



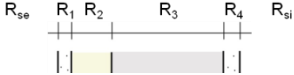
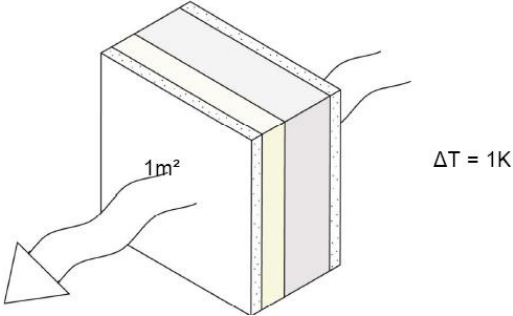
Bundesamt  
für Wirtschaft und  
Ausfuhrkontrolle

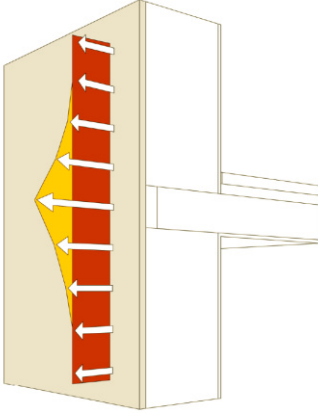
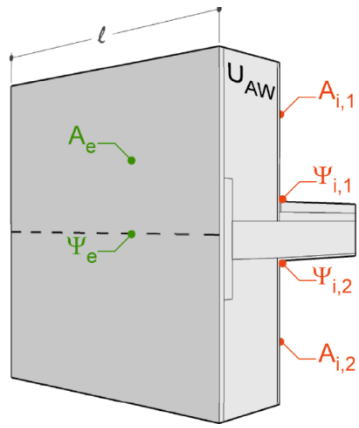
# Formelsammlung Qualifikationsprüfung Energieberatung

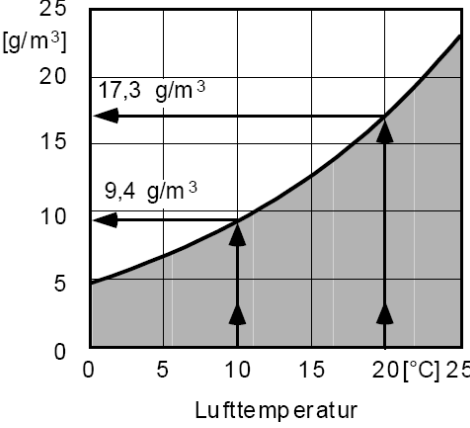
# Formelsammlung Qualifikationsprüfung Energieberatung

## Wärmetransport/Wärmeschutz

<b>Wärmemenge</b>	$Q = c \cdot m \cdot \Delta\theta = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta\theta$ <p>Rohdichte: Dies ist die Masse eines porösen Materials bezogen auf das Volumen einschließlich der Poren- und Hohlräume.</p>	<p><math>Q</math>: Wärmemenge [Wh]</p> <p><math>c</math>: spez. Wärmekapazität <math>\left[\frac{Wh}{kg \cdot K}\right]</math></p> <p><math>m</math>: Masse [kg]</p> <p><math>\rho</math>: Rohdichte <math>\left[\frac{kg}{m^3}\right]</math></p> <p><math>V</math>: Volumen [m<sup>3</sup>]</p> <p><math>\Delta\theta</math>: Temperaturdifferenz [K]</p>
<p>Gleichungen zur stationären</p> <b>Wärmeleitung</b>	$\Phi = A \frac{\lambda}{d} (\theta_{s1} - \theta_{s2})$ $q = \frac{\Phi}{A}$	<p><math>\Phi</math>: Wärmestrom [W]</p> <p><math>A</math>: Bauteilfläche [m<sup>2</sup>]</p> <p><math>\lambda</math>: Wärmeleitfähigkeit <math>\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]</math></p> <p><math>d</math>: Dicke der Bauteilschicht [m]</p> <p><math>\theta_{s1} - \theta_{s2}</math>: Temperaturdifferenz an den Oberflächen (Index s = surface) [K]</p> <p><math>q</math>: Wärmestromdichte <math>\left[\frac{W}{m^2}\right]</math></p>
<b>Strahlung</b>	$R + A + T = 1 \text{ bzw. } \rho + \alpha + \tau = 1$ <p>Bei opaken (lichtundurchlässigen) Bauteilen gilt:</p> $T = \tau = 0$	<p><math>R</math> bzw. <math>\rho</math>: Reflexionsgrad [–]</p> <p><math>A</math> bzw. <math>\alpha</math>: Absorptionsgrad [–]</p> <p><math>T</math> bzw. <math>\tau</math>: Transmissionsgrad [–]</p>
<p>Langwellige Strahlung /</p> <b>Wärmestrahlung</b>	<p>Von einer Oberfläche abgestrahlte Energie:</p> $q = \varepsilon \cdot C_S \cdot \left(\frac{T_0}{100}\right)^4$ <p>und <math>C_S = 5,67 \frac{W}{m^2 K^4}</math></p>	<p><math>q</math>: Wärmestromdichte <math>\left[\frac{W}{m^2}\right]</math></p> <p><math>\varepsilon</math>: Emissionsgrad (bei schwarzem Körper = 1) [–]</p> <p><math>C_S</math>: Strahlungskonstante des schwarzen Körpers <math>\left[\frac{W}{m^2 K^4}\right]</math></p> <p><math>T_0</math>: Temperatur [K]</p>
<b>Wärmedurchlasswiderstand</b> (ebenes Bauteil) <div style="text-align: center;"> </div>	$R = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i}$ <p><i>Hinweis: DIN 4108-02 gibt Mindestwerte für die Wärmedurchlasswiderstände von Bauteilen an.</i></p>	<p><math>R</math>: Wärmedurchlasswiderstand <math>\left[\frac{m^2 K}{W}\right]</math></p> <p><math>d</math>: Schichtdicke [m]</p> <p><math>\lambda</math>: Wärmeleitfähigkeit <math>\left[\frac{W}{mK}\right]</math></p>

<b>Wärmedurchgangswiderstand</b> (ebenes Bauteil)  	$R_T = R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{si}$	$R_T$ : Wärmedurchgangswiderstand $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$ $R_{si}$ : innerer Wärmeübergangswiderstand $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$ $R_{se}$ : äußerer Wärmeübergangswiderstand $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$ $R_i$ : Wärmedurchlasswiderstand der i-ten Schicht $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$
<b>Wärmedurchgangskoeffizient</b> (spezifisch bezogen auf $1 m^2$ )	$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$ 	$U$ : Wärmedurchgangskoeffizient $\left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$ $R_T$ : Wärmedurchgangswiderstand $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$ $R_{si}$ : innerer Wärmeübergangswiderstand $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$ $R_{se}$ : äußerer Wärmeübergangswiderstand $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$ $R$ : Wärmedurchlasswiderstand $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$
<b>Temperaturverlauf in einem mehrschichtigen Bauteil</b>  (hier: 3 Schichten)	$q = U \cdot (\theta_i - \theta_e) = \frac{(\theta_i - \theta_e)}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}}$ $\theta_{si} = \theta_i - (R_{si}) \cdot q$ $\theta_{1/2} = \theta_{si} - (d_1 / \lambda_1) \cdot q$ $\theta_{2/3} = \theta_{1/2} - (d_2 / \lambda_2) \cdot q$ $\theta_{se} = \theta_{2/3} - (d_3 / \lambda_3) \cdot q$ Kontrolle über: $\theta_e = \theta_{se} - (R_{se}) \cdot q$	$q$ : Wärmestromdichte $\left[ \frac{W}{m^2} \right]$ $\theta$ : Schichttemperatur $[^{\circ}C]$ $R_{si}$ : Wärmeübergangswiderstand innen $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$ $R_{se}$ : Wärmeübergangswiderstand außen $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$ $\theta_{si}$ und $\theta_{se}$ : Temperaturen an der Oberfläche $[K]$ $\theta_{1/2}$ und $\theta_{2/3}$ : Temperaturen an Schichtgrenzen $[K]$
<b>Temperaturfaktor</b>	$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$ $\theta_{si} = f_{Rsi} \cdot (\theta_i - \theta_e) + \theta_e$	$f_{Rsi}$ : Temperaturfaktor $[-]$ $\theta_{si}$ : Temperatur Oberfläche innen $[^{\circ}C]$ $\theta_i$ : Temperatur Luft innen $[^{\circ}C]$ $\theta_e$ : Temperatur Luft außen $[^{\circ}C]$

<b>Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient</b>		<p><math>\Psi</math>: Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient <math>\left[\frac{W}{mK}\right]</math></p> <p>Die durch Wärmebrücken zusätzlich auftretenden Transmissionswärmeverluste werden mit längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten energetisch beschrieben.</p>
<b>Wärmetransferkoeffizient</b>  (Modellproblem)	$H_T = A_e \cdot U_{AW} + \Psi_e \cdot l$ $H_T = A_{i,1} \cdot U_{AW} + A_{i,2} \cdot U_{AW} + \Psi_{i,1} \cdot l + \Psi_{i,2} \cdot l$ 	<p><math>H_T</math>: Wärmetransferkoeffizient <math>\left[\frac{W}{K}\right]</math></p> <p><math>\Psi</math>: Wärmebrückenverlust-koeffizient <math>\left[\frac{W}{mK}\right]</math></p> <p>1. Gleichung: von außen betrachtet</p> <p>2. Gleichung: von innen betrachtet</p> <p><i>Bilanz:</i></p> <p>von außen betrachtet = von innen betrachtet</p>
<b>Wärmedurchgangskoeffizient transparenter Bauteile</b>	$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f}$	<p><math>U</math>: Wärmedurchgangskoeffizient (Fenster, Verglasung, Rahmen) <math>\left[\frac{W}{m^2K}\right]</math></p> <p><math>A_g</math>: Fläche Verglasung <math>[m^2]</math></p> <p><math>A_f</math>: Fläche Rahmen <math>[m^2]</math></p> <p><math>l_g</math>: Gesamtumfang Verglasung <math>[m]</math></p> <p><math>\Psi_g</math>: linearer Wärmebrückenverlustkoeffizient infolge des kombinierten Einflusses von Abstandhalter, Glas und Rahmen <math>\left[\frac{W}{mK}\right]</math></p>
<b>Wärmetransport aufgrund von Lüftung</b>	$\Phi = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_1 - \theta_2)$ $(\rho \cdot c)_{Luft} = 0,34 \text{ Wh}/(m^3K)$ $\Phi = n \cdot V_{Raum} \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_1 - \theta_2)$ $n = \frac{\dot{V}}{V_{Raum}}$	<p><math>\Phi</math>: Wärmestrom <math>[W]</math></p> <p><math>\dot{V}</math>: (Zuluft-)Volumenstrom <math>\left[\frac{m^3}{h}\right]</math></p> <p><math>n</math>: Luftwechsel <math>[h^{-1}]</math></p> <p><math>c</math>: spez. Wärmekapazität der Luft <math>\left[\frac{Wh}{m^3 \cdot K}\right]</math></p> <p><math>\rho</math>: Dichte der Luft <math>\left[\frac{kg}{m^3}\right]</math></p>

<b>Mögliche Wasseraufnahme der Luft</b>	 <p>Graph showing the relationship between air temperature (Lufttemperatur) and water vapor concentration (g/m³). The curve indicates that as temperature increases, the maximum possible water vapor concentration (saturation) also increases. Key points marked: 9.4 g/m³ at 10°C and 17.3 g/m³ at 20°C.</p>	
<b>Gesetz für ideale Gase</b>	<p>Wasserdampf</p> $\frac{m_D}{V} = \frac{p_D}{R_D \cdot T} = C_D$ <p>Luft</p> $\frac{m_L}{V} = \frac{p_L}{R_L \cdot T}$ <p>Gesamtdruck: <math>p_{ges} = p_D + p_L</math></p>	<p><math>m</math>: Masse [kg]  <math>V</math>: Volumen [m³]  <math>p</math>: Partial- oder Teildruck [Pa]  <math>T</math>: absolute Temperatur [K]  <math>C_D</math>: Absolute Feuchte / Konzentration <math>\left[\frac{kg}{m^3}\right]</math>  <math>R</math>: Gaskonstante <math>\left[\frac{Pa \cdot m^3}{kg \cdot K}\right]</math>  Wasserdampf: <math>R_D = 462 \frac{Pa \cdot m^3}{kg \cdot K}</math></p>
<b>Relative Feuchte</b>	$\varphi = \frac{p_D}{p_S}$ <p>Oder</p> $\varphi = \frac{c}{c_s}$	<p><math>\varphi</math>: relative Luftfeuchte [–]  <math>p_D</math>: Wasserdampfpartialdruck [Pa]  <math>p_S</math>: Wasserdampfsättigungsdruck [Pa]  <math>c</math>: Wasserdampfkonzentration <math>\left[\frac{g}{m^3}\right]</math>  <math>c_s</math>: Sättigungsfeuchte <math>\left[\frac{g}{m^3}\right]</math></p>
<b>Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke</b>	$s_d = \mu \cdot d$ <p>(Bei Anstrichen und Folien wird der Wert angegeben)</p>	<p><math>s_d</math>: Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke [m]  <math>d</math>: Schichtdicke [m]  <math>\mu</math>: Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl [–]</p>
<b>Oberflächentemperatur im Bereich von Wärmebrücken</b>	$f_{R,si} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$ <p>Anforderung zur Vermeidung von Schimmelpilz</p> $f_{R,si} \geq 0,7$	<p><math>f_{R,si}</math>: Temperaturfaktor [–]  <math>\rightarrow f = 1</math> entspricht der Raumlufthtemperatur, <math>f = 0</math> der Außenlufttemperatur  <math>\theta_{si}</math>: raumseitige Oberflächentemperatur [°C]  <math>\theta_i</math>: Raumlufthtemperatur [°C]  <math>\theta_e</math>: Außenlufttemperatur [°C]</p>

<b>Vermeidung von Tauwasserbildung</b>	$\varphi \leq \left( \frac{109,8 + f \cdot (\theta_i - \theta_e) + \theta_e}{109,8 + \theta_i} \right)^{8,02} \cdot 100\%$ <p>Mit <math>\theta_{si} = f \cdot (\theta_i - \theta_e) + \theta_e</math></p>	$\varphi$ : relative Feuchte der Raumluft [%] $f$ : Temperaturfaktor [–]
<b>Vermeidung von Schimmelpilz</b>	$\varphi \leq 0,8 \cdot \left( \frac{109,8 + f \cdot (\theta_i - \theta_e) + \theta_e}{109,8 + \theta_i} \right)^{8,02} \cdot 100\%$	$\theta_i$ : Raumlufttemperatur [°C] $\theta_e$ : Außenlufttemperatur [°C] $\theta_{si}$ : raumseitige Oberflächentemperatur [°C]

<b>Geometrie Größen</b> <b>Wohngebäude -</b> <b>Gebäudenutzfläche</b>	$A_N = 0,32 \frac{1}{m} \cdot V_e$ <p>Wenn die durchschnittliche Geschosshöhe <math>h_G</math> eines Wohngebäudes mehr als 3 m bzw. weniger als 2,5 m beträgt, gilt:</p> $A_N = \left( \frac{1}{h_G} - 0,04 m^{-1} \right) \cdot V_e$	$A_N$ : Gebäudenutzfläche [ $m^2$ ] $V_e$ : beheiztes Gebäudevolumen [ $m^3$ ] $h_G$ : durchschnittliche Geschosdeckenhöhe [ $m$ ]
<b>Geometrie Größen</b> <b>Wohngebäude - Luftvolumen</b>	$V$ : Luftvolumen des beheizten Bereichs (netto) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bis zu drei Vollgeschossen: <math>V = 0,76 \cdot V_e</math></li> <li>▪ in den übrigen Fällen: <math>V = 0,8 \cdot V_e</math></li> </ul>	$V$ : Luftvolumen des beheizten Bereichs (netto) [ $m^3$ ] $V_e$ : beheiztes Gebäudevolumen [ $m^3$ ]
<b>Geometrie Größen</b> <b>Wohngebäude - Flächen</b>	$A_{NGF} = 1,1 \cdot A_{Wohn}$ Einfamilienhäuser mit beheiztem Keller: $A_{NGF} = 1,1/1,35 \cdot A_N$ Einfamilienhäuser ohne beheizten Keller sowie Mehrfamilienhäuser: $A_{NGF} = 1,1/1,2 \cdot A_N$	$A_{NGF}$ : Nettogrundfläche [ $m^2$ ] $A_{Wohn}$ : Wohnfläche nach Wohnflächenverordnung [ $m^2$ ] $A_N$ : Gebäudenutzfläche [ $m^2$ ]
<b>Bilanzanteile</b> <b>Nutzenergiebedarf Heizen</b> <b>und Trinkwarmwasser</b> <b>(DIN V 18599)</b>		$Q_{h,b}$ : Nutzenergiebedarf Heizen [ $Wh$ ] $Q_{w,b}$ : Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser [ $Wh$ ] $Q_T$ : Transmissionswärmesenken [ $Wh$ ] $Q_V$ : Lüftungswärmesenken [ $Wh$ ] $Q_s$ : solare Wärmequellen [ $Wh$ ] $Q_i$ : interne Wärmequellen [ $Wh$ ]
<b>Nutzenergiebedarf Heizen</b> <b>(auch Heizwärmebedarf und Nutzwärmebedarf)</b>	$Q_{h,b} = Q_{sink} - \eta \cdot Q_{source}$	$Q_{h,b}$ : Nutzenergiebedarf Heizen (als Tageswert) $\left[ \frac{kWh}{d} \right]$ $Q_{sink}$ : Summe Wärmesenken $\left[ \frac{kWh}{d} \right]$ $Q_{source}$ : Summe Wärmequellen $\left[ \frac{kWh}{d} \right]$ $\eta$ : Ausnutzungsgrad Wärmequellen $[-]$

<b>Nutzenergiebedarf Kühlen</b>  <b>(auch Kühlbedarf und</b> <b>Nutzkältebedarf)</b>	$Q_{c,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{source}$	$Q_{h,b}$ : Nutzenergiebedarf Kühlen (als Tageswert) $\left[\frac{kWh}{d}\right]$  $Q_{source}$ : Summe Wärmequellen $\left[\frac{kWh}{d}\right]$  $\eta$ : Ausnutzungsgrad Wärmequellen $[-]$
<b>Transmissionswärmesenken</b>  <b><math>Q_T</math></b>	$Q_T = H_T (\theta_i - \theta_e) 0,001 t$	$Q_T$ : Transmissionswärmesenken $[kWh/d]$  $H_T$ : Transmissionswärmetransferkoeffizient $\left[\frac{W}{K}\right]$  $\theta_e$ : durchschnittliche monatliche Außentemperatur $[^{\circ}C]$  $\theta_i$ : Bilanz-Innentemperatur der Gebäudezone $[^{\circ}C]$  t: 24 Stunden pro Tag $[h/d]$  0,001 Umrechnung: 0,001 kW = 1 W
<b>Transmissionswärmetransferkoeffizient <math>H_T</math></b>  <b>(ohne Berücksichtigung von Wärmebrücken!)</b>	$H_T = \sum (F_{x,i} \cdot U_i \cdot A_i)$	$H_T$ : Transmissionswärmetransferkoeffizient $\left[\frac{W}{K}\right]$  $F_x$ : Temperaturkorrekturfaktor (bei Bauteilen gegen Außenluft $F_x = 1$ ) $[-]$  $U$ : Wärmedurchgangskoeffizient $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$  $A$ : Bauteilfläche $[m^2]$
<b>Transmissionswärmetransferkoeffizient <math>H_T</math></b>  <b>(mit Berücksichtigung von Wärmebrücken!)</b>	$H_T = \sum (F_{x,i} \cdot U_i \cdot A_i) + \Delta U_{WB} \cdot A_{ges}$  $A_{ges}$ ist die Summe aller Bauteilflächen $A_i$ :  $A_{ges} = \sum A_i$  <b>auf wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust (Anforderungsgröße GEG):</b>  $H_T' = \frac{H_T}{A_{ges}}$	$\Delta U_{WB}$ : Wärmebrückenkorrekturwert $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$  $= 0,10 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$ ohne Nachweis  $= 0,05 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$ mit Nachweis über DIN 4108 Bbl. 2 Kategorie A  $= 0,03 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$ mit Nachweis über DIN 4108 Bbl. 2 Kategorie B  $< 0,03 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$ mit detailliertem Nachweis  $A_{ges}$ : gesamte wärmeübertragende Hüllfläche $[m^2]$



<b>Lüftungswärmesenken <math>Q_V</math></b>	$Q_V = n \, 0,34 \, V \, (\theta_i - \theta_e) \, 0,001 \, t$ <p>Die Gesamtluftwechselrate <math>n</math> setzt sich zusammen aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftwechsel durch Infiltration <math>n_{\text{inf}}</math>,</li> <li>• Luftwechsel durch Fensterlüftung <math>n_{\text{win}}</math></li> <li>• Luftwechsel durch mechanische Lüftung <math>n_{\text{mech}}</math></li> </ul>	$Q_V$ : Lüftungswärmesenken [kWh/d] $n$ : Gesamtluftwechselrate [ $h^{-1}$ ] $0,34$ : Produkt aus Dichte und spez. Wärmekapazität von Luft ( $\rho \, c_p$ ) $\left[ \frac{Wh}{m^3 \cdot K} \right]$ $V$ : Luftvolumen des beheizten Bereichs (netto) [ $m^3$ ] $\theta_e$ : durchschnittliche monatliche Außentemperatur [ $^{\circ}C$ ] $\theta_i$ : Bilanz-Innentemperatur der Gebäudezone [ $^{\circ}C$ ] $t$ : 24 Stunden pro Tag [ $h/d$ ] $0,001$ Umrechnung: $0,001 \, kW = 1 \, W$
<b>Lüftungswärmetransferkoeffizient <math>H_V</math></b>	$H_V = n \, 0,34 \, V$	$H_V$ : Lüftungswärmetransferkoeffizient $\left[ \frac{W}{K} \right]$ $n$ : Gesamtluftwechselrate [ $h^{-1}$ ] $0,34$ : Produkt aus Dichte und spez. Wärmekapazität von Luft ( $\rho \, c_p$ ) $\left[ \frac{Wh}{m^3 \cdot K} \right]$ $V$ : Luftvolumen des beheizten Bereichs (netto) [ $m^3$ ]
<b>Luftdichtheitsprüfung</b> (Blower-Door-Test)	$n_{50} = \frac{\dot{V}}{V_{\text{Geb}}}$ $q_{50} = \frac{\dot{V}}{A_E}$	$n_{50}$ : Luftwechselrate bei 50 Pa Unter-/Überdruck (volumenbezogener Leakagestrom) [ $h^{-1}$ ] $q_{50}$ : Luftdurchlässigkeit bei 50 Pa Unter-/Überdruck (hüllflächenbezogener Leakagestrom) $\left[ \frac{m}{h} \right]$ $V_{\text{Geb}}$ : Luftvolumen Gebäude [ $m^3$ ] $A_E$ : Gebäudehüllfläche $\dot{V}$ : Volumenstrom bei der Dichtheitsmessung $\left[ \frac{m^3}{h} \right]$
<b>Interne Wärmequellen</b>	$Q_{I, \text{source}} = q_I \cdot A_{NGF} \, 0,001$ <p>mit <math>q_I = 45 \frac{Wh}{m^2 \, d}</math> (EFH)</p> <p>und <math>q_I = 90 \frac{Wh}{m^2 \, d}</math> (MFH)</p>	$Q_{I, M}$ : interne Wärmequellen [kWh] $q_I$ : durchschnittliche tägliche Wärme-abgabe von Personen, Geräten und Beleuchtung bezogen auf NGF $\left[ \frac{W}{m^2} \right]$ $A_{NGF}$ : Nettogrundfläche [ $m^2$ ]

<b>Wärmespeicherfähigkeit – Ausnutzungsgrad</b>	<p>Die Quantifizierung der nutzbaren Wärmequellen erfolgt über einen Ausnutzungsgrad, der vom Verhältnis der Wärmequellen zu Wärmesenken abhängig ist. Die wirksame Wärmespeicherfähigkeit kann vereinfacht wie folgt angesetzt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ leichte Gebäude mit <math>C_{wirk} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_{NGF}</math></li> <li>▪ mittelschwere Gebäude mit <math>C_{wirk} = 90 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_{NGF}</math></li> <li>▪ schwere Gebäude mit <math>C_{wirk} = 130 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_{NGF}</math></li> </ul> <p>leichte Gebäude = Holzbau; mittel = Porenbeton; schwer Kalksandstein oder Beton</p>	
<b>Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser (jährlicher Wert)</b>	$q_{w,b,a} = 16,5 - (A_{NGF,WE,m} \cdot 0,05) \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ Aber mindestens $q_{w,b,a} = 8,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$q_{w,b,a}$ : Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh] $A_{NGF,WE,m}$ : Nettogrundfläche (NGF) einer mittleren Wohneinheit [ $\text{m}^2$ ]

## Heizlast

<p><b>Norm-Heizlast Gebäude</b></p> <p>Standardverfahren nach DIN EN 12831 Abschnitt 6 (Ohne Berücksichtigung der Aufheizleistung und der Wärmegewinne, Luftwechsel gemäß Tabelle B.5)</p>	$\Phi_{HL, Geb} = \sum \Phi_{T, i} + \Phi_{V, Geb}$ $\Phi_{HL, Geb} = \sum \Phi_{T, i} + 0,5 \sum \Phi_{V, i}$ <p>Der Faktor 0,5 berücksichtigt den i.d.R. abgeminderten Luftwechsel des Gebäudes im Vergleich zu den Einzelräumen („Gleichzeitigkeitsfaktor“). Der wirksame Luftwechsel wird damit 0,25.</p>	<p><math>\Phi_{HL, Geb}</math>: Norm-Heizlast Gebäudes bzw. Gebäudeeinheit</p> <p><math>\sum \Phi_{T, i}</math>: Summe der Transmissionswärmeverluste aller beheizten Räume, ohne Berücksichtigung der übertragenen Wärme innerhalb einer Gebäudeeinheit oder des Gebäudes</p> <p><math>\Phi_{V, Geb}</math>: Lüftungswärmeverlust Gebäude</p> <p><math>\sum \Phi_{V, i}</math>: Summe der Lüftungswärmeverluste aller beheizten Räume, ohne Berücksichtigung der übertragenen Wärme innerhalb einer Gebäudeeinheit oder des Gebäudes</p>
<p><b>Norm-Heizlast eines beheizten Raumes</b></p> <p>Vereinfachtes Verfahren für Wohngebäude nach DIN EN 12831 Abschnitt 7 in Verbindung mit DIN / TS 12831-1:2020-04 (ohne zusätzliche Aufheizleistung)</p>	$\Phi_{HL, i} = \Phi_{T, i} + \Phi_{V, i}$ $\Phi_{T, i} = \sum f_x \cdot A_x \cdot U_{x, c} \cdot (\theta_{int, i} - \theta_e)$ $\Phi_{V, i} = V_i \cdot n_i \cdot 0,34 \cdot (\theta_{int, i} - \theta_e)$ <p>Gemäß Tabelle 27 kann <math>n_i</math> mit <math>0,5 \text{ h}^{-1}</math> angesetzt werden.</p>	<p><math>\Phi_{HL, i}</math>: Norm-Heizlast eines beheizten Raums (i) [W]</p> <p><math>\Phi_{T, i}</math>: Norm-Transmissionswärmeverlust des beheizten Raums (i) [W]</p> <p><math>\Phi_{V, i}</math>: Norm-Lüftungswärmeverlust des beheizten Raums (i) [W]</p> <p><math>f_x</math>: Temperaturanpassungsfaktor [–]</p> <p><math>A_x</math>: Fläche Bauelement [<math>m^2</math>]</p> <p><math>U_{x, c}</math>: Wärmedurchgangskoeffizient Bauelement mit Berücksichtigung Wärmebrücken-Korrekturfaktor [<math>\frac{W}{m^2 \cdot K}</math>]</p> <p><math>\theta_e</math>: Norm-Außen-Temperatur [<math>^{\circ}C</math>]</p> <p><math>\theta_{int, i}</math>: Norm-Innen-Temperatur [<math>^{\circ}C</math>]</p> <p><math>V_i</math>: Innenvolumen den beheizten Raums (i) [<math>m^3</math>]</p> <p><math>n_i</math>: Luftwechselrate des beheizten Raums (i) [<math>h^{-1}</math>]</p> <p>0,34: Produkt aus Dichte und spez. Wärmekapazität von Luft [<math>\frac{Wh}{m^3 \cdot K}</math>]</p>

## Vereinfachte Bilanzierung / überschlägige Berechnungen

Die hier verwendete Methode der vereinfachten Bilanzierung ist angelehnt an das Heizperiodenbilanzverfahren nach EnEV 2007, welches für Nachweise und Energieausweise seit 2009 nicht mehr zulässig ist. Aufgrund seiner geringen Komplexität ist diese aber für überschlägige Berechnungen gut geeignet. Die Hilfsenergie wird in diesem Verfahren nicht berücksichtigt.

<b>Bauteilbezogener, anteiliger Heizwärmebedarf</b>	$Q_H = F_x \cdot F_{GT} \cdot A_{Bauteil} \cdot U$	$Q_H$ : Heizwärmebedarf (Bauteil) $\left[\frac{kWh}{a}\right]$ $F_x$ : Temperaturkorrekturfaktor $[-]$ $F_{GT}$ : Gradtagszahlfaktor $\left[\frac{KKh}{a}\right]$ $A_{Bauteil}$ : Fläche des zu betrachtenden Bauteils (in Außenmaßen) $[m^2]$ $U$ : Wärmedurchgangskoeffizient $\left[\frac{W}{m^2K}\right]$
<b>Gradtagszahlfaktor</b>	Durchschnittswert für Deutschland, Heizungsbetrieb mit Nachabsenkung = 82 KKh/a Länge der Heizperiode 275 Tage, Heizgrenztemperatur 15 °C (nicht saniert) = 75 KKh/a Länge der Heizperiode 220 Tage, Heizgrenztemperatur 12 °C (teilsaniert) = 66 KKh/a Länge der Heizperiode 185 Tage, Heizgrenztemperatur 10 °C (GEG-Standard)	
<b>Temperaturkorrekturfaktor</b>	Nach V DIN 4108-6 = 1,0 Außenbauteil, Dach als Systemgrenze = 0,8 oberste Geschossdecke, Abseitenwand = 0,5 Wände und Decken zu unbeheizten Räumen = 0,6 Unterer Gebäudeabschluss – Kellerdecke/-wände zu unbeheiztem Keller – Fußboden auf Erdreich – Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich	
<b>Äquivalenter U-Wert Fenster / Bilanzkennwert für transparente Bauteile</b>	$U_{W,eq} = U_W - g \cdot S_F$	$U_{W,eq}$ : äquivalenter U-Wert $\left[\frac{W}{m^2K}\right]$ $U_W$ : U-Wert Fenster $\left[\frac{W}{m^2K}\right]$ $g$ : Gesamtenergiedurchlassgrad $[-]$ $S_F$ : Strahlungsgewinnkoeffizient $\left[\frac{W}{m^2K}\right]$
<b>Strahlungsgewinnkoeffizient</b>	Nach E DIN/TS 18599-2, Werte für Einfamilienhäuser = 0,9 W/(m²K) Nordfassade = 1,1 W/(m²K) Ost-/Westfassade und Dachflächenfenster (Neigung < 15°) = 1,7 W/(m²K) Südfassade	
<b>Heizenergiebedarf und Heizenergieeinsparung</b>	$Q_E = Q_H \cdot e$ $\Delta Q_E = Q_{E,IST} - Q_{E,NEU}$ $\Delta Q_E = Q_{H,IST} \cdot e_{IST} - Q_{H,NEU} \cdot e_{NEU}$	$Q_E$ : Heizenergiebedarf $\left[\frac{kWh}{a}\right]$ $Q_H$ : Heizwärmebedarf $\left[\frac{kWh}{a}\right]$ $e$ : Endenergie-Aufwandszahl $[-]$

<b>Energiebedarf für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung</b>	$Q_E = (Q_H + Q_{TW}) \cdot e$	$Q_E$ : Energiebedarf Heizung und TWW $\left[\frac{kWh}{a}\right]$ $Q_H$ : Heizwärmebedarf $\left[\frac{kWh}{a}\right]$ $Q_{TW}$ : Trinkwarmwasserwärmebedarf $\left[\frac{kWh}{a}\right]$ $e$ : Endenergie-Aufwandszahl [–]																												
<b>Endenergie-Aufwandszahl</b>	Durchschnittswerte für die Raumheizung und Warmwasserbereitung (ohne Hilfsenergie) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Baualter</th><th>Aufwandszahl e</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Standardkessel (auch Holzkessel)</td><td>bis 1986</td><td>1,6</td></tr> <tr> <td>1987-1994</td><td>1,5</td></tr> <tr> <td>ab 1995</td><td>1,4</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Niedertemperaturkessel Öl/Gas</td><td>bis 1986</td><td>1,4</td></tr> <tr> <td>ab 1987</td><td>1,3</td></tr> <tr> <td>Gas-Brennwert</td><td>-</td><td>1,2</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Elektrowärmepumpe Erdreich</td><td>bis 1994</td><td>0,4</td></tr> <tr> <td>ab 1995</td><td>0,3</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Elektrowärmepumpe Luft</td><td>bis 1994</td><td>0,5</td></tr> <tr> <td>ab 1995</td><td>0,4</td></tr> </tbody> </table>			Baualter	Aufwandszahl e	Standardkessel (auch Holzkessel)	bis 1986	1,6	1987-1994	1,5	ab 1995	1,4	Niedertemperaturkessel Öl/Gas	bis 1986	1,4	ab 1987	1,3	Gas-Brennwert	-	1,2	Elektrowärmepumpe Erdreich	bis 1994	0,4	ab 1995	0,3	Elektrowärmepumpe Luft	bis 1994	0,5	ab 1995	0,4
	Baualter	Aufwandszahl e																												
Standardkessel (auch Holzkessel)	bis 1986	1,6																												
	1987-1994	1,5																												
	ab 1995	1,4																												
Niedertemperaturkessel Öl/Gas	bis 1986	1,4																												
	ab 1987	1,3																												
Gas-Brennwert	-	1,2																												
Elektrowärmepumpe Erdreich	bis 1994	0,4																												
	ab 1995	0,3																												
Elektrowärmepumpe Luft	bis 1994	0,5																												
	ab 1995	0,4																												
<b>Primärenergiebedarf für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung</b>	$Q_P = (Q_H + Q_{TW}) \cdot e_P$ <p>Ohne <math>Q_{TW}</math> auch bauteilbezogen anwendbar.</p>	$Q_P$ : Primärenergiebedarf $\left[\frac{kWh}{a}\right]$ $Q_H$ : Heizwärmebedarf $\left[\frac{kWh}{a}\right]$ $Q_{TW}$ : Trinkwarmwasserwärmebedarf $\left[\frac{kWh}{a}\right]$ $e_P$ : Primärenergie-Aufwandszahl [–]																												

<b>Sonneneintragskennwert DIN 4108-2</b>	$S_{vorh} = \frac{\sum_j (A_{w,j} \cdot g_{total,j})}{A_G}$ $g_{total,j} = g \cdot F_c$	$S_{vorh}$ : vorhandener Sonneneintragskennwert [–] $A_{w,j}$ : Fensterfläche des Raumes [ $m^2$ ] $g_{total,j}$ : Gesamtenergiedurchlassgrad Glas inkl. Sonnenschutz [–] $g$ : Gesamtenergiedurchlassgrad Glas [–] $F_c$ : Abminderungsfaktor Sonnenschutz [–] $A_G$ : Grundfläche des Raumes [ $m^2$ ]
<b>Anforderung nach DIN 4108-2</b>	$S_{vorh} \leq S_{zul}$ $S_{zul} = \sum S_x$	Der maximal zulässige Sonneneintragskennwert $S_{zul}$ setzt sich zusammen aus: $S_1$ Klimaregion, Bauart und Nachlüftung $S_2$ Fensterflächenanteil $S_3$ Sonnenschutzglas $S_4$ Fensterneigung $S_5$ Orientierung $S_6$ passive Kühlung

		Anteiliger Sonneneintragskennwert $S_x$						
Nutzung		Wohngebäude			Nichtwohngebäude			
Klimaregion <sup>a</sup>		A	B	C	A	B	C	
S <sub>1</sub>	Nachtlüftung und Bauart							
	Nachtlüftung	Bauart <sup>b</sup>						
	ohne	leicht	0,071	0,056	0,041	0,013	0,007	0,000
		mittel	0,080	0,067	0,054	0,020	0,013	0,006
		schwer	0,087	0,074	0,061	0,025	0,018	0,011
	erhöhte Nachtlüftung <sup>c</sup> mit $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$	leicht	0,098	0,088	0,078	0,071	0,060	0,048
		mittel	0,114	0,103	0,092	0,089	0,081	0,072
		schwer	0,125	0,113	0,101	0,101	0,092	0,083
	hohe Nachtlüftung <sup>d</sup> mit $n \geq 5 \text{ h}^{-1}$	leicht	0,128	0,117	0,105	0,090	0,082	0,074
		mittel	0,160	0,152	0,143	0,135	0,124	0,113
schwer		0,181	0,171	0,160	0,170	0,158	0,145	
S <sub>2</sub>	Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $f_{WG}^e$							
	$S_2 = a - (b \cdot f_{WG})$	a	0,060			0,030		
		b	0,231			0,115		
S <sub>3</sub>	Sonnenschutzglas <sup>f,i</sup>							
	Fenster mit Sonnenschutzglas <sup>f</sup> mit $g \leq 0,4$		0,03					
S <sub>4</sub>	Fensterneigung <sup>g,i</sup>							
	$0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ$ (gegenüber der Horizontalen)		$-0,035 f_{neig}$					
S <sub>5</sub>	Orientierung <sup>h,i</sup>							
	Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fenster soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind		$+0,10 f_{nord}$					
S <sub>6</sub>	Einsatz passiver Kühlung							
	Bauart							
	leicht		0,02					
	mittel		0,04					
	schwer		0,06					

Fensterflächenanteile	$f_{WG} = \frac{A_W}{A_G}$ $f_{neig} = \frac{A_{W,neig}}{A_{W,gesamt}}$ $f_{nord} = \frac{A_{W,nord}}{A_{W,gesamt}}$	$f_{WG}$ : Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil (-)  $A_W$ : Fensterfläche $A_G$ : Nettogrundfläche $A_{W,neig}$ : geneigte Fensterfläche $A_{W,gesamt}$ : gesamte Fensterfläche $A_{W,nord}$ : Nord-, Nordost-, Nordwest-orientierte Fensterfläche
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit	$C_{wirk} = \Sigma(c_i \cdot \rho_i \cdot d_i \cdot A_i)$ <p>Leichte Bauart: <math>\frac{C_{wirk}}{A_G} &lt; 50 \frac{Wh}{m^2K}</math></p> <p>Mittlere Bauart: <math>50 \frac{Wh}{m^2K} \leq \frac{C_{wirk}}{A_G} \leq 130 \frac{Wh}{m^2K}</math></p> <p>Schwere Bauart: <math>\frac{C_{wirk}}{A_G} &gt; 130 \frac{Wh}{m^2K}</math></p>	$C_{wirk}$ : wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]  $c$ : wirksame Wärmekapazität [Wh/(kgK)] $\rho$ : Rohdichte [kg/m³] $d$ : wirksame Schichtdicke [m] $A$ : Bauteilfläche [m²]

<b>Wärmemenge /</b> <b>Gespeicherte Wärme</b>	$Q = c \cdot m \cdot \Delta\theta = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta\theta$ <p>Hinweis zur Rohdichte: Dies ist die Masse eines porösen Materials bezogen auf das Volumen einschließlich der Poren- und Hohlräume.</p>	$Q$ : Wärmemenge [Wh] $c$ : spez. Wärmekapazität $\left[\frac{Wh}{kg \cdot K}\right]$ $m$ : Masse [kg] $\rho$ : Dichte $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$ $V$ : Volumen [m <sup>3</sup> ] $\Delta\theta$ : Temperaturdifferenz [K]
<b>Wärmeleistung</b>	$\Phi = P = \frac{Q}{t}$	$\Phi = P$ : Leistung [W] $Q$ : Energie, Wärme [Wh] $t$ : Zeit [h]
<b>mittlere logarithmische</b> <b>Temperaturdifferenz</b>	$\Delta\theta_m = \frac{\theta_v - \theta_r}{\ln \frac{\theta_v - \theta_i}{\theta_r - \theta_i}}$	$\Delta\theta_m$ : mittlere logarithmische Temperaturdifferenz [°C] $\theta_v$ : Vorlauftemperatur [°C] $\theta_r$ : Rücklauftemperatur [°C] $\theta_i$ : Rauminnentemperatur [°C]
<b>Umrechnung</b> <b>Wärmeleistung</b> <b>Heizkörper</b>	$\frac{\Phi_{alt}}{\Phi_{neu}} = \left[ \frac{\Delta\theta_{m,alt}}{\Delta\theta_{m,neu}} \right]^n$	$\Delta\theta_m$ : mittlere logarithmische Temperaturdifferenz [°C] $\phi$ : abgegebenen Leistung [W] $n$ : Heizkörperexponent [–]
<b>Wärmeerzeugung</b> Wirkungsgrad	$\eta_g = \frac{\phi_{ab,g}}{\phi_{zu,g}} = 1 - q_a - q_s$	$\eta_g$ : Heizkesselwirkungsgrad [–] $\phi_{ab,g}$ : abgegebenen Leistung [W] $\phi_{zu,g}$ : zugeführte Leistung [W] $q_a$ : Abgasverlust $q_s$ : Strahlungsverlust
<b>Wärmeerzeugung</b> Jahresnutzungsgrad	$\eta_a = \frac{Q_{ab,g}}{Q_E} = \frac{1}{e}$	$\eta_a$ : Jahresnutzungsgrad $Q_{ab,g}$ : Jahresnutzwärmeabgabe [Wh] $Q_E$ : Endenergiebedarf Brennstoff [Wh] $e$ : Erzeugeraufwandszahl
<b>Wärmeerzeugung</b> Betriebsbereitschaftsfaktor	$q_B = \frac{t_L}{t_V}$	$q_B$ : Betriebsbereitschaftsverlust [–] $t_L$ : Betriebszeit [min] $t_V$ : Messzeit [min]
<b>Pumpe</b> Hydraulische Leistung	$P_{Hyd} = \Delta p \cdot \dot{V}$	$P_{Hyd}$ : hydraulische Leistung [W] $\dot{V}$ : Volumenstrom $\left[\frac{m^3}{h}\right]$ $\Delta p$ : Druckdifferenz im Rohrnetz [Pa]



<b>Pumpe</b>  Wirkungsgrad	$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$	$\eta$ : Pumpenwirkungsgrad $P_{ab}$ : abgegebene Leistung [W] $P_{zu}$ : zugeführte Leistung [W]
<b>Arbeit/Energie</b>	$W = P \cdot t$	[P]: Leistung [W] W: elektrische / mechanische Energie [Wh] [t]: Zeit [h]
<b>Wärmepumpe</b>  <b>Leistungszahl</b>  <b>Carnot –Wirkungsgrad</b>	$COP = \epsilon = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{\dot{Q}_H}{P_{el}}$ $\eta_c = \frac{T_o - T_u}{T_o}$ $COP_{max} = \epsilon_c = \frac{1}{\eta_c}$ $COP = \nu \cdot \epsilon_c = \nu \cdot \frac{1}{\eta_c} = \nu \cdot \frac{1}{\frac{T_o - T_u}{T_o}}$	$COP = \epsilon$ : Leistungszahl $P_{ab}$ bzw. $\dot{Q}_H$ : abgegebene Leistung [W] $P_{zu}$ bzw. $P_{el}$ : zugeführte Leistung [W] $T_o$ : Kondensationstemperatur [K] $T_u$ : Verdampfungstemperatur [K] $\eta_c$ : Carnotwirkungsgrad $COP_{max} = \epsilon_c$ : Carnot Leistungszahl $\nu$ : Gütegrad
<b>Wärmepumpe</b>  <b>Jahresarbeitszahl</b>	$JAZ = \beta_{JAZ} = \frac{Q_{ab,g}}{Q_{h,f}} = \frac{Q_H}{W_{el}}$	$JAZ = \beta_{JAZ}$ : Jahresarbeitszahl $Q_{ab,g}$ bzw. $Q_H$ : Jahresnutzwärmeabgabe [Wh] $Q_{h,f}$ bzw. $W_{el}$ : Antriebs- und Hilfsenergie [Wh]
<b>Wärmepumpe</b>  <b>Kälteleistung</b>	$\dot{Q}_K = \dot{Q}_H - P_{el}$ $\dot{Q}_K = \dot{Q}_H - \frac{\dot{Q}_H}{COP}$	$\dot{Q}_K$ : Kälteleistung [W] $P_{ab}$ bzw. $\dot{Q}_H$ : abgegebene Leistung [W] $P_{zu}$ bzw. $P_{el}$ : zugeführte Leistung [W] $COP = \epsilon$ : Leistungszahl
<b>Photovoltaik</b>  PV-Ertrag nach 18599	$Q_{f,prod,PV,i} = \frac{E_{sol} \cdot P_{pk} \cdot f_{perf}}{I_{ref}}$	$Q_{f,prod,PV,i}$ : monatliche Netto-Stromproduktion der PV-Anlage [kWh] $E_{sol}$ : monatliche solare Bestrahlungsenergie $\left[\frac{kWh}{m^2}\right]$ $P_{pk}$ : Peakleistung unter Standardtestbedingungen [kW] $f_{perf}$ : Systemleistungsfaktor [–] $I_{ref}$ : Referenzsolarbestrahlungsstärke $\left[= 1 \frac{kW}{m^2}\right]$

<b>Solarthermie</b>  Speicherwärmeverlust	$Q_{\text{Speicher}} = U_A \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot \Delta t$ $U \cdot A = U_A$	$Q_{\text{Speicher}}$ : jährlicher Wärmeverlust des Speichers [kWh/a] $U_A$ : Wärmedurchgangskoeffizient über die Speicheroberfläche gemittelt $\left[\frac{W}{K}\right]$ $A$ : Speicheroberfläche [m <sup>2</sup> ] $t$ : Zeit [h] $\theta_i$ : Speichertemperatur [K] $\theta_e$ : Umgebungstemperatur [K]
<b>Solarthermie</b>  Auslegung der Kollektorfläche	$A_{kol} = \frac{f_{sav} \cdot Q_{ref}}{G \cdot \eta_{nutz}}$ <p>Mit:</p> $Q_{ref} = Q_{TWW} + Q_{RH} + Q_{Spverl} + Q_{Zirk}$ $Q_{Zirk} = l_{Zirk} \cdot Q_{Verl} \cdot t_L$ $\eta = \frac{Q_{sol}}{G \cdot A_{kol}}$ $f_{sav} = \frac{Q_{sol}}{Q_{ref}}$ <p>Hinweise:</p> <p>Der Wärmebedarf des Referenzmodells ohne Solaranlage <math>Q_{Ref}</math> wird auch als <math>Q_{CONV}</math> bezeichnet</p> <p>Alle Anwendungen auf den Jahreswärmeverbrauch hochrechnen.</p>	$A_{kol}$ : Kollektorfläche [m <sup>2</sup> ] $f_{sav}$ : Solare Deckungsrate [%] $Q_{ref}$ : Wärmebedarf des Referenzmodells ohne Solaranlage [kWh/a] $G$ : hemisphärische Solarstrahlung auf die geneigte Fläche [kWh/(m <sup>2</sup> a)] $\eta_{nutz}$ : Systemnutzungsgrad [%] $Q_{TWW}$ : Wärmebedarf Warmwasserbereitung [kWh/a] $Q_{RH}$ : Wärmebedarf Raumheizung [kWh/a] $Q_{Spverl}$ : Speicherverluste Referenzspeicher [kWh/a] $Q_{Zirk}$ : Wärmeverluste Zirkulationsleitungsbetrieb [kWh/a] $l_{Zirk}$ : Zirkulationsleitungslänge[m] $Q_{Verl}$ : längenbezogener Wärmeverlust Zirkulationsleitung [W/m] $t_L$ : Betriebszeit [h] $Q_{sol}$ : Solareintrag eingesparte Nutzenergie durch die Solaranlage [kWh/a]

<b>Wärmetransport aufgrund von Lüftung</b>	$\Phi = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_1 - \theta_2)$ $(\rho \cdot c)_{Luft} = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \text{K})$ $\Phi = n \cdot V_{Raum} \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_1 - \theta_2)$ $n = \frac{\dot{V}}{V_{Raum}}$	<p><math>\Phi</math>: Wärmestrom [W]</p> <p><math>\dot{V}</math>: (Zuluft-)Volumenstrom <math>\left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right]</math></p> <p><math>c</math>: spez. Wärmekapazität <math>\left[\frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right]</math></p> <p><math>\rho</math>: Dichte <math>\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]</math></p> <p><math>V</math>: Volumen <math>[\text{m}^3]</math></p> <p><math>\Delta\theta</math>: Temperaturdifferenz [K]</p> <p><math>n</math>: Luftwechsel <math>[\text{h}^{-1}]</math></p>
<b>Spezifische Ventilatorleistung</b>	$P_{SFP} = \frac{P}{\dot{V}} = \frac{\Delta p}{\eta_{tot}}$	<p><math>P_{SFP}</math>: spezifische Ventilatorleistung <math>\left[\frac{\text{W} \cdot \text{s}}{\text{m}^3}\right]</math></p> <p><math>P</math>: elektrische Wirkleistung des Ventilator motors [W]</p> <p><math>\dot{V}</math>: Nennluftvolumenstrom durch Ventilator <math>\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]</math></p> <p><math>\Delta p</math>: Gesamtdruckerhöhung des Ventilators [Pa]</p> <p><math>\eta_{tot}</math>: Gesamtwirkungsgrad von Ventilator, Motor und Antrieb in eingebautem Zustand [-]</p>
<b>Rückwärmzahl</b>	$\Phi = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}$	<p><math>\Phi</math>: Rückwärmzahl (Temperaturänderungsgrad) [-]</p> <p><math>t_{11}</math>: Temperatur der Abluft</p> <p><math>t_{21}</math>: Temperatur der Außenluft</p> <p><math>t_{22}</math>: Temperatur der Zuluft</p>
<b>Wärmebereitstellungsgrad</b>	$\eta'_{WRG} = \frac{Q_{22} - Q_{21}}{Q_{11} - Q_{21}}$	<p><math>\eta'_{WRG}</math>: Wärmebereitstellungsgrad</p> <p><math>Q_{11}</math>: Abluft – Wärmeinhalt</p> <p><math>Q_{22}</math>: Zuluft – Wärmeinhalt</p> <p><math>Q_{21}</math>: Außenluft – Wärmeinhalt</p>
<b>Heizleistung zur Erwärmung feuchter Luft</b> (siehe Mollier-Diagramm)	$\dot{Q}_H = \dot{m}_L \cdot \Delta h = \dot{m}_L \cdot (h_2 - h_1)$	<p><math>\dot{Q}_H</math>: Heizleistung</p> <p><math>\dot{m}_L</math>: Luft-Massenstrom <math>[\text{kg}/\text{h}]</math></p> <p><math>\Delta h</math>: Enthalpie - Differenz</p> <p><math>h_1</math>: Enthalpie an Punkt 1</p>

## Beleuchtung

<b>Lichtausbeute</b>	$\eta = \frac{\phi}{P_{el}}$	$\eta$ : Lichtausbeute $\left[\frac{lm}{W}\right]$ $\phi$ : Lichtstrom $[lm]$ $P_{el}$ : elektrische Leistung $[W]$
<b>Summe der Systemleistung</b>	$P = n \cdot P_L \cdot k_{BG}$	$P$ : Summe der Systemleistung aller Leuchten im Berechnungsbereich $[W]$ $n$ : Anzahl der Leuchten $[-]$ $P_L$ : elektrische Leistung der Lampen $[W]$ $k_{BG}$ : Faktor zur Ermittlung der Systemleistung aus der Leistungsaufnahme der Lampe
<b>Spezifische Leistung von Leuchten</b>	$p_{j, Ist} = \frac{P_{j, Ist}}{A_j}$	$p_{j, Ist}$ : spezifische installierte Leistung für Beleuchtung im Berechnungsbereich j $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ $P_{j, Ist}$ : Summe der Systemleistung aller Leuchten im Berechnungsbereich j $[W]$ $A_j$ : Fläche des Berechnungsbereichs j $[m^2]$
<b>Spezifische elektrische Bewertungsleistung</b>	$p = p_{lx} \cdot \bar{E}_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$	$p$ : spez. elektrische Bewertungsleistung $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ $p_{lx}$ : Bezugswert der spez. elektrische Bewertungsleistung $\left[\frac{W}{m^2 \cdot lx}\right]$ $\bar{E}_m$ : Wartungswert der Beleuchtungsstärke $[lx]$ $k_{WF}$ : Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung des Wartungsfaktors $[-]$ $k_A$ : Minderungsfaktor Bereich Schaufgabe $[-]$ $k_L$ : Anpassungsfaktor für nicht stabförmige Leuchtstofflampen $[-]$ $k_{VB}$ : Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der Beleuchtung vertikaler Flächen $[-]$

# Impressum

## Herausgeber

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle  
Leitungsstab Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Frankfurter Str. 29 - 35  
65760 Eschborn

<http://www.bafa.de/>

Referat: 511

E-Mail: [qualifikationspruefung-energieberatung@bafa.bund.de](mailto:qualifikationspruefung-energieberatung@bafa.bund.de)

## Stand

01.04.2024

Die vorliegende Formelsammlung stellt eine Hilfestellung für die Qualifikationsprüfung Energieberatung dar. Für die Prüfung könnten zusätzliche Formeln und Konstanten erforderlich sein.



Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle ist mit dem audit berufundfamilie für seine familienfreundliche Personalpolitik ausgezeichnet worden. Das Zertifikat wird von der berufundfamilie GmbH, einer Initiative der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung, verliehen.