



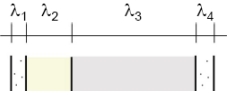
Bundesamt
für Wirtschaft und
Ausfuhrkontrolle

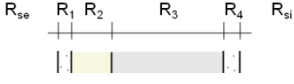
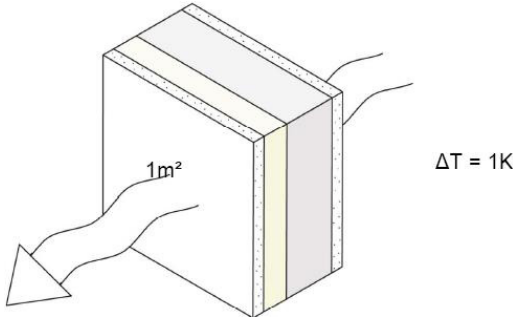


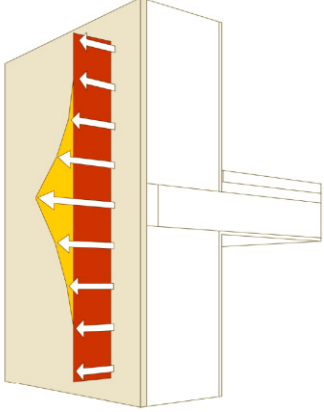
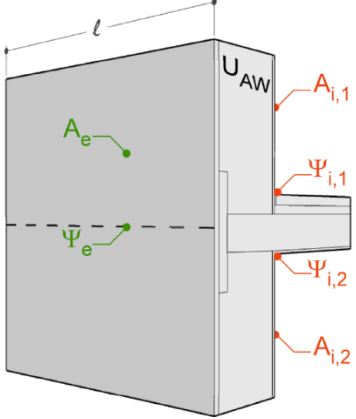
Formelsammlung Qualifikationsprüfung Energieberatung

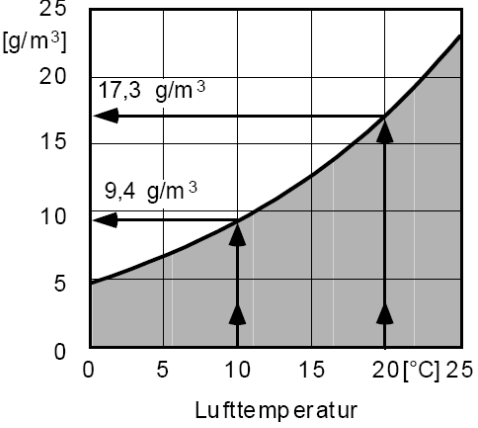
Formelsammlung Qualifikationsprüfung Energieberatung

Wärmetransport/Wärmeschutz

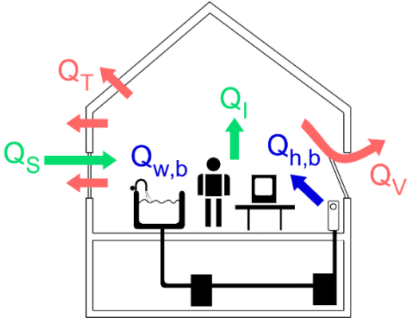
Wärmemenge	$Q = c \cdot m \cdot \Delta\theta = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta\theta$ <p>Rohdichte: Dies ist die Masse eines porösen Materials bezogen auf das Volumen einschließlich der Poren- und Hohlräume.</p>	<p>Q: Wärmemenge [Wh]</p> <p>c: spez. Wärmekapazität $\left[\frac{Wh}{kg \cdot K}\right]$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

<p>Wärmedurchgangswiderstand (ebenes Bauteil)</p> 	$R_T = R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{si}$	<p>R_T: Wärmedurchgangswiderstand $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$</p> <p>$R_{si}$: innerer Wärmeübergangswiderstand $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$</p> <p>$R_{se}$: äußerer Wärmeübergangswiderstand $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$</p> <p>$R_i$: Wärmedurchlasswiderstand der i-ten Schicht $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$</p>
<p>Wärmedurchgangskoeffizient (spezifisch bezogen auf 1 m²)</p> 	$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$	<p>U: Wärmedurchgangskoeffizient $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$</p> <p>$R_T$: Wärmedurchgangswiderstand $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$</p> <p>$R_{si}$: innerer Wärmeübergangswiderstand $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$</p> <p>$R_{se}$: äußerer Wärmeübergangswiderstand $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$</p> <p>$R$: Wärmedurchlasswiderstand $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$</p>
<p>Temperaturverlauf in einem mehrschichtigen Bauteil (hier: 3 Schichten)</p>	$q = U \cdot (\theta_i - \theta_e) = \frac{(\theta_i - \theta_e)}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}}$ $\theta_{si} = \theta_i - (R_{si}) \cdot q$ $\theta_{1/2} = \theta_{si} - (d_1 / \lambda_1) \cdot q$ $\theta_{2/3} = \theta_{1/2} - (d_2 / \lambda_2) \cdot q$ $\theta_{se} = \theta_{2/3} - (d_3 / \lambda_3) \cdot q$ <p>Kontrolle über:</p> $\theta_e = \theta_{se} - (R_{se}) \cdot q$	<p>q: Wärmestromdichte $\left[\frac{W}{m^2} \right]$</p> <p>$\theta$: Schichttemperatur [°C]</p> <p>R_{si}: Wärmeübergangswiderstand innen $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$</p> <p>$R_{se}$: Wärmeübergangswiderstand außen $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$</p> <p>$\theta_{si}$ und θ_{se}: Temperaturen an der Oberfläche [K]</p> <p>$\theta_{1/2}$ und $\theta_{2/3}$: Temperaturen an Schichtgrenzen [K]</p>
<p>Temperaturfaktor</p>	$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$ $\theta_{si} = f_{Rsi} \cdot (\theta_i - \theta_e) + \theta_e$	<p>f_{Rsi}: Temperaturfaktor [-]</p> <p>θ_{si}: Temperatur Oberfläche innen [°C]</p> <p>θ_i: Temperatur Luft innen [°C]</p> <p>θ_e: Temperatur Luft außen [°C]</p>

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

<p>Mögliche Wasseraufnahme der Luft</p>		
<p>Gesetz für ideale Gase</p>	<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: $p_{ges} = p_D + p_L$</p>	<p>m: Masse [kg] V: Volumen [m³] p: Partial- oder Teildruck [Pa] T: absolute Temperatur [K] C_D: Absolute Feuchte / Konzentration [$\frac{kg}{m^3}$] R: Gaskonstante [$\frac{Pa \cdot m^3}{kg \cdot K}$] Wasserdampf: $R_D = 462 \frac{Pa \cdot m^3}{kg \cdot K}$</p>
<p>Relative Feuchte</p>	$\varphi = \frac{p_D}{p_S}$ <p>Oder</p> $\varphi = \frac{c}{c_S}$	<p>φ: relative Luftfeuchte [-] p_D: Wasserdampfpartialdruck [Pa] p_S: Wasserdampf-sättigungsdruck [Pa] c: Wasserdampfkonzentration [$\frac{g}{m^3}$] c_S: Sättigungsfeuchte [$\frac{g}{m^3}$]</p>
<p>Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke</p>	$s_d = \mu \cdot d$ <p>(Bei Anstrichen und Folien wird der Wert angegeben)</p>	<p>s_d: Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke [m] d: Schichtdicke [m] μ: Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl [-]</p>
<p>Oberflächentemperatur im Bereich von Wärmebrücken</p>	$f_{R,si} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$ <p>Anforderung zur Vermeidung von Schimmelpilz</p> $f_{R,si} \geq 0,7$	<p>$f_{R,si}$: Temperaturfaktor [-] $\rightarrow f = 1$ entspricht der Raumlufthtemperatur, $f = 0$ der Außenlufttemperatur θ_{si}: raumseitige Oberflächentemperatur [°C] θ_i: Raumlufthtemperatur [°C] θ_e: Außenlufttemperatur [°C]</p>

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

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

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

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

Wärmespeicherfähigkeit – Ausnutzungsgrad	<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"> ▪ leichte Gebäude mit $C_{wirk} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_{NGF}$ ▪ mittelschwere Gebäude mit $C_{wirk} = 90 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_{NGF}$ ▪ schwere Gebäude mit $C_{wirk} = 130 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_{NGF}$ <p>leichte Gebäude = Holzbau; mittel = Porenbeton; schwer Kalksandstein oder Beton</p>	
Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser (jährlicher Wert)	$q_{w,b,a} = 16,5 - (A_{NGF,WE,m} \cdot 0,05) \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ 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 [m^2]

Heizlast

<p>Norm-Heizlast Gebäude</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>$\Phi_{HL, Geb}$: Norm-Heizlast Gebäudes bzw. Gebäudeeinheit</p> <p>$\sum \Phi_{T, i}$: Summe der Transmissionswärmeverluste aller beheizten Räume, ohne Berücksichtigung der übertragenen Wärme innerhalb einer Gebäudeeinheit oder des Gebäudes</p> <p>$\Phi_{V, Geb}$: Lüftungswärmeverlust Gebäude</p> <p>$\sum \Phi_{V, i}$: Summe der Lüftungswärmeverluste aller beheizten Räume, ohne Berücksichtigung der übertragenen Wärme innerhalb einer Gebäudeeinheit oder des Gebäudes</p>
<p>Norm-Heizlast eines beheizten Raumes</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 n_i mit $0,5 \text{ h}^{-1}$ angesetzt werden.</p>	<p>$\Phi_{HL, i}$: Norm-Heizlast eines beheizten Raums (i) [W]</p> <p>$\Phi_{T, i}$: Norm-Transmissionswärmeverlust des beheizten Raums (i) [W]</p> <p>$\Phi_{V, i}$: Norm-Lüftungswärmeverlust des beheizten Raums (i) [W]</p> <p>f_x: Temperaturanpassungsfaktor [-]</p> <p>A_x: Fläche Bauelement [m^2]</p> <p>$U_{x, c}$: Wärmedurchgangskoeffizient Bauelement mit Berücksichtigung Wärmebrücken-Korrekturfaktor [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]</p> <p>θ_e: Norm-Außen-Temperatur [$^{\circ}C$]</p> <p>$\theta_{int, i}$: Norm-Innen-Temperatur [$^{\circ}C$]</p> <p>V_i: Innenvolumen des beheizten Raums (i) [m^3]</p> <p>n_i: Luftwechselrate des beheizten Raums (i) [h^{-1}]</p> <p>0,34: Produkt aus Dichte und spez. Wärmekapazität von Luft [$\frac{Wh}{m^3 \cdot K}$]</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.

Bauteilbezogener, anteiliger Heizwärmebedarf	$Q_H = F_x \cdot F_{GT} \cdot A_{Bauteil} \cdot U$	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 $\left[\frac{W}{m^2K}\right]$
Gradtagszahlfaktor	Durchschnittswert für Deutschland, Heizungsbetrieb mit Nachabsenkung = 82 kWh/a Länge der Heizperiode 275 Tage, Heizgrenztemperatur 15 °C (nicht saniert) = 75 kWh/a Länge der Heizperiode 220 Tage, Heizgrenztemperatur 12 °C (teilsaniert) = 66 kWh/a Länge der Heizperiode 185 Tage, Heizgrenztemperatur 10 °C (GEG-Standard)	
Temperaturkorrekturfaktor	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	
Äquivalenter U-Wert Fenster / Bilanzkennwert für transparente Bauteile	$U_{W,eq} = U_W - g \cdot S_F$	$U_{W,eq}$: 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 $\left[\frac{W}{m^2K}\right]$
Strahlungsgewinnkoeffizient	Nach E DIN/TS 18599-2, Werte für Einfamilienhäuser = 0,9 W/(m ² K) Nordfassade = 1,1 W/(m ² K) Ost-/Westfassade und Dachflächenfenster (Neigung < 15°) = 1,7 W/(m ² K) Südfassade	
Heizenergiebedarf und Heizenergieeinsparung	$Q_E = Q_H \cdot e$ $\Delta Q_E = Q_{E,IST} - Q_{E,NEU}$ $\Delta Q_E = Q_{H,IST} \cdot e_{IST} - Q_{H,NEU} \cdot e_{NEU}$	Q_E : Heizenergiebedarf $\left[\frac{kWh}{a}\right]$ Q_H : Heizwärmebedarf $\left[\frac{kWh}{a}\right]$ e : Endenergie-Aufwandszahl $[-]$

Energiebedarf für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung	$Q_E = (Q_H + Q_{TW}) \cdot e$	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 [-]																												
Endenergie-Aufwandszahl	Durchschnittswerte für die Raumheizung und Warmwasserbereitung (ohne Hilfsenergie) <table border="1" data-bbox="488 398 1479 786"> <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 Erreich</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 Erreich	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 Erreich	bis 1994	0,4																												
	ab 1995	0,3																												
Elektrowärmepumpe Luft	bis 1994	0,5																												
	ab 1995	0,4																												
Primärenergiebedarf für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung	$Q_P = (Q_H + Q_{TW}) \cdot e_P$ <p>Ohne Q_{TW} 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 [-]																												

Sommerlicher Wärmeschutz

Sonneneintragskennwert DIN 4108-2	$S_{vorh} = \frac{\sum_j (A_{w,j} \cdot g_{total,j})}{A_G}$ $g_{total,j} = g \cdot F_c$	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]
Anforderung nach DIN 4108-2	$S_{vorh} \leq S_{zul}$ $S_{zul} = \sum S_x$	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

Nutzung		Anteiliger Sonneneintragskennwert S_x						
		Wohngebäude			Nichtwohngebäude			
Klimaregion ^a		A	B	C	A	B	C	
Nachlüftung und Bauart								
S_1	Nachlüftung	Bauart ^b						
	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 Nachlüftung ^c 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 Nachlüftung ^d 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	
Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil f_{WG}^e								
S_2	$S_2 = a - (b \cdot f_{WG})$	a	0,060			0,030		
		b	0,231			0,115		
Sonnenschutzglas^{f,i}								
S_3	Fenster mit Sonnenschutzglas ^f mit $g \leq 0,4$	0,03						
Fensterneigung^{g,i}								
S_4	$0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ$ (gegenüber der Horizontalen)	$-0,035 \cdot f_{neig}$						
Orientierung^{h,i}								
S_5	Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fenster soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind	$+0,10 \cdot f_{nord}$						
Einsatz passiver Kühlung								
S_6	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: $\frac{C_{wirk}}{A_G} < 50 \frac{Wh}{m^2K}$</p> <p>Mittlere Bauart: $50 \frac{Wh}{m^2K} \leq \frac{C_{wirk}}{A_G} \leq 130 \frac{Wh}{m^2K}$</p> <p>Schwere Bauart: $\frac{C_{wirk}}{A_G} > 130 \frac{Wh}{m^2K}$</p>	C_{wirk} : wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K] c : wirksame Wärmekapazität [Wh/(kgK)] ρ : Rohdichte [kg/m ³] d : wirksame Schichtdicke [m] A : Bauteilfläche [m ²]

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

Pumpe Wirkungsgrad	$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$	η : Pumpenwirkungsgrad P_{ab} : abgegebene Leistung [W] P_{zu} : zugeführte Leistung [W]
Arbeit/Energie	$W = P \cdot t$	[P]: Leistung [W] W: elektrische / mechanische Energie [Wh] [t]: Zeit [h]
Wärmepumpe Leistungszahl Carnot –Wirkungsgrad	$COP = \epsilon = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{\dot{Q}_H}{P_{el}}$ $\eta_C = \frac{T_o - T_u}{T_o}$ $COP_{max} = \epsilon_C = \frac{1}{\eta_C}$ $COP = \nu \cdot \epsilon_C = \nu \cdot \frac{1}{\eta_C} = \nu \cdot \frac{1}{\frac{T_o - T_u}{T_o}}$	COP = ϵ : 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] η_C : Carnotwirkungsgrad $COP_{max} = \epsilon_C$: Carnot Leistungszahl ν : Gütegrad
Wärmepumpe Jahresarbeitszahl	$JAZ = \beta_{JAZ} = \frac{Q_{ab,g}}{Q_{h,f}} = \frac{Q_H}{W_{el}}$	JAZ = β_{JAZ} : Jahresarbeitszahl $Q_{ab,g}$ bzw. Q_H : Jahresnutzwärmeabgabe [Wh] $Q_{h,f}$ bzw. W_{el} : Antriebs- und Hilfsenergie [Wh]
Wärmepumpe Kälteleistung	$\dot{Q}_K = \dot{Q}_H - P_{el}$ $\dot{Q}_K = \dot{Q}_H - \frac{\dot{Q}_H}{COP}$	\dot{Q}_K : Kälteleistung [W] P_{ab} bzw. \dot{Q}_H : abgegebene Leistung [W] P_{zu} bzw. P_{el} : zugeführte Leistung [W] COP = ϵ : Leistungszahl
Photovoltaik 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 $\left[= 1 \frac{kW}{m^2}\right]$

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

Lüftung

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

Beleuchtung

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

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

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.