

#5409

Die Ermittlung der Wärmeverluste von Souterrain- und Kellerräumen – Ein Berechnungsbeispiel

Peter Heynert

1. Einleitung

Das nachfolgend beschriebene Handverfahren basiert auf umfangreichen numerischen Berechnungen des Autors [1].

Um eine aus Gründen der Praktikabilität sich an die DIN 4701 anlehrende Darstellung der Berechnungsmethode zu erreichen, waren erhebliche Vereinfachungen erforderlich. Die wichtigsten davon sind:

- Die Vernachlässigung der Speicherwärme des Erdbodens aus dem Sommerhalbjahr,
- der Verzicht auf die Sonderbetrachtung des Falles „nicht unterkellertes Gebäude“ (h = 0).

Es handelt sich bei diesen und anderen Vereinfachungen um Abschätzungen „zur sicheren Seite“, d. h., daß die per Rechenverfahren ermittelten Verluste in jedem Falle höher sein sollten als die realen, was sich aus den Anforderungen des Regel- und Anheizverhaltens der Heizanlagen ergibt.

2. Formelsätze und Diagramme des Handverfahrens

2.1 Vollbeheizung

Die Gesamtverluste setzen sich wie in der DIN 4701 aus den Anteilen Gebäude/Außenluft bzw. Gebäude/Grundwasser, siehe Gleichung (1), zusammen. Die Bezugsfläche ist dabei nicht die gesamte erdberührte Kelleraußenfläche, sondern nur die Bodenfläche A_B .

$$Q_{ges} = Q_{AL} + Q_{GW}$$

$$Q_{ges} = A_B \cdot \left[\frac{\vartheta_i - \vartheta_{AL}}{R_{AL}} + \frac{\vartheta_i - \vartheta_{GW}}{R_{GW}} \right] \quad (1)$$

Für die äquivalenten Wärmeleitwiderstände gilt:

Gebäude/Außenluft:

$$R_{AL} = \frac{(H \cdot f_{AL})}{(\lambda_E / \lambda_{E0})} \quad [m^2 \cdot K/W] \quad (2a)$$

Dr.-Ing. Peter Heynert, Bernadottenstr. 56-58, 1000 Berlin 33. - Vortrag auf dem Kolloquium anlässlich der Emeritierung von o. Prof. Dr.-Ing. H. Esdorn in der Technischen Universität Berlin am 6. April 1991.

Gebäude/Grundwasser:

$$R_{GW} = \frac{[(H - h) \cdot g_{GW}]}{(\lambda_E / \lambda_{E0})} \quad [m^2 \cdot K/W] \quad (2b)$$

Darin sind:

- H ... Grundwassertiefe in m
- h ... Kellertiefe in m
- λ_E ... mittlerer Wärmeleitkoeffizient des Erdbodens W/mK
- λ_{E0} ... Bezugswert 1,0 W/mK

Die Verlustkoeffizienten „Außenluft“ f_{AL} und „Grundwasser“ g_{GW} sind ihrerseits durch die Produkte (3) der folgenden Faktoren definiert:

Verlustkoeffizient Außenluft:

$$f_{AL} = f_\eta \cdot f_D \cdot f_{al} \quad [m \cdot K/W] \quad (3a)$$

Verlustkoeffizient Grundwasser:

$$g_{GW} = g_\eta \cdot g_D \cdot g_{gw} \quad [m \cdot K/W] \quad (3b)$$

Die Korrekturfaktoren f_η und g_η basieren auf dem „Normalfall“ eines Gebäudes mit rechteckigem Grundriß und dem Seitenverhältnis $\eta = l/b$ ohne Wärmedämmung. Die Korrekturfaktoren sind im Diagramm des Bildes 1 dargestellt.

Während f_η und g_η den Einfluß des Seitenverhältnisses $\eta \neq 2$ berücksichtigen, repräsentieren die Korrekturfaktoren f_D und g_D den der Wärmedämmung.

Die obengenannten Korrekturfaktoren sind in den Diagrammen der Bilder 2 bis 4 dargestellt. Dabei handelt es

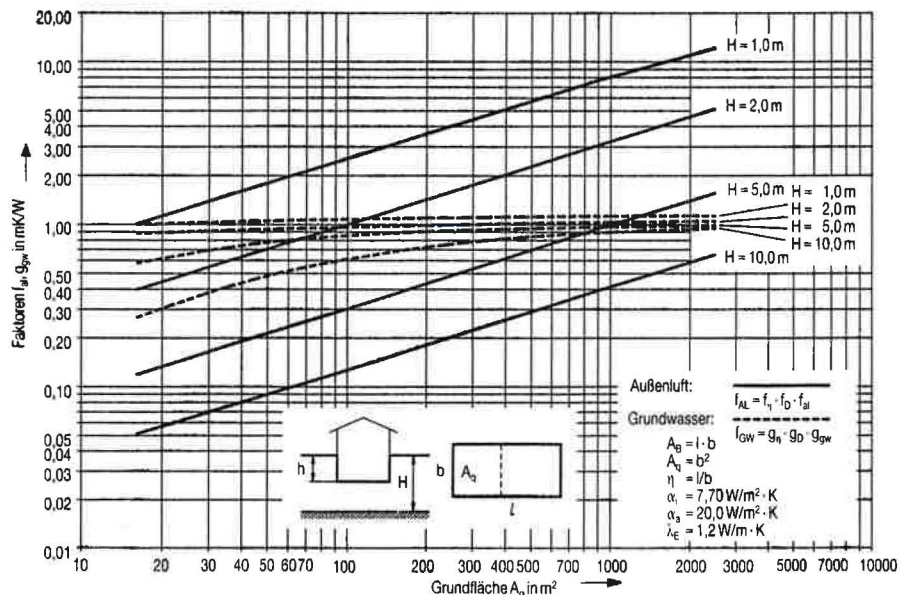


Bild 1. Verlustfaktoren f_{al} und f_{gw} für die stationären Wärmeverluste.

sich bei dem Wärmeleitwiderstand R_1 für die Ermittlung der Korrekturfaktoren f_D und g_D bezüglich der Außenwand bezüglich des Kellerfußbodens jeweils um Zusatzwiderstände, die wie folgt definiert sind:

Außenwand:

R_{1W} ... Zusatzwiderstand bezogen auf die Erdschicht gleicher Wanddicke.

Fußboden:

R_{1B} ... Zusatzwiderstand zu einer 15 cm dicken Bodenplatte aus Beton mit dem Wärmeleitkoeffizienten $\lambda_B = 2,1 \text{ W/mK}$.

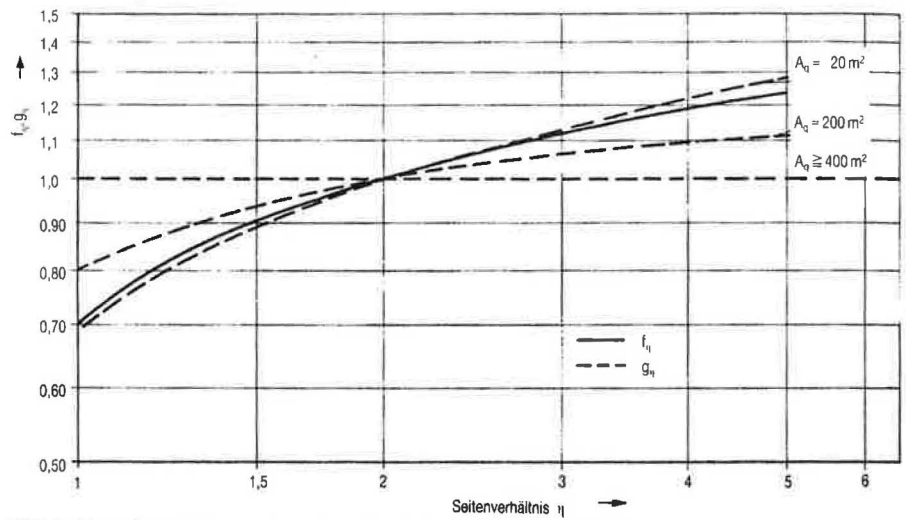


Bild 2. Korrekturfaktoren f_η und g_η für Seitenverhältnisse $\eta \neq 2$.

2.2 Ansatz bei teilweise beheizten Kellerräumen

Für diesen Fall legt man die Verhältnisse des vollbeheizten Kellers zugrunde, wobei die Verlustanteile an die Außenluft und an das Grundwasser jeweils mit Hilfe von Reduktionsfaktoren modifiziert werden. Es gilt:

$$Q_{TH} = f_R \cdot Q_{AL} + g_R \cdot Q_{GW} \quad (4)$$

Der Reduktionsfaktor f_R ist im Diagramm des Bildes 5 für unterschiedliche Heizfälle in Abhängigkeit vom Anteil der beheizten Fläche f_B dargestellt.

In erster Näherung kann der Reduktionsfaktor des Grundwasseranteils gesetzt werden:

$$g_R \cong f_B = \frac{\text{beheizte Fläche}}{\text{gesamte Bodenfläche}}$$

3. Beispielrechnung

Für das in Bild 6 abgebildete Modellhaus*) in Berlin-Dahlem werden die Wärmeverluste nach dem oben beschriebenen Handverfahren ermittelt.

3.1 Vorgabe der Modellparameter

Grundriß:

Der in Bild 7 dargestellte gesamte Kellergrundriß wird inklusive der nicht unterkellerten Bereiche in ein flächen-

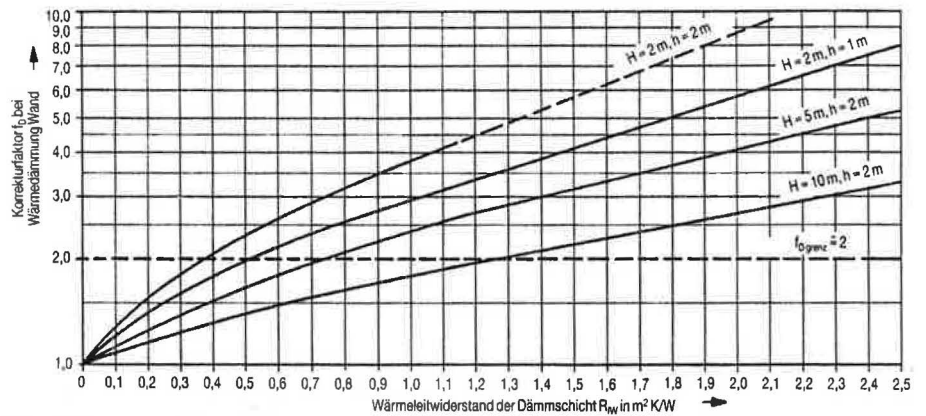


Bild 3. Korrekturfaktor f_D bei Wärmedämmung an der Außenwand.

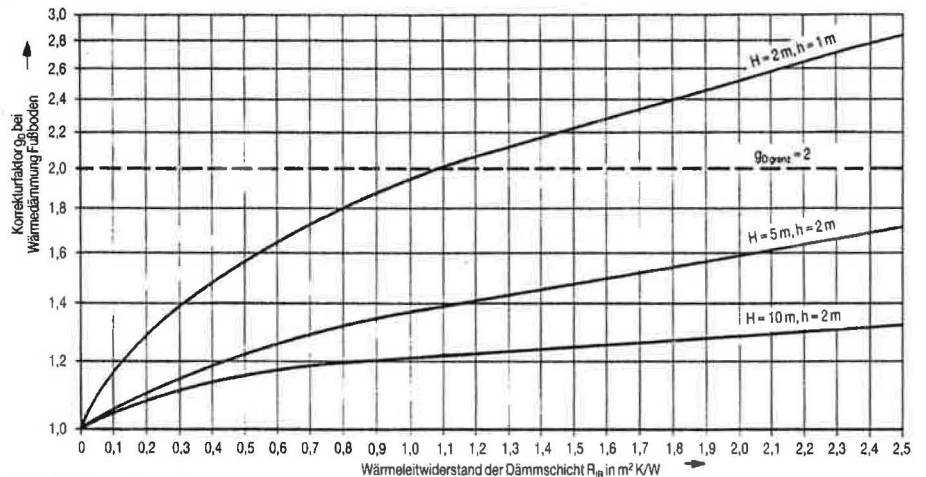


Bild 4. Korrekturfaktor g_D bei Wärmedämmung am Kellerfußboden.

gleiches Rechteck überführt. Dabei ergibt sich die Gesamtfläche $A_B = 314 \text{ m}^2$, bei einer mittleren Gebäudebreite von 14,0 m und der Gebäudelänge von 22,4 m. Der Anteil der beheizten Keller- und Souterrainbereiche liegt bei 69 %.

Wandkonstruktion:

Die Kelleraußenwand besteht aus 48 cm dickem Ziegelmauerwerk ($\lambda_W = 1,05 \text{ W/mK}$) und einer auf der Innen-

*) Haus Neuhaus, Baujahr 1907, Architekt Hermann Muthesius.

seite vorgesetzten Halbsteinschale. Zwischen der Innenschale und der Außenwand befindet sich eine Luftschicht von ca. 5 cm Dicke.

Auf der Betonplatte des Bodens befindet sich eine 3 cm dicke Dämmschicht aus Styropor sowie eine Estrichschicht von 5 cm Dicke.

Grundwassertiefe:

Nach Angabe der Berliner Wasserwerke liegt der Grundwasserspiegel in Berlin-Dahlem zwischen 4 und 7 m Tiefe. Es wird $H = 5$ m gewählt.

Kellertiefe:

Die Tiefen der Keller unterhalb des Erdniveaus liegen zwischen 1,8 und 2,4 m. Bei Berücksichtigung der zugehörigen Flächen ergibt sich eine mittlere Kellertiefe von 1,92 m. Es wurde jedoch der Vorgabewert $h = 2,0$ m gewählt.

Randtemperaturen:

Für die beheizten Keller- und Souterrainräume wird mit dem Wert $\vartheta_i = 20^\circ\text{C}$ gerechnet.

Das Randpotential für den Außenraum wird bei Vernachlässigung der instationären Einflüsse mit $\vartheta_{AL} = 0^\circ\text{C}$ festgelegt.

Für das Grundwasserpotential sollte die mittlere Jahrestemperatur (in Dahlem $8,8^\circ\text{C}$) vorgegeben werden. In Anlehnung an die DIN 4701 wird jedoch im vorliegenden Falle $\vartheta_{GW} = 10^\circ\text{C}$ gewählt.

Die Vorgabewerte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

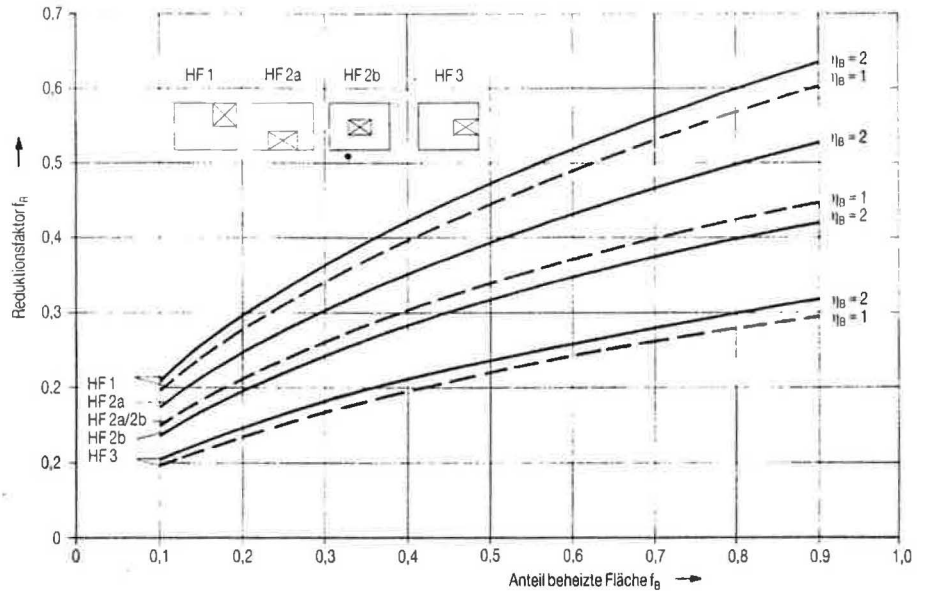


Bild 5. Reduktionsfaktor f_R für verschiedene Heizfälle.



Bild 6. Ansicht des Modellhauses von Süden.

Tabelle. Modellparameter des Rechenbeispiels

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|------------------|------------------|-----------------------|------------------|-------------|------------|-----------|--------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------|------------------|--------------|
| Innentemperatur | Außentemperatur | Grundwassertemperatur | Grundwassertiefe | Kellertiefe | Hausbreite | Hauslänge | Bodenfläche | Außenwanddicke | Wärmeleitfähigkeit Erdboden | Wärmeleitfähigkeit Wand | Zusatzwiderstand Wand | Zusatzwiderstand Boden | Anteil beheizte Fläche | Heizfall | Seitenverhältnis | Bczugsfläche |
| ϑ_i | ϑ_{AL} | ϑ_{GW} | H | h | b | l | A_B | δ_w | λ_E | λ_w | R_{iw} | R_{iB} | f_B | HF | η | A_q |
| $^\circ\text{C}$ | $^\circ\text{C}$ | $^\circ\text{C}$ | m | m | m | m | m^2 | W/mK | W/mK | $\text{m}^2\text{K/W}$ | $\text{m}^2\text{K/W}$ | | | | | m^2 |
| 20 | 0 | 10 | 5,0 | 2,0 | 14,0 | 22,4 | 314 | 0,60 | 1,20 | 1,05 | 0,23 | 0,85 | 0,69 | 1 | 1,60 | 196 |

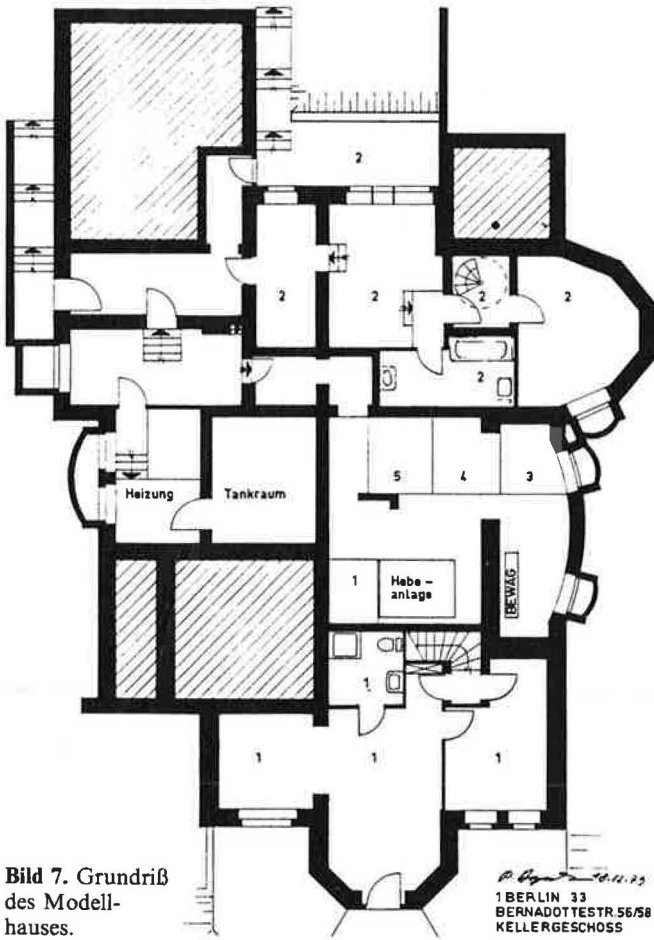


Bild 7. Grundriß des Modellhauses.

3.2 Ergebnisse

Mit Hilfe der in der Tabelle zusammengestellten Kennwerte ergeben sich die Verlustkennziffern und Korrekturfaktoren wie folgt:

$$\begin{aligned}
 f_{al} &= 0,42 & g_{gw} &= 1,00 & f_R &= 0,56 \\
 f_\eta &= 0,92 & g_\eta &= 0,94 & g_R &= 0,69 \\
 f_D &= 1,25 & g_D &= 1,35
 \end{aligned}$$

Damit sind die Gesamtwärmeverluste bei Vollbeheizung nach (1):

$$Q_{ges} = 314 \left[\frac{20 - 0}{2,1} + \frac{20 - 10}{3,08} \right] = 4009 \text{ W} \quad (6)$$

bzw. bei Teilbeheizung mit $f_B = 0,69$:

$$\begin{aligned}
 Q_{TH} &= f_R \cdot Q_{AL} + g_R \cdot Q_{GW} = 0,56 \cdot 2989 + 0,69 \cdot 1021 \\
 &= 2378 \text{ W} \quad (7)
 \end{aligned}$$

Vergleichsweise ergeben sich bei Berechnung nach dem Verfahren der DIN 4701 für das o. g. Modellhaus im Falle der Vollbeheizung die Gesamtwärmeverluste mit:

$$Q_{ges} = 3.502 \text{ W.}$$

Literatur

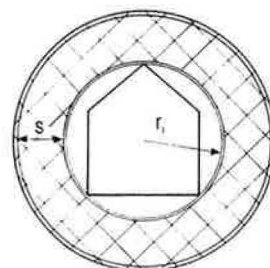
- [1] Heynert, Peter: Die Wärmeverluste von Gebäuden an das Erdreich. Diss. FB 21, TU-Berlin, 1990.

Gebäude ohne Heizwärmeverbrauch?

W. Kast

Das Thema dieses Referats wurde bewußt mit einem Fragezeichen versehen. Nachdem in der Presse und auch in der Fachliteratur immer häufiger Berichte über sog. „Null-Energie-Häuser“ und „Passivhäuser“ auftauchen, sollen hier in Kürze die Grenzen für die Reduzierung des Heizwärmeverbrauchs aufgezeigt werden. Genutzt wird zu diesem Zweck einmal die Verringerung der Verluste durch Transmission und Lüftung, d. h. Reduzierung des Wärmebedarfs, zum anderen wird die Nutzung der Solarenergie und innerer Wärmequellen bewußt eingesetzt, um den Wärmeverbrauch zu verringern. Wärmebedarf und -verbrauch sowie anfallende Solarenergie sind leider bekanntlich von Natur aus gegenläufig.

Auch wenn die Wärmedämmung eines Gebäudes theoretisch unendlich dick wäre, bleibt ein endlicher Verlust bestehen wie bei jedem technischen Körper endlicher Ausdehnung. Bild 1 zeigt die prinzipielle Abnahme der Wärmeverluste mit zunehmender Dämmstärke. Der Transmissions-Wärmeverlust wird zwar klein, geht aber nicht gegen Null. Grenzen stellen schließlich die Wärmeverluste der Fenster dar und die unvermeidliche Lüftung.



| | | | | | |
|----------------|------------------------|------|------|------|-----|
| $V_{Umb.}$ | = 1000 m ³ | | | | |
| k_A, k_{Fe} | = 1 W/m ² K | | | | |
| f | = 5% von A_{ges} | | | | |
| λ_{WD} | = 0,04 W/mK | | | | |
| n | = 0,51/h | | | | |
| s | 0 | 0,5 | 1 | 2 | ∞ |
| Q | 15460 | 1205 | 690 | 400 | 99 |
| $Q_{mL, Fe}$ | 15460 | 1920 | 1430 | 1155 | 867 |
| $Q_{L, min}$ | | | 5333 | | |

Bild 1. Grenzwerte des Wärmebedarfs.

Prof. Dr.-Ing. W. Kast, Techn. Hochschule Darmstadt, FB 16. - Vortrag auf dem Kolloquium anlässlich der Emeritierung von o. Prof. Dr.-Ing. H. Esdorn in der Technischen Universität Berlin am 6. April 1991.