

Hinweise zur Handhabung der Handreichung

Die Handreichung ist so aufgebaut, dass die Berechnungsansätze der neuen DIN EN 12831 Schritt für Schritt erläutert werden. Dabei wird die "Grundformel" in gerahmter, grau hinterlegter und fett geschriebener Form dargestellt und mit einer „Formelnummer“ z.B. (3) versehen. (siehe nachfolgendes Beispiel)

$$H_{T,e} = A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \quad \text{in} \quad [W/K] \quad (3)$$

In nachfolgenden Schritten wird dann die Bedeutung und Herkunft eines jeden Formelzeichens erklärt und wenn nötig, Beispielrechnungen durchgeführt. Das betrachtete Formelzeichen wird dabei aus der wiederholt geschriebenen Grundformel schwarz hervorgehoben und mit einem Hinweispfeil ↓ versehen. Die nochmals dargestellte Grundformel wird mit einem * (z.B. 3*) gekennzeichnet.

Beispiel: $H_{T,e} = A \cdot (U + U_{WB})$ in [W/K] (3*)
↓

Sollte sich durch die Erklärung eines Formelzeichens eine neue "Grundformel" ergeben, wiederholt sich diese Prozedur. Die „Abarbeitung“ der einzelnen Formelzeichen kann sich somit über mehrere Seiten der Handreichung erstrecken.

Werden Werte aus der DIN EN 12831 (August 03) oder dem Beiblatt 1, Juli 2008 benötigt oder erklärt, so wird auf die DIN – Seite mit der mit der dazugehörigen Tabelle folgendermaßen hingewiesen:

zu finden → *DIN EN 12831 (Aug. 03) : Bild.. oder Tabelle.. Seite.. (wenn Ausgabe: August 2003 gemeint ist)*

zu finden → *Beiblatt 1 (Juli 2008): Bild.. oder Tabelle.. Seite.. (wenn das Beiblatt 1 gemeint ist)*

Gleiches gilt auch für Hinweise zur Handreichung: → *siehe Handreichung Seite....*

Durch **kursiv** geschriebene und **grau hinterlegte Kommentare** werden Formeln und Berechnungsschritte kommentiert, kritisch beleuchtet und Lösungsansätze gezeigt.

Auf **Änderungen**, die sich gegenüber dem Beiblatt 1 (2004) und 1/A1 2005 ergeben, wird als **Änderung!** gerahmt und grau hinterlegten aufmerksam gemacht.

Ständige Wiederholungen von Rechenschritten und Erläuterungen, zum Teil durch Hinweispfeile gekennzeichnet, sollen zur Festigung der Inhalte beitragen.

Die auf der nachfolgenden Seite 3 der Handreichung dargestellte Grundrisskizze mit den dazugehörigen Baubeschreibungen und Projektdaten wird in der Ausarbeitung bei vielen angeführten Erläuterungen und Berechnungen als Beispiel herangezogen. Durch Rundungen können einzelne Ergebnisse leicht voneinander abweichen. Die Grundrisskizze dient auch als Grundlage für die abschließenden Beispiel-Berechnungen ab Seite 62.

Ein **Inhaltsverzeichnis** und ein **Stichwortverzeichnis** (ab Seite 113) soll Ihnen die Arbeit mit der Handreichung erleichtern

Grundlagen der Berechnung:

- **DIN EN 12831** Heizungsanlagen in Gebäuden
Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
(August 2003)

Diese europäische DIN – Vorschrift beschreibt das Berechnungsverfahren.

- **DIN EN 12831 Beiblatt 1** Heizsysteme in Gebäuden –
Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
Nationaler Anhang NA (Juli 2008)

*Dieses Beiblatt enthält (für Deutschland) Informationen zu DIN EN 12831, wie Norm außen-temperaturen, Isothermenkarte Tabellenwerte usw. jedoch **keine** zusätzlichen genormten Festlegungen.*

Änderung! Die DIN EN 12831 Beiblatt 1, Juli 2008, Nationale Anhang NA ist als Ersatz für das Beiblatt 1: 2004-04 und das Beiblatt 1/A1: 2005-03 herausgegeben worden, da das Arbeiten mit diesen beiden Regelwerken zu sehr hohe Rechenergebnissen (Heizlasten), vor allem im Vergleich zur alten Wärmebedarfsberechnung nach DIN 4701 führten und in der Praxis große Irritationen auslösten.

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V \quad \text{in Watt [W]} \quad (1^*)$$

↓

1.1.1 Der Norm- Transmissionswärmeverlust eines beheizten Raumes

Φ_T wird berechnet:

$$\Phi_T = (H_{T,e} + H_{T,ue} + H_{T,g} + H_{T,j}) \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad \text{in Watt} \quad (2)$$

→ θ (griechisch Theta, Druckbuchstabe, neues Formelzeichen, bisher ϑ)

Aus der Formel (2) ist zu erkennen, dass alle Wärmeverlustkoeffizienten mit der Temperaturdifferenz: $(\theta_{int} - \theta_e) \rightarrow$ (Innentemperatur – Außentemperatur) multipliziert werden.

→ e = extern (für: außen) $\theta_e \rightarrow$ siehe Handreichung Seite 27
 → int. = intern (für: innen) \rightarrow siehe Handreichung Seite 27

Der Wärmeverlustkoeffizient H_T wurde eingeführt, damit Verluste von Bauteilen eines Projektes, unabhängig von der jeweiligen tiefsten Außentemperatur „vergleichbar“ sind.

Durch das nachfolgende multiplizieren der Koeffizienten mit der Temperaturdifferenz Innen – Außen, kann man den Wärmeverlust eines jeden Bauteils einer bestimmten „Gegend“ zuordnen.

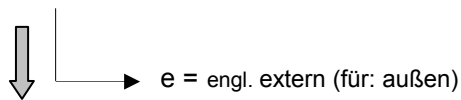
Beispiel: AW: $H_T = 2,50 \text{ W/K}$:

Bauteil in Trier -10°C , $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$: $\Phi_T = 2,50 \times (20 - (-10)) = 75 \text{ W}$

Bauteil in Jena -14°C , $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$: $\Phi_T = 2,50 \times (20 - (-14)) = 85 \text{ W}$

Hier ist die (gewollte) Verbindung zur EnEV (DIN 832, DIN 4108-6) hergestellt

$$\Phi_T = (H_{T,e} + H_{T,ue} + H_{T,g} + H_{T,j}) \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad \text{in Watt} \quad (2^*)$$



1.1.11 Der Transmissions-Wärmeverlustkoeffizient der Bauteile des Raumes die direkt an die Außenluft grenzen.

$H_{T,e}$ wird berechnet:

$$H_{T,e} = A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \quad \text{in [W/K]} \quad (3) \quad \text{zwei Stellen nach dem Komma}$$

Summenzeichen (griechisch groß Sigma), bedeutet, dass alle Transmissionswärmeverluste der Außenflächen wie Außenfenster, Außenwände usw. berechnet und addiert (aufsummiert) werden.

Alle Bauteile die direkt an die Außenluft grenzen (wie Außenwand (AW), Außenfenster (AF), Dach (DA) usw. werden mit einer korrigierten Wärmedurchgangszahl ($U + \Delta U_{WB}$) multipliziert.

(Die U -Zahl vergrößert (verschlechtert) sich durch Addition des Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} .)

$$\text{z.B. } H_{T,e} = A_{AW} (U_{AW} + U_{WB}) + A_{AF} (U_{AF} + U_{WB}) + \dots + \quad \text{in [W/K]}$$

$$H_{T,e} = A \cdot (U + U_{WB}) \quad \text{in [W/K]} \quad (3^*)$$



Die **Fläche der Bauteile**, an die Außenluft grenzend. in [m²] eine Stelle nach dem Komma

Für die Bezeichnungen und Berechnung von A gilt

Bezeichnungen: **AW** für Außenwand, **AF** für Außenfenster, **DA** für Dach, **FB** für Fußboden
DE für Decke, **IW** für Innenwand, **IT** für Innentür

Fenster und Türen: **Mauer - Öffnungsmaße** in [m] zwei Stellen nach dem Komma

Höhen der Wände: **Geschosshöhe** in [m] zwei Stellen nach dem Komma



$$H_{T,e} = A \cdot (U + U_{WB}) \quad \text{in [W/K]} \quad (3^*)$$



Der **Wärmedurchgangskoeffizient** in [W/m²K]

Der Wärmedurchgangskoeffizient **U** muss nach der europäischen Norm DIN EN ISO 6946 (Okt.2003) berechnet werden. → $U = 1/R_T$ in [W/m²K].

Achtung: Sollte die Berechnung des U – Wertes nach DIN **6946** unter Berücksichtigung des Punktes 5.4 „Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume“ erfolgen, entfällt die Berechnung von b_u . (b_u → siehe Handreichung ab Seite12)

$$H_{T,e} = A \cdot (U + U_{WB}) \quad \text{in [W/K]} \quad (3^*)$$



WB für Wärmebrücken

Der **Wärmebrücken-Korrekturfaktor** gilt für **alle** Bauteile an Außenluft grenzend.

U_{WB} ist zu finden → **Beiblatt 1 (Juli 2008): Tabelle 5 Seite 21**

U_{WB} entspricht dem Wärmebrückenzuschlag des EnEV Nachweises (DIN V 4108-6) Wie beim EnEV – Nachweis, kann **bei der bauseitigen Ausführung der Bauteilanschlüsse (Wärmebrücken) gemäß DIN 4108, Beiblatt 2** für alle wärmeübertragenden Flächen einen Zuschlag für U_{WB} von **0,05 W/m²K** eingesetzt werden. **Ohne** bauseitige Berücksichtigung der Wärmebrückenausführung nach DIN 4108 Beiblatt 2 (z.B. kein Nachweis möglich) muss $U_{WB} = 0,10$ W/m²K eingesetzt werden. (z.B. bei der Berechnung von bestehenden Gebäuden) Durch die Erhöhung der U – Zahl um 0,05 bzw. 0,10 W/m²K wird die „Verschlechterung“ der U-Zahl (größerer Wert → höhere Heizlast) eines Bauteils durch Wärmebrücken berücksichtigt.

Daraus folgt:

In der **täglichen Praxis** wird bei der Berechnung eines **Neubaus** (fast) immer der Wert von:

$\Delta U_{WB} = 0,05$ [W/m²K] einzusetzen sein! (Ausführung nach DIN 4108 Teil 2 bestätigen lassen!)

Bei der Berechnung **bestehender Gebäude** (Ausführung der Wärmebrücken nicht bekannt) oder wenn der **Nachweis** nach DIN 4108 **nicht garantiert wird**, gilt der Wert von:

$\Delta U_{WB} = 0,10$ [W/m²K]

ΔU_{WB} ermittelt durch **detaillierten Nachweis** mit dem längenbezogenen Koeffizienten ψ der Wärmebrücken, nach DIN EN ISO 10211, wird nur in **sehr seltenen** Ausnahmefällen (z.B. wenn vom Auftraggeber verlangt) zur Anwendung kommen!
→ nicht praxisnah!

Beispielberechnung für $H_{T,e}$ und Φ_T :

Außenwand und Außenfenster des Raumes 1.1 (Kind)

grenzt an Außenluft. (e =extern)

Geschosshöhe: 2,80 m

U- Außenwand: 0,34 W/m²K ($U_{WB} = 0,05$ W/m²K)

U- Außenfenster: 1,10 W/m²K ($U_{WB} = 0,05$ W/m²K)

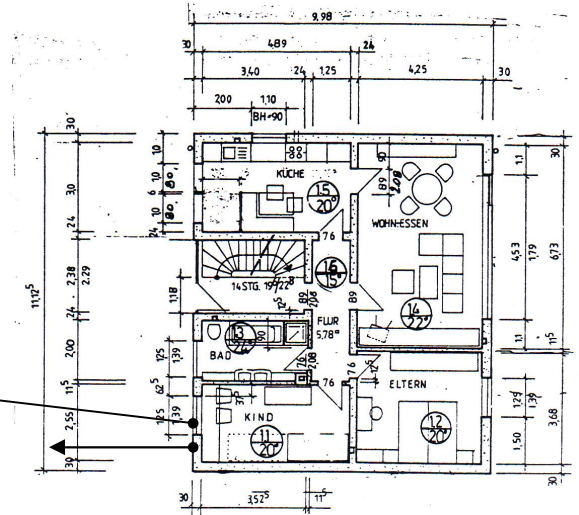
Normaußentemperatur: -10°C

Flächen:

Außenfenster: 1,25 m • 1,39 m = 1,7 m²

Außenwand: (0,30 m + 2,55 m + 0,115/2) • 2,80 m
= 8,1 m² - 1,7 m² - 2,92 • 0,50 = 5,00 m²

(Fenster) (Wand im Erdreich)



Die Wand an das Erdreich muss nicht als Abzugsfläche eingesetzt werden, man kann auch beide Wandflächen (Wand an Außenluft mit 2,30 m und Wand an das Erdreich mit 0,5 m) getrennt berechnen.

$$H_{T,e} = A_{AW} \cdot (U_{AW} + U_{WB}) + A_{AF} \cdot (U_{AF} + U_{WB})$$

$$H_{T,e} = 5,00 \text{ m}^2 \cdot (0,34 + 0,05) \text{ W/m}^2\text{K} \\ = 5,00 \text{ m}^2 \cdot 0,39 \text{ W/m}^2\text{K} = \underline{1,95 \text{ W/K}}$$

$$\Phi_T = 1,95 \text{ W/K} \cdot (20 - (-10))\text{K} = \underline{59 \text{ W}} \quad (\text{Außenwand an Außenluft})$$

$$H_{T,e} = 1,7 \text{ m}^2 \cdot (1,10 + 0,05) \text{ W/m}^2\text{K} \\ = 1,7 \text{ m}^2 \cdot 1,15 \text{ W/m}^2\text{K} = \underline{1,96 \text{ W/K}}$$

$$\Phi_T = 1,96 \text{ W/K} \cdot (20 - (-10))\text{K} = \underline{59 \text{ W}} \quad (\text{Außenfenster an Außenluft})$$

Wie sieht die Berechnung im Formblatt aus?

Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	angrenzende Temperatur	Korrekturfaktoren	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlustkoeffizient	Transmissionswärmeverlust
		n	b	l/h	A _{Brutto}	A _{Abzug}	A _{Netto}	e/u	θ_u/θ_b	e/b_u f_{g2}/f_{ij}	U	ΔU_{WB}	$U_{e/equiv}$	H_T	Φ_T
			m					g/b	°C		W/m ² K			W/K	W
W	AW	1	2,91	2,80	8,2	3,2	5,0	e	-10	1,0	0,34	0,05	0,39	1,95	59
	AF	1	1,25	1,39	1,7		1,7	e	-10	1,0	1,10	0,05	1,15	1,96	59
	AW	1	2,91	0,50	1,5										

dient **nur** der Orientierung
(kein Einfluss auf die Berechnung)

1,7+1,5

(U + ΔU_{WB})
1,15 W/m²K • 1,7m² = 1,96 W/K

extern → grenzt direkt
an Außenluft

1,95 W/K • 30K

1,96W/K • 30K

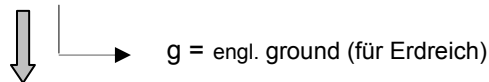
Abzugsflächen (hier: Fenster **und** Wandteil im Erdreich)

Die Wand an das Erdreich muss nicht als Abzugsfläche eingesetzt werden, man kann auch beide Wandflächen (Wand an Außenluft mit 2,30 m und Wand an das Erdreich mit 0,5 m) getrennt berechnen.

Abzugsflächen werden **nach** der Bruttofläche eingetragen!

(Einige Rechenprogramme setzen die Abzugsflächen auch vor die Bruttofläche)

$$\Phi_T = (H_{T,e} + H_{T,ue} + H_{T,g} + H_{T,j}) \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad \text{in Watt} \quad (2^*)$$



 g = engl. ground (für Erdreich)

1.1.1.3 Der Transmissions-Wärmeverlustkoeffizient der Bauteile des Raumes die an das Erdreich grenzen.

$H_{T,g}$ wird berechnet:

$$\boxed{H_{T,g} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A \cdot U_{equiv.} \cdot G_W} \quad \text{in} \quad [W/K] \quad (5)$$

$$H_{T,g} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A \cdot U_{equiv.} \cdot G_W \quad \text{in} \quad [W/K] \quad (5^*)$$



Der **Korrekturfaktor** für die jährliche Schwankung der Außentemperatur

Es gilt für f_{g1} : f_{g1} ist ein konstanter Wert: $\boxed{f_{g1} = 1,45}$ (immer!)

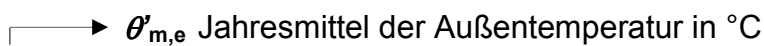
$$H_{T,g} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A \cdot U_{equiv.} \cdot G_W \quad \text{in} \quad [W/K] \quad (5^*)$$



Der **Reduktionsfaktor** für Temperaturdifferenz zwischen Norm-Außentemperatur und dem Jahresmittel der Außentemperatur (→ gleiche Bedeutung wie b_u)

f_{g2} wird berechnet:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int} - \theta'_{m,e}}{\theta_{int} - \theta_e}$$



 $\theta'_{m,e}$ Jahresmittel der Außentemperatur in °C

$\theta'_{m,e}$ zu finden → **Beiblatt 1 (Juli 2008): Tabelle 1 Seite 8 – 18 (letzte Spalte) oder Tabelle 3 Seite 20**

Achtung: Wert darf gerundet werden (ohne Komma)

Beispiel: Trier: $\theta'_{m,e} = 8,8 \text{ °C}$ → gerundet: 9 °C , Rauminnentemperatur 20 °C

$$f_{g2} = \frac{20 - 9}{20 - (-10)} = 0,37$$

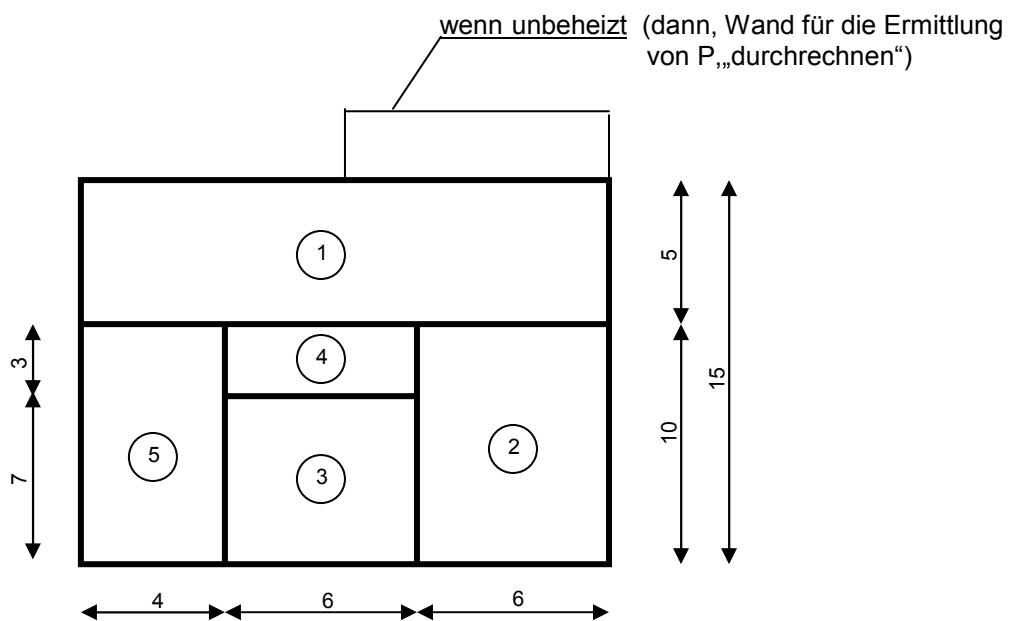
1. $U_{\text{Boden}} \geq 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($\rightarrow U_{\text{Boden}} = U_{\text{Bauteil}} + \Delta U_{\text{WB}}$)

\rightarrow dann muss **B'** raumweise getrennt berechnet werden!

In der DIN 12831 wird diese Verfahrensweise als „sichere Berechnung“ bezeichnet, d.h. diese Berechnung kann immer durchgeführt werden, unabhängig vom U_{Boden} – Wert.
Die raumweise getrennte Berechnung muss auch bei nicht zusammenhängenden beheizten Räumen durchgeführt werden. (auch dann, wenn $U_{\text{Boden}} < 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$)
z.B. nur Raum 1 und Raum 3 (untenstehende Skizze) wären beheizt.

Beispiel für die raumweise getrennte Berechnung von $U_{\text{equiv,bf}}$:

Annahme: $U_{\text{Fussboden}} + \Delta U_{\text{WB}} = U_{\text{Boden}} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$; $z = 1,5 \text{ m}$



Raum 1: $B' = \frac{16 \cdot 5}{0,5 \cdot (5 + 16 + 5)} = 6,15\text{m}$

$\rightarrow U_{\text{equiv,bf}} = \underline{0,33 \text{ W/m}^2\text{K}}$

\rightarrow DIN 12831(Aug. 03) Tab. 5 Seite 20 (linear interpoliert)

Raum 2: $B' = \frac{6 \cdot 10}{0,5 \cdot (6 + 10)} = 7,50\text{m}$

$\rightarrow U_{\text{equiv,bf}} = \underline{0,30 \text{ W/m}^2\text{K}}$

\rightarrow DIN 12831 (Aug. 03) Tab.5 Seite 20 (linear interpoliert)

Raum 3: $B' = \frac{6 \cdot 7}{0,5 \cdot 6} = 14,00\text{m}$

$\rightarrow U_{\text{equiv,bf}} = \underline{0,22 \text{ W/m}^2\text{K}}$

\rightarrow DIN 12831 (Aug. 03) Tabelle 5 Seite 20

Raum 5: $B' = \frac{4 \cdot 10}{0,5 \cdot (4 + 10)} = 5,71\text{m}$

$\rightarrow U_{\text{equiv,bf}} = \underline{0,33 \text{ W/m}^2\text{K}}$

\rightarrow DIN 12831 (Aug. 03) Tab. 5 Seite 20 (linear interpoliert)

Merke: Je kleiner B' (bei gleichem A_g), desto größer $U_{\text{equiv,bf}}$ d.h. desto größer der Wärmeverlust

$$\Phi_T = (H_{T,e} + H_{T,ue} + H_{T,g} + H_{T,j}) \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad \text{in Watt} \quad (2^*)$$



1.1.1.5 Die Norminnentemperatur des beheizten Raumes in °C

θ_{int} ist zu finden → Beiblatt 1 (Juli 2008) : Tabelle 4 Seite 20

In der DIN EN 12831 und im Beiblatt 1 ist man dazu übergegangen, nur noch wenige Norminnentemperaturen festzulegen.

Die Temperaturen sollten überwiegend mit dem Bauherrn **vereinbart werden**. (einzutragen im Formblatt V → siehe Handreichung Seite 67)

$$\Phi_T = (H_{T,e} + H_{T,ue} + H_{T,g} + H_{T,j}) \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad \text{in Watt} \quad (2^*)$$



1.1.1.6 Die Norm- Außentemperatur in °C

Für die Bestimmung der Norm- Außentemperatur θ_e gilt:

$$\theta_e = \theta'_e + \Delta\theta_e \quad \text{in } [^\circ\text{C}] \quad (7)$$

Änderung! Gegenüber dem Beiblatt 1, April 2004 kann die Normaußentemperatur in Abhängigkeit einer thermischen Zeitkonstante $\tau = C_{\text{wirk}}/H$ nun angehoben (mit $\Delta\theta_e$ korrigiert) werden. → siehe Handreichung Seiten 28;29 sowie 54 - 56

$$\theta_e = \theta'_e + \Delta\theta_e \quad \text{in } [^\circ\text{C}] \quad (7^*)$$



Außentemperatur


(tiefste Zweitagesmittel der Lufttemperatur, das 10-mal in 20 Jahren erreicht oder unterschritten wurde)

θ'_e ist zu finden → Beiblatt 1 (Juli 2008) : Tabelle 1 Seiten 8-18

oder → Isothermenkarte Bild 1 Seite 19

oder → Klimazonen Tabelle 3 Seite 20

In Tabelle 1 enthält die Norm- Außentemperaturen θ'_e für Städte mit mehr als 20 00 Einwohnern. Für Orte, die nicht in Tabelle 1, Seite 8 - 18 enthalten sind, ist als Normaußentemperatur der Wert des nächstgelegenen in der Tabelle aufgeführten Ortes ähnlicher klimatischer Lage, anzusetzen. Die in Tabelle 1 genannten Temperaturen sind Anhaltswerte, die aufgrund witterungsbedingter Gegebenheiten auch unterschritten werden können.

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V \quad \text{in Watt} \quad (1^*)$$


1.1.2 Der Norm-Lüftungswärmeverlust eines beheizten Raumes

Φ_V wird berechnet:

$$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad \text{in Watt} \quad (8)$$

$$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad \text{in [W]} \quad (8^*)$$



1.1.2.1 Der Norm- Lüftungswärmeverlust-Koeffizient H_V in [W/K]

Auch hier wird zuerst der (für jede Gegend vergleichbarer) Wärmeverlustkoeffizient berechnet, der dann mit der Temperaturdifferenz $\theta_{int} - \theta_e$, (innen – außen) multipliziert wird.

H_V wird berechnet:

$$H_V = \dot{V} \cdot 0,34 \quad \text{in [W/K]} \quad (9)$$

Der Berechnungsweg:

Der **größte** zu erwärmende **Luftvolumenstrom** muss **bestimmt** werden, der dann als **→ thermisch wirksamer Luftvolumenstrom \dot{V}** in die Berechnung eingeht. Mit diesem thermisch wirksamen Luftvolumenstrom wird der Lüftungswärmeverlust bestimmt.

→ siehe → Handreichung Seiten 35

$$H_V = \dot{V} \cdot 0,34 \quad \text{in [W/K]} \quad (9^*)$$



Der (größte) **zu erwärmende Luftvolumenstrom** des beheizten Raumes in [m³/h].
(thermisch wirksamer Luftvolumenstrom)

Die Ermittlung von \dot{V} :

Bei der Ermittlung von \dot{V} muss unterschieden werden:

- a.) Handelt es sich um **Räume ohne ventilatorgestützte Lüftungsanlagen?**
(natürliche Belüftung)
- b.) Handelt es sich um **Räume mit ventilatorgestützten Lüftungsanlagen?**

Zu a.)

Bestimmung von \dot{V} bei Räumen ohne ventilatorgestützte Lüftungsanlagen: (natürliche Belüftung)

*Hier wird angenommen, dass Außenluft mit (evtl. korrigierter) Normaußentemperatur (tiefster Wert → ungünstigster Fall), die durch undichte Stellen, oder aus hygienischer Notwendigkeit in den Raum gelangt, auf Raumtemperatur erwärmt werden muss.
Diese Berechnung wird im Wohnungsbau in den **häufig** Anwendung finden.*

Bei der Bestimmung von \dot{V} wird bei Räumen ohne ventilatorgestützte Lüftungsanlagen (natürliche Belüftung) unterschieden, ob die zu erwärmende Außenluftmenge

- a₁.) durch die **Undichtigkeiten des Gebäudes** (Fugen usw.) in Folge „anstehenden Winddruckes“ \dot{V}_{inf} (inf = infiltrierte → eindringende Luft) oder
- a₂.) durch den **hygienisch notwendigen** Mindestvolumenstrom \dot{V}_{min} zustande kommt.

($\dot{V} = \max(\dot{V}_{\text{inf}}, \dot{V}_{\text{min}})$) heißt: → größter Wert (entweder \dot{V}_{inf} oder \dot{V}_{min})

→ beide Fälle“ müssen berechnet und verglichen werden, wobei der größere Wert dann als **thermisch wirksamer Luftvolumenstrom \dot{V}_{therm}** in die Rechnung eingeht.

zu a₁.)

Die Berechnung der eindringenden Außenluftmenge \dot{V}_{inf} durch Undichtigkeiten des Gebäudes (infolge anstehendem Winddruckes) in [m³/h]

Es gilt für \dot{V}_{inf} :

$$\dot{V}_{inf} = 2 \cdot V_R \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon \quad \text{in} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (10)$$

↳ inf = infiltriert = eindringend

$$\dot{V}_{inf} = 2 \cdot V_R \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon \quad \text{in} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (10^*)$$

Fester Wert

Faktor 2 berücksichtigt den ungünstigsten Fall. → Wind nur aus einer Richtung.
(Korrektur für den n_{50} – Wert z.B. Blower door), der sich auf das gesamte Gebäude bezieht)

$$\dot{V}_{inf} = 2 \cdot V_R \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon \quad \text{in} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (10^*)$$

Das **Raumvolumen** in [m³]

Bei der Ermittlung des Raumvolumens, **Innenmaße** (also: Raumhöhe!) in [m] einsetzen!

$$\dot{V}_{inf} = 2 \cdot V_R \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon \quad \text{in} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (10^*)$$

Der **Luftwechsel bei 50 Pa** Druckdifferenz in [1/h]

n_{50} Werte sind zu finden → Beiblatt 1 (Juli 2008) Tabelle 9 Seite 27

Änderung! Die n_{50} -Werte sind gegenüber dem Beiblatt 1 (April 2004) neu angepasst. Jetzt in Abhängigkeit der Kategorie und von der „Gebäudeerrichtung“!

Tabellenwerte gelten normalerweise für das gesamte Gebäude, können aber raumweise angepasst werden. Abweichende n_{50} Werte können im Einzelfall z.B. bei größeren Abweichungen der Dichtheit eingesetzt werden.

Ist die Einstufung nicht eindeutig möglich, kann zur Bestimmung des n_{50} -Wertes eine Dichtheitsprüfung (zur Zeit der Heizlastberechnung schon möglich??) oder der nächst ungünstigere Tabellenwert eingesetzt werden. (andere Druckunterschiede als 50 Pa für das gesamte Gebäude können angegeben werden → nicht praxisnah)

Der n_{50} -Wert ist **abhängig von der Kategorie. (Richtwerte für die Luftdichtheit).**

Die „Luftdichtheit“ muss vor der Berechnung **unbedingt abgeklärt** werden, da sich z.B. der Wert für \dot{V}_{inf} zwischen Kategorie Ia und Ib **verdoppeln kann!**

zu b₁.)

Die Berechnung bei einem ausgewogenen Lüftungssystem

Bei diesem System geht man davon aus, dass durch die ausgewogene Bilanz (**Zuluftmenge = Abluftmenge**) das mechanische Lüftungssystem keinen Unterdruck im Gebäude zur Außenumgebung erzeugt, sondern nur innerhalb des Gebäudes zwischen den einzelnen Räumen. (also kein $\dot{V}_{\text{mech,inf,e}}$)

$$\dot{V} = \dot{V}_{\text{inf.}} + \dot{V}_{\text{su}} \cdot f_{v,\text{su}} + \dot{V}_{\text{mech,inf,e}} + \dot{V}_{\text{mech,inf,j}} \cdot f_{v,\text{mech,inf,j}} \quad \text{in [m}^3/\text{h]} \quad (12^*)$$



Der **infiltrierte Außenluftvolumenstrom** in [m³/h]

Berechnung wie bei der natürlichen Belüftung → siehe Handreichung ab Seite 32 ($\dot{V}_{\text{inf}} = 2 \cdot V_R \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon$)

Dabei wird davon ausgegangen, dass auch beim Einsatz einer RLT- Anlage, Außenluft durch anstehenden Winddruck (Unterdruck) eindringt, und auf Raumtemperatur erwärmt werden muss.

$$\dot{V} = \dot{V}_{\text{inf.}} + \dot{V}_{\text{su}} \cdot f_{v,\text{su}} + \dot{V}_{\text{mech,inf,e}} + \dot{V}_{\text{mech,inf,j}} \cdot f_{v,\text{mech,inf,j}} \quad \text{in [m}^3/\text{h]} \quad (12^*)$$



Der **Zuluftvolumenstrom** des Raumes in [m³/h] (su = engl. supply (versorgen, zuführen))

Die in den Raum eingeblasene Luftmenge (Zuluftvolumenstrom der RLT – Anlage) muss berücksichtigt werden. (z.B. eingeblasene Luftmenge bei einer kontrollierten Wohnungslüftung muss auf Raumtemperatur erwärmt werden) → siehe Handreichung ab Seite 42 (Beispielrechnung)

$$\dot{V} = \dot{V}_{\text{inf.}} + \dot{V}_{\text{su}} \cdot f_{v,\text{su}} + \dot{V}_{\text{mech,inf,e}} + \dot{V}_{\text{mech,inf,j}} \cdot f_{v,\text{mech,inf,j}} \quad \text{in [m}^3/\text{h]} \quad (12^*)$$



Der **Temperaturreduktionsfaktor** für den Zuluftvolumenstrom

Die Zuluft wird in der Regel nicht mit Außenlufttemperatur, sondern im „vorgewärmten“ Zustand (z.B. nach dem Wärmetauscher bei Wärmerückgewinnung) eingeblasen.

Da aber zuerst der Wärmeverlustkoeffizient H_V bestimmt, und dieser anschließend mit der Normtemperaturdifferenz (innen- außen) multipliziert wird, muss auch hier mit ein Temperaturreduktionsfaktor (hier: $f_{v,\text{su}}$) multipliziert werden.

→ Die Vorgehensweise ist gleich der Rechnung wie mit den Reduktionsfaktoren f_j ; f_g bzw. b_u .

$f_{V,su}$ wird berechnet:

$$f_{V,su} = \frac{\theta_{int} - \theta_{su}}{\theta_{int} - \theta_e}$$

Zulufttemperatur am Luftauslass

Beispiel: (Kind 1.1) → siehe Handreichung Formblatt Seite 45

Lüftungsanlage: Zulufttemperatur am Luftauslass: $\theta_{su} = 12^\circ\text{C}$ → siehe Handreichung Seite 43
 Raumtemperatur: $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$
 Außentemperatur: $\theta_e = -10^\circ\text{C}$

$$f_{V,su} = \frac{20 - 12}{20 - (-10)} = 0,27$$

Achtung: θ_{su} kann auch über θ_{int} liegen → also **WÄRMEGEWINN!** ($f_{V,su}$ ist dann negativ)!
 z.B. wenn die Zulufttemperatur über der Raumtemperatur liegt → Erwärmung mit externen
 Luftherwärmern) Beispiel: $\theta_{su} = 22^\circ\text{C}$ (hier angenommen); $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$; $\theta_e = -10^\circ\text{C}$

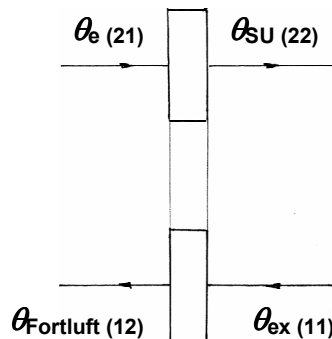
$$f_{V,su} = \frac{20 - 22}{20 - (-10)} = -0,062$$

Ist bei der Lüftungsanlage eine Wärmerückgewinnung vorhanden, so kann die Temperatur der Zuluft: θ_{su} mit dem Wärmerückgewinnungsgrad: η_{WRG} des Wärmeübertragers, der am Wärmerückgewinner eingehenden Ablufttemperatur der Lüftungsanlage θ_{ex} und der Normaußentemperatur: θ_e bestimmt werden.
 → Beiblatt 1 (Juli 2008) S. 26

Es gilt dann: (umgestellt nach θ_{su})

$$\theta_{su} = \eta_{WRG} \cdot (\theta_{ex} - \theta_e) + \theta_e \text{ in } [^\circ\text{C}]$$

(z.B. $\eta_{WRG} = 70\%$, η_{WRG} wird dann mit 0,70 eingesetzt.)



Nach VDI 2071 gilt:

$$\eta = \frac{\theta_{22} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}}$$

Bei Anlagen ohne Vorwärmung der Außenluft darf für η_{WRG} **max. 80%** eingesetzt werden. „Andere Fälle“ (z.B. Vorwärmung mit Erdwärmetauscher) müssen vom Planer begründet festgelegt werden. (d.h. es können höhere Zulufttemperaturen θ_{su} angenommen werden). Abzuwägen ist, ob für θ_e (wenn korrigiert) evtl. nicht θ'_e eingesetzt werden soll

Beispiel:

Außentemperatur: $\theta_e = -10^\circ\text{C}$
 Ablufttemperatur: $\theta_{ex} = 21^\circ\text{C}$ (hier angenommen)
 Raumtemperatur: $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$

θ_{ex} wird als Mischtemperaturen der einzelnen Abluftströme \dot{V}_{ex} der Lüftungsanlage, die in die Wärmerückgewinnung geleitet werden, berechnet (arithmetisches Mittel)
Beispielrechnung → siehe Handreichung ab Seiten 43 u. 44

Wird die Wiederaufheizleistung Φ_{RH} berücksichtigt, dann gilt:

$$\Phi_{RH} = A \cdot f_{RH} \quad \text{in [W]} \quad (13)$$

↳ Zusätzliche Aufheizleistung durch unterbrochenes Heizen. (RH = engl. Reheat)

$$\Phi_{RH} = A \cdot f_{RH} \quad \text{in [W]} \quad (13^*)$$

Die **Fußbodenfläche** des Raumes in [m²] → **Es gelten Innenmaße!**

$$\Phi_{RH} = A \cdot f_{RH} \quad \text{in [W]} \quad (13^*)$$

Der **Wiederaufheizfaktor** in [W/m²]

Wie wird f_{RH} ermittelt?

Das Hauptproblem bei der Ermittlung von f_{RH} besteht in der Annahme bzw. der Ermittlung des Innentemperaturabfalls während der Absenckphase, da mehrere Einflussgrößen diese Innentemperaturänderung und damit f_{RH} beeinflussen:

- Wärmeschutzniveau des Gebäudes („Qualität“ der Dämmung)
- Bauschwere des Gebäudes (Gebäudemasse z.B. massive Bauweise)
- Luftwechsel des Raumes während der Absenckphase
- Aufheizzeit nach der Absenckphase → geht „stark“ in die Größe von f_{RH} ein!
- Nutzerverhalten

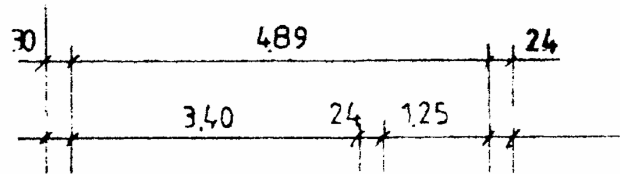
Unter Beachtung dieser Einflussgrößen sind zwei Möglichkeiten zur näherungsweisen Ermittlung von f_{RH} gegeben:

a.) Ermittlung des Wiederaufheizfaktors f_{RH} aufgrund des Nutzungsprofils

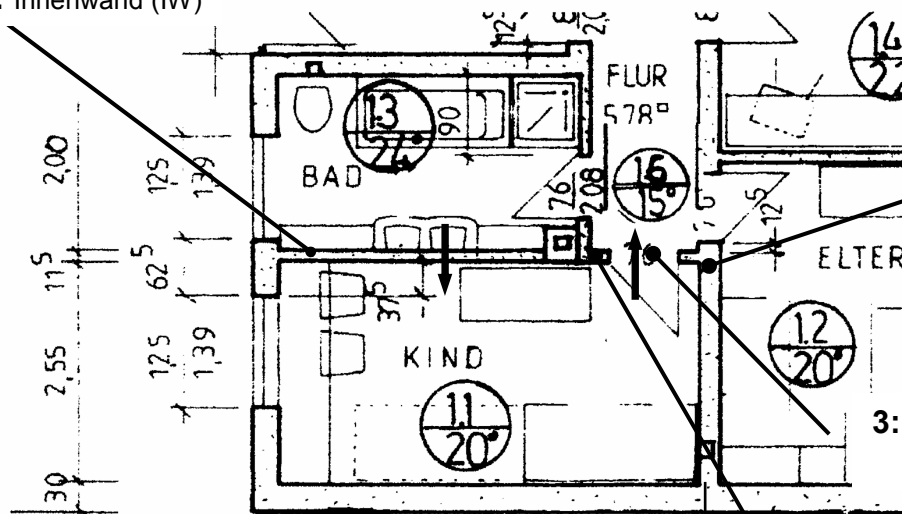
Dieses Verfahren ist jedoch **nur möglich** wenn:

- das Gebäude mindesten das Wärmeschutzniveau der WSchV 1995 aufweist.
- die mittlere Raumhöhe unter 3,5 m liegt.
- der Außenluftwechsel während der Aufheizphase gleich oder kleiner 0,3 h⁻¹ ist.
- die minimal zulässige Temperatur in der Absenckphase (Stütztemperatur) 15°C beträgt. *d.h. der Raum kann nicht unter 15°C „fallen“ → Aufgabe der Regelungstechnik*

f_{RH} ist zu finden → **Beiblatt 1 (Juli 2008): Tabelle 12 u. 13, Seite 30**



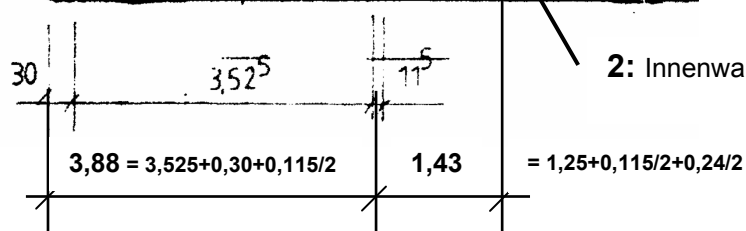
1: Innenwand (IW)



Wand zu Raum 1.2 gleiche Temperatur:
 → kein Wärmestrom wird **nicht** berücksichtigt und **nicht** ins Formilar eingetragen

3: Innentür (IT) 0,76 x 2,08 (Öffnungsmaß)

2: Innenwand (IW)



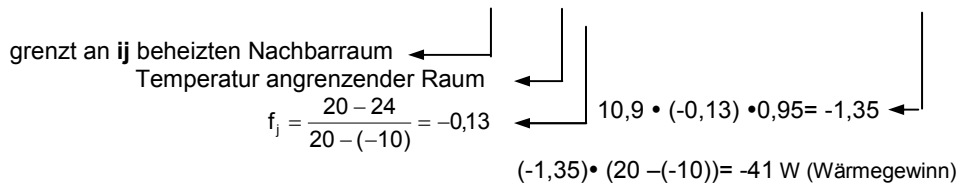
b.) Transmissionswärmeverluste

Hinweis: Bei der Ausfüllung der Tabelle wird immer mit dem Bauteil Nordrichtung (oben) begonnen und im Uhrzeigersinn weitergerechnet, anschließend FB und DE.
 Bei den Außenwänden wird hier der erdreichberührte Teil wie Öffnungen von der gesamten Wand abgezogen. (kann auch getrennt mit „eigener“ Höhe gerechnet werden)
Um die eingetragenen Werte besser nachvollziehen zu können, ist die Spalte „Orientierung“ hier nummeriert!

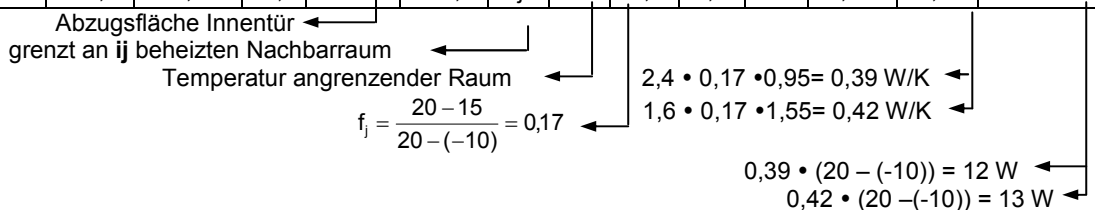
Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Flächen			grenzt an	angrenzende Temperatur	Korrekturfaktoren	U-Wert	Korrekturewert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlustkoeffizient	Transmissionswärmeverlust
					A _{Brutto}	A _{Abzug}	A _{Netto}								
		n	b	l/h	m			e/u g/lj	Θ _U /Θ _b °C	e/b _U f _{g2} /f _i	W/m ² K		H _T W/K	Φ _T W	
1	IW	1	3,88	2,80	10,9		10,9	ij	24	-0,13	0,95		0,95	-1,35	-41
2	IW	1	1,43	2,80	4,0	1,6	2,4	ij	15	0,17	0,95		0,95	0,39	12
3	IT	1	0,76	2,08	1,6		1,6	ij	15	0,17	1,55		1,55	0,42	13
4 S	AW	1	5,31	2,80	14,9	2,7	12,2	e	-10		0,34	0,05	0,39	4,76	143
5 S	AW	1	5,31	0,50	2,7		2,7	g	9	0,37	0,34	0,05	0,32	0,53	16
6 W	AW	1	2,91	2,80	8,2	3,2	5,0	e	-10		0,34	0,05	0,39	1,95	59
7 W	AF	1	1,21	1,39	1,7		1,7	e	-10		1,10	0,05	1,15	1,96	59
8 W	AW	1	2,91	0,50	1,5		1,5	g	9	0,37	0,34	0,05	0,32	0,30	9
9	FB	1	2,91	5,31	15,5		15,5	g	9	0,37	0,44	0,05	0,29	2,77	83
10	DE	1	2,91	5,31	15,5		15,5	u		0,85	0,30	0,05	0,35	4,61	138
Transmissionswärmeverlust					H_T/Φ_T						16,34		491		

Innenwände die an einen Raum gleicher Temperatur grenzen, werden nicht in das Formular eingetragen, da kein Wärmestrom Φ (Δθ = 0) vorliegt!

1	IW	1	3,88	2,80	10,9		10,9	ij	24	-0,13	0,95		0,95	-1,35	-41
---	----	---	------	------	------	--	------	----	----	-------	------	--	------	-------	-----



2	IW	1	1,43	2,80	4,0	1,6	2,4	ij	15	0,17	0,95		0,95	0,39	12
3	IT	1	0,76	2,08	1,6		1,6	ij	15	0,17	1,55		1,55	0,42	13



Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Bruttofläche		Nettofläche	grenzt an	angrenzende Temperatur	Korrekturfaktoren	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlustkoeffizient	Transmissionswärmeverlust								
					A _{Brutto}	A _{Abzug}										e/u	Θ _U /Θ _b	e/b _U	U	ΔU _{WB}	U _{c/equiv}	H _T	Φ _T
					m											g/ij	°C	f _{g2} /f _i	W/m ² K		W/K	W	
1	IW	1	3,88	2,80	10,9		10,9	ij	24	-0,13	0,95		0,95	-1,35	-41								
2	IW	1	1,43	2,80	4,0	1,6	2,4	ij	15	0,17	0,95		0,95	0,39	12								
3	IT	1	0,76	2,08	1,6		1,6	ij	15	0,17	1,55		1,55	0,42	13								
4 S	AW	1	5,31	2,80	14,9	2,7	12,2	e	-10		0,34	0,05	0,39	4,76	143								
5 S	AW	1	5,31	0,50	2,7		2,7	g	9	0,37	0,34	0,05	0,32	0,53	16								
6 W	AW	1	2,91	2,80	8,2	3,2	5,0	e	-10		0,34	0,05	0,39	1,95	59								
7 W	AF	1	1,21	1,39	1,7		1,7	e	-10		1,10	0,05	1,15	1,96	59								
8 W	AW	1	2,91	0,50	1,5		1,5	g	9	0,37	0,34	0,05	0,32	0,30	9								
9	FB	1	2,91	5,31	15,5		15,5	g	9	0,37	0,44	0,05	0,29	2,77	83								
10	DE	1	2,91	5,31	15,5		15,5	u		0,85	0,30	0,05	0,35	4,61	138								
Transmissionswärmeverlust H_T/Φ_T													16,34	491									

Außentemperatur (hier: -10°C) kann (muss aber nicht) eingetragen werden

4 S	AW	1	5,31	2,80	14,9	2,7	12,2	e	-10		0,34	0,05	0,39	4,76	143
5 S	AW	1	5,31	0,50	2,7		2,7	g	9	0,37	0,34	0,05	0,32	0,53	16

$12,2 \cdot 0,39 = 4,76 \text{ W/K}$
 $4,76 \cdot 30 = 143 \text{ W}$
 $0,53 \cdot 30 = 16 \text{ W}$

$U + \Delta U_{WB} = 0,34 + 0,05$
 $f_{g2} = \frac{20 - 9}{20 - (-10)} = 0,37$

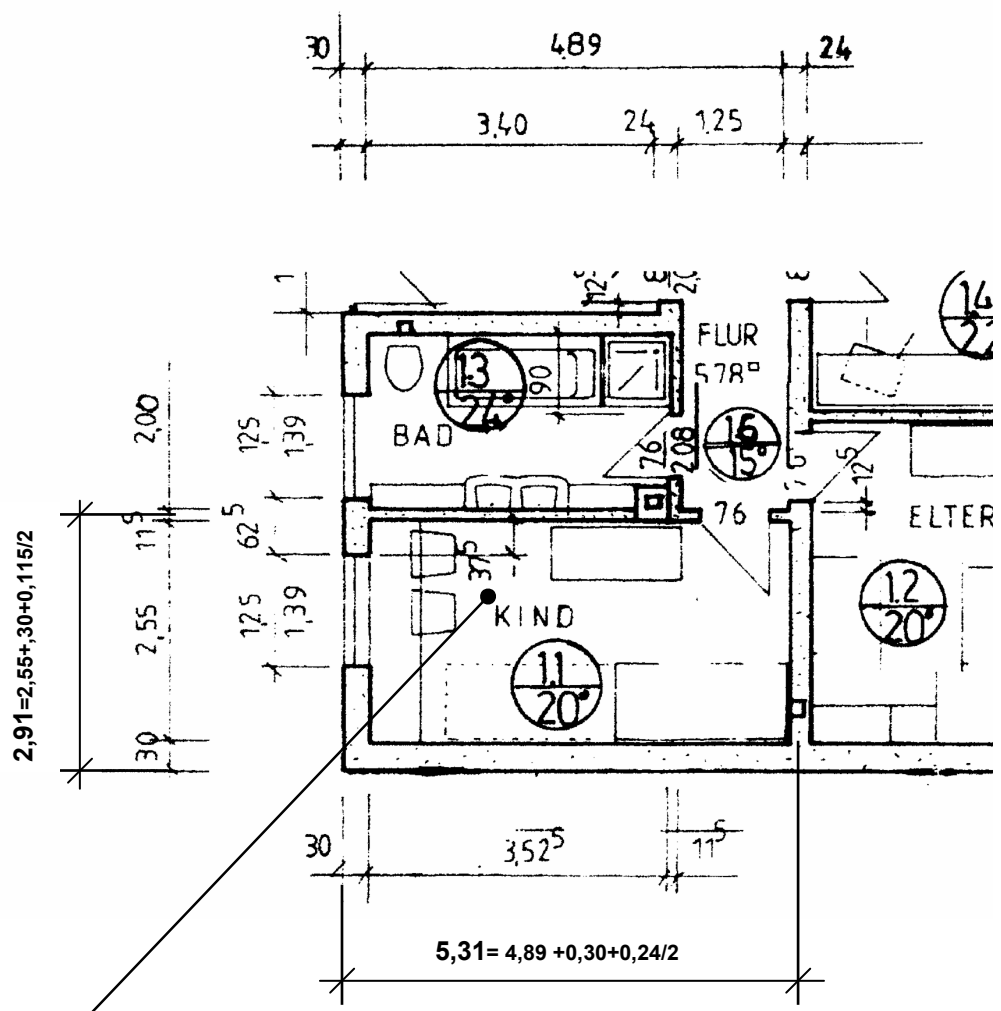
$1,45 \cdot 0,37 \cdot 2,7 \cdot 0,32 \cdot 1,15 = 0,53 \text{ W/K}$

$U_{equiv.}$
 (aus Tab.7, Seite 22 DIN 12831 (Aug. 03)
 → mit $U + \Delta U_{WB} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ linear interpol.

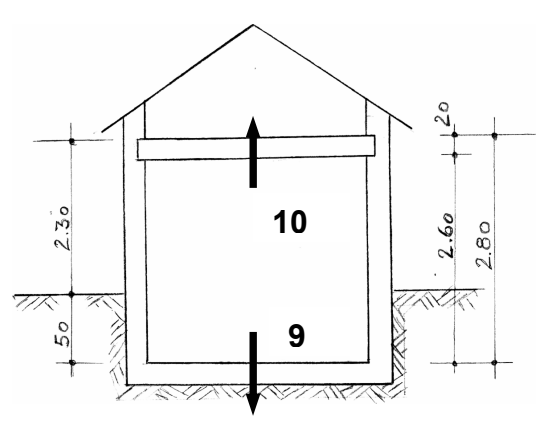
$$U_{equiv} = \frac{0,44 - 0,0}{0,50} \cdot 0,39 = 0,343 \quad (\text{bei } z=0\text{m}) ; \quad U_{equiv} = \frac{0,39 - 0,0}{0,50} \cdot 0,39 = 0,304 \quad (\text{bei } z = 1,0 \text{ m})$$

$$U_{equiv} = \frac{0,343 - 0,304}{1,0} \cdot 0,50 = 0,0195 \quad \rightarrow \text{ bei } z = 0,5\text{m}: \quad 0,343 - 0,0195 = \mathbf{0,32 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

(hier hätte auch der Mittelwert gebildet werden können → Sonderfall)



- 9 : Fußboden (FB) an das Erdreich
- 10 : Decke (DE) gegen unbeheizten Dachraum



2.1.3₂Formblatt R – Raumheizlast (hier: Raum 1.2 Eltern)

Projekt-Nr. / Bezeichnung	1-2008	Beispielgrundriss
---------------------------	--------	-------------------

RAUM – HEIZLAST	Datum 09.06.2008	Seite R 2
------------------------	------------------	-----------

Wohneinheit	Geschoss			Raum-Nr. / - Name	1.2. Eltern		
Innentemperatur	θ_{int}	20	°C	Infiltration			
Mindestluftwechsel	n_{min}	0,50	h^{-1}	Luftdichtheit	n_{50}	3,00	h^{-1}
Abmessungen				Koeff. Abschirmkl.	e	0,05	-
Raubbreite	b_R	3,68	m	Höhe über Erdreich	h	0,90	m
Raumlänge	l_R	4,25	m	Höhen-Korrekturfkt.	ε	1,00	
Raumfläche	A_R	15,64	m^2	Mechanische Belüftung			
Geschosshöhe	h_G	2,80	m	Zuluft-Volumenstrom	\dot{V}_{Su}		m^3/h
Deckendicke	d	0,20	m	-Temperatur	θ_{Su}		°C
Raumhöhe	h_R	2,60	m	-Temp.-Korrekturfaktor	$f_{V,Su}$		-
Raumvolumen	V_R	40,70	m^3	Abluft-Volumenstrom	\dot{V}_{ex}		m^3/h
Erdreich				Überstr. Nachbarräume	$\dot{V}_{mech,inf,ij}$		m^3/h
Tiefe unter Erdreich	z	0,50	m	-Temperatur	$\theta_{mech,inf}$		°C
Erdreich berührter Umfang	P	49,61	m	. -Temp.-Korrekturfaktor	$f_{V,mech,inf}$		-
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	B'	4,12	m	mech. Infiltr. von außen	$\dot{V}_{mech,inf,e}$		m^3/h

Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	angrenzende Temperatur	Korrekturfaktoren	U-Wert	Korrek turwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlustkoeffizient	Transmissions-Wärmeverlust
			m						g/lj	°C	f_{θ}/f_j	W/m ² K		WK	W
	IW	1	4,67	2,80	13,1		13,1	ij	22	-0,07	0,95		0,95	-0,87	-26
O	AW	1	4,04	2,80	11,3	3,7	7,6	e	-10		0,34	0,05	0,39	2,96	89
O	AF	1	1,25	1,39	1,7		1,7	e	-10		1,10	0,05	1,15	1,96	59
O	AW	1	4,04	0,50	2,0		2,0	g	9	0,37	0,34	0,05	0,32	0,24	7
S	AW	1	4,67	2,80	13,1	2,3	10,8	e	-10		0,34	0,05	0,39	4,21	126
S	AW	1	4,67	0,50	2,3		2,3	g	9	0,37	0,34	0,05	0,32	0,27	8
	IW	1	1,13	2,80	3,2	1,6	1,6	ij	15	0,17	0,53		0,53	0,14	4
	IT	1	0,76	2,08	1,6		1,6	ij	15	0,17	1,55		1,55	0,42	13
	FB	1	4,04	4,67	18,9		18,9	g	9	0,37	0,44	0,05	0,29	3,38	101
	DE	1	4,04	4,67	18,9		18,9	u		0,85	0,30	0,05	0,35	5,69	171
Transmissionswärmeverlust H_T/Φ_T														18,40	552

Mindest-Luftwechsel	\dot{V}_{min}	20,35	m^3/h	208
aus natürliche Infiltration	\dot{V}_{inf}	12,2	m^3/h	124
aus mechanischer Zuluftvolumenstrom	$\dot{V}_{su} \cdot f_{V,su}$		m^3/h	
aus mech. infiltriertem Volumenstrom	$\dot{V}_{mech,inf,e} + \dot{V}_{mech,inf,i} \cdot f_{V,mech,inf,i}$		m^3/h	
thermisch wirksamer Luftvolumenstrom	\dot{V}_{therm}	20,35	m^3/h	
LÜFTUNGSSWÄRMEVERLUST	H_V/Φ_V			6,92
				208

NORM-HEIZLAST	Φ_{HL}	48,6 W/m ²	18,7 W/m ³	760
----------------------	-------------	-----------------------	-----------------------	------------

ZUSATZAUFHEIZLEISTUNG	Φ_{RH}	keine Vereinbarung		0
------------------------------	-------------	--------------------	--	----------

AUSLEGUNGS-HEIZLEISTUNG	$\Phi_{HL,Ausl}$			760
--------------------------------	------------------	--	--	------------