{Q}_G = \dot{m} \cdot c \cdot (t_E - t_A) = 200 \text{ kg/h} \cdot 0.128 \frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (90^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C}) = 1638 \text{ W}$

$\dot{Q}_G = 1638 \text{ W}$

**Transmissionswärmeströme aus nicht klimatisierten Nachbarräumen  $\dot{Q}_R$  in W**

Die sind Wärmeströme, die durch die inneren Raumschließungsflächen in den Raum ein- oder aus ihm heraus fließen. Der Wärmestrom durch die inneren Raumfassungen wird nach DIN 4701 bestimmt mit der Formel

$$\dot{Q}_R = A \cdot U \cdot (t_u - t_i)$$

- $t_u$  = Temperatur in den Nachbarräumen oder das Erdreich (Tabelle 5)
- $U$  = Wärmedurchgangszahlen in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  nach DIN 4708 T4 und DIN 4701 (Tabellenwert)
- $t_i$  = Raumtemperatur in °C
- $A$  = Raumfläche in  $\text{m}^2$

**Tabelle 5. Temperaturen nicht klimatisierter Nachbarräume**

Bauteil	$t_u$ in °C
Nicht ausgebaute Dachräume	40 bis 50
ausgebaute Dachräume	35
andere Nachbarräume	30
Kellerräume ohne Wärmequelle, Erdreich	20
Raum zwischen Schau- und Innenfenster	35 bis 45

## Kühllastberechnung nach VDI 2078

**Beispiel:** Ein zu klimatisierendes Labor mit  $t_i = 25^\circ\text{C}$  hat eine Fußbodenfläche von  $50 \text{ m}^2$ , die ans Erdreich grenzt und eine Innenwand von  $72 \text{ m}^2$ , die an einen nicht klimatisierten Raum grenzt.  $U_{FB} = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ ;  $U_{IW} = 0,98 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$

Welcher Wärmestrom in W gelangt durch die inneren Raumschließungsflächen in das Labor und trägt zur Kühllast bei?

Geg.:  $A_{FB} = 50 \text{ m}^2$ ,  $U_{FB} = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ ,  $t_{uFB} = 20^\circ\text{C}$  (Tab.5),  $A_{IW} = 72 \text{ m}^2$ ,  
 $U_{IW} = 0,98 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ ,  $t_{uIW} = 30^\circ\text{C}$  (Tab.5)

Ges.:  $\dot{Q}_R$  in W

**Rechnung:**  $\dot{Q}_{RFB} = A \cdot U \cdot (t_u - t_i) = 50 \text{ m}^2 \cdot 0,65 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{k}} \cdot (20^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$

$$\dot{Q}_{RFB} = (-)162,5 \text{ W} \text{ (aus dem Raum fließt Wärme ab)}$$

$$\dot{Q}_{RIW} = A \cdot U \cdot (t_u - t_i) = 72 \text{ m}^2 \cdot 0,98 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{k}} \cdot (30^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$\dot{Q}_{RIW} = 352,8 \text{ W} \text{ (dem Raum fließt Wärme zu)}$$

$$\dot{Q}_R = \dot{Q}_{RIW} - \dot{Q}_{RFB} = 352,8 \text{ W} - 162,5 \text{ W} = \mathbf{190,3 \text{ W}}$$

### **Wärmedurchgang durch Außenwände und Dächer $\dot{Q}_W$**

Die Berechnung des Wärmestroms durch Außenwände und Dächer wird mit der **äquivalenten Temperaturdifferenz  $\Delta t_{\text{äq}}$**  berechnet.

$$\dot{Q}_W = A \cdot U \cdot \Delta t_{\text{äq}} \text{ in W}$$

A = Fläche in  $\text{m}^2$

U = Wärmedurchgangszahl in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$

$\Delta t_{\text{äq}}$  = äquivalente Temperaturdifferenz in k. Der Tabellenwert Tab.6 auf S.6 gelten für

Raumlufttemperaturen  $t_i = 26^\circ\text{C}$ , mittlere Außenlufttemperatur  $t_{\text{am}} = 24,5^\circ\text{C}$  (Binnenlandklima, Juli, Tab.7 auf S.6) und maximale Außenlufttemperatur  $t_{\text{max}} = 32^\circ\text{C}$ , Großstadttrübung. **Bei Küstenklima ( $t_{\text{am}} = 22^\circ\text{C}$ ) und anderen Raumlufttemperaturen als  $26^\circ\text{C}$  muß nach folgender Formel korrigiert werden**

$$\Delta t_{\text{äq1}} = \Delta t_{\text{äq}} + (t_{\text{am}} - 24,5^\circ\text{C}) + (26^\circ\text{C} - t_i) + a_T \text{ in k.}$$

$a_T$  = Trübungsfaktor Tab.8 S.7

## Kühllastberechnung nach VDI 2078

**Tabelle 6. Äquivalente Temperaturdifferenz  $\Delta t_{\text{äq}}$  in K (Auswahl)**

Bauteil	Orientierung	12	13	14	15	16	...20 Uhr
<b>Wände</b> 30 cm Vollziegel U = 1,66	O	-0,9	-0,2	0,6	1,4	2,1	3,8
	S	-2,8	-2,8	-2,6	-1,9	-1,0	3,1
	W	-1,5	-1,9	-2,1	-2,1	-1,9	1,8
	N	-4,3	-4,4	-4,3	-4,1	-3,8	-1,8
30 cm Vollziegel mit Isolierung U = 1,01	SO	0,2	0,1	0,2	0,4	0,7	2,2
	S	-0,3	-0,6	-0,8	-0,9	-0,8	0,8
	SW	0,8	0,5	0,1	-0,1	-0,2	0,9
	W	1,0	0,6	0,3	0,0	-0,1	0,5
20 cm Beton mit Isolierung U = 1,07	O	0,0	0,8	1,5	2,2	2,7	3,7
	S	-2,4	-2,2	-1,6	-0,8	0,2	3,6
	W	-1,4	-1,6	-1,6	-1,4	-1,0	3,0
	N	-4,1	-4,1	-3,9	-3,6	-3,2	-1,4
30 cm Beton mit Isolierung U = 0,99	SW	0,5	0,2	-1,1	-0,2	-0,22	1,4
	W	0,6	0,3	0,1	-0,1	-0,2	0,9
	NW	-1,2	-1,5	-1,7	-1,7	-1,8	-1,0
	N	-3,1	-3,2	-3,3	-3,3	-3,2	-2,5
<b>Dächer</b> 15 cm Stahlbeton mit Isolierung U = 1,01	Sonne	5,8	7,6	9,5	11,5	13,2	15,5
	diffus	-5,7	-5,3	-4,7	-4,2	-3,6	-2,0
20 cm Stahlbeton mit Isolierung U = 0,99	Sonne	5,6	6,6	7,8	9,1	10,4	13,6
	diffus	-5,4	-5,2	-4,9	-4,6	-4,2	-2,8

**Tabelle 7. Außenlufttemperatur in °C**

Tages- zeit	Binnenlandklima		Küstenklima		
	Juli	Sept.	Juli	Sept.	
$h(t_a)$	Mittel- werte ( $t_{am}$ )	24,5	18,5	22	16,5
12	29,5	22,5	26,7	20,0	
13	30,8	24,2	27,8	21,5	
14	31,6	25,5	28,5	22,9	
15	32,0	26,3	28,9	23,5	
16	31,8	25,9	29,0	23,0	
17	31,3	24,5	28,6	21,3	
18	30,1	22,9	28,0	19,5	
19	28,4	21,0	27,0	18,1	
20	26,5	19,0	25,7	17,0	

**Tabelle 8. Der Trübungsfaktor  $a_T$**

Gebiet	Trübungsfaktor $a_T$
Reine Atmosphäre	+1,5
Industrieatmosphäre	-1,5
Großstadttrübung	$\pm 0$

**Beispiel:** Das Flachdach einer Kantine besteht aus 20 cm Stahlbeton, 3 cm Wärmedämmung 035 und 3 Lagen Bitumenpappe. Die Kantine befindet sich in Bremen (Küstenklima) in Industrieatmosphäre. Die Raumtemperatur soll auf 24°C gehalten werden. Dachfläche

## Kühllastberechnung nach VDI 2078

=520 m<sup>2</sup>. Welcher Wärmestrom in W gelangt um 20 Uhr über das gantztägig von der Sonne beschienene Dach in die Kantine?

Geg.: A = 520 m<sup>2</sup>, U = 0,99 W/(m<sup>2</sup> · k) nach Tab. 6, dort auch  $\Delta t_{\text{äq}} = 13,6 \text{ k}$  (muß korrigiert werden, weil Küstenklima, Industrielatmosphäre und  $t_i = 24 \text{ °C}$ ):

$$\Delta t_{\text{äq1}} = \Delta t_{\text{äq}} + (t_{\text{am}} - 24,5 \text{ °C}) + (26 \text{ °C} - t_i) + a_T$$

$$\Delta t_{\text{äq1}} = 13,6 \text{ k} - 2,5 \text{ k} + 2 \text{ k} - 1,5 \text{ k} = 11,6 \text{ k}$$

Ges.:  $\dot{Q}_W$  in W.

$$\dot{Q}_W = A \cdot U \cdot \Delta t_{\text{äq1}} = 520 \text{ m}^2 \cdot 0,99 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{k}} \cdot 11,6 \text{ k} = 5972 \text{ W}$$

### Wärmedurchgang durch Fenster $\dot{Q}_F$

Über Fenster gelangt die Wärme auf zwei Arten in den Raum: Durch Transmissionswärme  $\dot{Q}_T$  und Strahlungswärme  $\dot{Q}_S$ .

$$\dot{Q}_F = \dot{Q}_T + \dot{Q}_S$$

Die Transmissionswärme wird mit folgender Formel berechnet:

$$\dot{Q}_T = A_M \cdot U_F \cdot (t_a - t_i)$$

$A_M$  = Fensterfläche (Maueröffnungsmaß) in m<sup>2</sup>

$U_F$  = Wärmedurchgangszahl für Fenster nach DIN 4108 in W/(m<sup>2</sup> · k)

$t_a$  = Außenlufttemperatur in °C

$t_i$  = Innentemperatur in °C

**Beispiel:** Die Maueröffnung für ein Holzfenster mit Isolierglas (12 mm Luftzwischenraum) beträgt 4,9 m<sup>2</sup>. Der Raum ist in Hannover und soll im Sommer auf 25 °C gehalten werden. Welcher Wärmestrom in W gelangt um 13 Uhr durch Transmission in den Raum?

Geg.: A = 4,9 m<sup>2</sup>, U = 2,6 W/(m<sup>2</sup> · k),  $t_a = 30,8 \text{ °C}$  (Tab.7),  $t_i = 25 \text{ °C}$

Ges.:  $\dot{Q}_T$  in W.

$$\text{Rechnung: } \dot{Q}_T = A_M \cdot U_F \cdot (t_a - t_i) = 4,9 \text{ m}^2 \cdot 2,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{k}} \cdot (30,8 \text{ °C} - 25 \text{ °C}) = 74 \text{ W}$$

### Die Strahlungswärme durch Fenster $\dot{Q}_S$

Die eingestrahlte Sonnenwärme wird durch die Speicherwirkung der Baumaterialien (vor allem Decke und Fußboden) und Einrichtungsgegenstände in geringerer Menge und zeitlich versetzt an die Raumluft abgegeben.

Die Formel zur Berechnung des aus dem Raum abzuführenden Wärmestroms lautet:

## Kühllastberechnung nach VDI 2078

$$\dot{Q}_S = \underbrace{[A_1 \cdot I_{\max} \cdot a]}_{\text{besonnt}} + \underbrace{[(A - A_1) \cdot I_{\text{diff max}}]}_{\text{beschattet}} \cdot b \cdot s$$

$A_1$  = besonnte Glasfläche in  $m^2$   
 $A - A_1$  = beschattete Glasfläche in  $m^2$   
 $g$  = Glasflächenanteil (Tabelle 11)  
 $I_{\max}$  = maximale Gesamtstrahlung für Auslegungsmonat (meist Juli) in  $W/m^2$ , Tabellenwert aus Tabelle 9.

**Tabelle 9,  $I_{\max}$  in  $W/m^2$**

Himmelsrichtung	NO	O	SO	S	SW	W	NW	N
$W/m^2$	394	590	555	471	555	590	394	128

$I_{\text{diff max}} = 128W/m^2$ , maximale Diffusstrahlung für Auslegungsmonat (meist Juli). Man nimmt dazu aus der obigen Tabelle den Wert für die Nordrichtung ( $128W/m^2$ ), weil hier immer Schatten herrscht.

$a$  = Trübungsfaktor für atmosphärische Verunreinigungen, Tabellenwert aus Tabelle 10.

**Tabelle 10, Trübungsfaktor  $a$**

	Reine Atmosphäre	Großstadt-Atmosphäre	Industrie-Atmosphäre
Nord	1,00	1,00	1,00
sonst	1,15	1,00	0,87

**Tabelle 11, Glasfensteranteile  $g$  für verschiedene Fensterkonstruktionen**

Fensterbauart	Innere Laibung der Maueröffnung in $m^2$ (Maueröffnungsmaß $A_M$ )									
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	4	5	6	8
Holzfenster, einfach oder doppelt verglast, Verbundfenster	0,47	0,58	0,63	0,67	0,69	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75
Holzdoppelfenster	0,36	0,48	0,55	0,60	0,62	0,65	0,68	0,69	0,70	0,71
Stahlfenster	0,56	0,77	0,83	0,86	0,87	0,88	0,90	0,90	0,90	0,90
Schaufenster, Oberlichte	0,90									
Balkontür mit Glasfüllung	0,90									

$b$  = mittlerer Durchlassfaktor der Sonnenstrahlen durch Fenster und Sonnenschutz-einrichtungen, bei Einfachverglasung mit Normalglas  $b = 1$ , siehe Tabelle 12.

$s$  = Speicherfaktor, abhängig von der Anordnung der Beschattungseinrichtung (außen oder innen), vom Gebäudetyp und Berechnungsmonat (meist Juli), siehe Tabelle 13.

## Kühllastberechnung nach VDI 2078

**Tabelle 12, Mittlerer Durchlassfaktor  $b$  bei der Sonnenstrahlung**

Gläser		Zusätzliche Sonnenschutzvorrichtungen	
Tafelglas EV	1,0		
- DV	0,9	Außen, Jalousie ( $\ddot{O} = 45^\circ$ )	0,15
Absorptionsglas EV	0,7	- Stoffmarkiese, vetiliert	0,3
- DV	0,6	- Stoffmarkiese, anliegend	0,4
- Vorgehängte Absorptionsscheibe	0,5	Zwischen den Scheiben,	0,5
Reflexionsglas EV	0,6	Jalousie ( $\ddot{O} = 45^\circ$ )	
- DV, Metalloxidbelag	0,5	Innen, Jalousie ( $\ddot{O} = 45^\circ$ )	0,7
- DV, Edelmetallbelag	0,4	- Vorhänge hell	0,5
Glashohlstein, farblos und ohne Vlieseinlage	0,6	- Kunststoff-Folien	0,7
- mit Vlieseinlage	0,4	<b>Kombinationen</b>	
Strukturiert und ohne Vlieseinlage	0,5	durch Produktbildung der Faktoren z.B. Reflektionsglas, DV Metalloxidbelag ( $b_1 = 0,5$ ) und Vorhang ( $b_2 = 0,5$ )	
- mit Vlieseinlage	0,3	$b = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25$	
EV = Einfach-, DV = Doppelverglasung, $\ddot{O}$ = Öffnungswinkel			

**Tabelle 13, Speicherfaktor  $s$  für Strahlungsenergie durch Fenster im Juli**

Bauart	Sonnenschutz	HR*	Wahre Ortszeit (Sonnenezeit)													
			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17 h	
I	innen	O	0,16	0,47	0,69	0,81	0,78	0,62	0,39	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,14	
		SW	0,04	0,08	0,12	0,15	0,18	0,21	0,25	0,43	0,65	0,80	0,83	0,78	0,62	
II	Aussen bzw. kein	O	0,12	0,30	0,43	0,52	0,53	0,46	0,35	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	
		W	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,17	0,22	0,35	0,48	0,55	0,55	

Bauart	Sonnenschutz	HR*	Wahre Ortszeit (Sonnenezeit)				
			18	19	20	21	22 h
I	innen	O	0,11	0,06	0,03	0,02	0,01
		SW	0,41	0,15	0,08	0,05	0,04
II	Aussen bzw. kein	O	0,17	0,14	0,12	0,10	0,9
		W	0,47	0,32	0,20	0,18	0,16

\* HR = Himmelsrichtung

### Beispiel Strahlungswärme:

Ein Büroraum in Großstadtatmosphäre hat ein Südwest-Holzfenster von 3,57 x 1,4m mit Isolierglas (14 mm Luftzwischenraum). Fußboden und Decke speichern wenig Wärme (Bauart I). Als Sonnenschutz ist eine Innenjalousie vorgesehen. Das Fenster ist zu 100% besonnt. Um welche Uhrzeit geht bei  $t_i = 26^\circ\text{C}$  und Binnenklima der größte Wärmestrom in W an die Raumluft über?

Geg.:  $A_M = 3,57\text{m} \cdot 1,4\text{m} = 5\text{m}^2$ ,  $g = 0,73$  (Tab.11),  $A = A_M \cdot g = 5\text{m}^2 \cdot 0,73 = 3,65\text{m}^2$ ,

$A = A_1$  (keine Beschattung),  $U_T = 2,6\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  $I_{\text{max}} = 555\text{W}/\text{m}^2$ ,  $a = 1$ ,  $t_a = 32^\circ\text{C}$  (Tab. 7), Isolierverglasung kann als Doppelverglasung angesehen werden.

Also  $b_1 = 0,9 \cdot 0,7 = 0,63$  (Tab.12). Bei Bauart I und innerem Sonnenschutz ist bei SW-Richtung der Speicherfaktor um 15 Uhr am größten mit  $s = 0,83$  (Tab. 13). Um diese Uhrzeit geht die meiste Strahlungswärme an die Raumluft über.

Ges.:  $\dot{Q}_T$ ,  $\dot{Q}_S$ , und  $\dot{Q}_F$  in W.

## Kühllastberechnung nach VDI 2078

**Lösung:**  $\dot{Q}_F = \dot{Q}_T + \dot{Q}_S$

$$\dot{Q}_T = A_M \cdot U_T \cdot (t_A - t_i) = 5\text{m}^2 \cdot 2,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot (32^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C}) = \mathbf{78 \text{ W}}$$

$$\dot{Q}_S = \underbrace{[A_1 \cdot I_{\text{max}} \cdot a]}_{\text{besonnt}} + \underbrace{[(A - A_1) \cdot I_{\text{diff max}}]}_{\text{beschattet=entfällt}} \cdot b \cdot s$$

$$\dot{Q}_S = [3,65\text{m}^2 \cdot 555\text{W/m}^2 \cdot 1] + [(3,65\text{m}^2 - 3,65\text{m}^2) \cdot 128\text{W/m}^2] \cdot 0,63 \cdot 0,83$$

$$\dot{Q}_S = [2025,75\text{W} + (0\text{m}^2) \cdot 128\text{W/m}^2] \cdot 0,63 \cdot 0,83 = \mathbf{159 \text{ W}}$$

$$\dot{Q}_F = 78 \text{ W} + 1059 \text{ W} = \mathbf{1137 \text{ W}}$$

Keine Haftung bei Fehlern in den Formeln und Tabellen !!!