

E. Sicherstellung eines energiesparenden sommerlichen Wärmeschutzes

Als *zweite Hauptanforderung* ist bei einem Fensterflächenanteil von $f > 30\%$ des gesamten Gebäudes gemäß EnEV [5.3] ein Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes entsprechend DIN 4108-2 [5.24], 8, zu führen. Dabei berechnet sich der Fensterflächenanteil des Gesamtgebäudes nach Gl. (5.7).

Hinweis: Die EnEV hebt nicht die Festlegungen der allgemein anerkannten Regeln der Technik auf, hier DIN 4108-2 [5.24]. D. h. z. B. für ost-, süd- und westorientierte *Räume* mit einem grundflächenbezogenen Fensterflächenanteil $f_{AG} > 10\%$ ist ein raumweiser Nachweis zu führen (s. Tabelle 2.37 in Abschnitt 2.15.3)!

Werden Nicht-Wohngebäude nutzungsbedingt mit raumlufttechnischen (RLT-)Anlagen ausgestattet, die Raumluft unter Energieeinsatz kühlen, so müssen diese Gebäude so ausgeführt werden, dass die Kühlleistung nach dem Stand der Technik (und soweit wirtschaftlich vertretbar) so gering wie möglich gehalten wird.

F. Inbetriebnahme von Heizkesseln

Als *dritte Hauptanforderung* der EnEV [5.3] müssen Heizkessel für flüssige oder gasförmige Brennstoffe (d. h. Heizöl oder Erdgas) mit Nennwärmeleistungen $4\text{ kW} \leq \Phi_{nom} \leq 400\text{ kW}$ ein CE-Kennzeichen gemäß der Heizkessel-Wirkungsgradrichtlinie 92/42/EWG tragen. Ausgenommen von dieser Anforderung sind einzeln produzierte Heizkessel (z. B. Kachelöfen) und solche, deren Brennstoffe von den marktüblichen flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen erheblich abweichen, sowie generell Heizkessel mit Festbrennstofffeuerung (z. B. Heizkessel für Holzpellets).

Gebäude mit normalen Innentemperaturen, die entsprechend o. g. Absatz C. vom Nachweis des Primärenergiebedarfs ausgenommen sind, müssen zur Deckung evtl. Restenergie mit Niedertemperatur- oder Brennwertkesseln ausgestattet werden (vgl. Abschnitt 4.2.1).

5.2.2 Berechnung des vorhandenen Jahres-Heizenergiebedarfs *vorh Q*

Grundlage aller folgenden Berechnungen ist der vorhandene Jahres-Heizenergiebedarf *vorh Q*, der entsprechend DIN EN 832 [5.6] unter Berücksichtigung

- der in Deutschland anzusetzenden Randbedingungen sowie
- einiger aus deutscher Sicht notwendiger Präzisierungen [5.25] gemäß DIN V 4108-6 [5.7] berechnet wird, und zwar anhand
- einer *Energiebilanz im stationären Zustand*,
- als *Ein-Zonen-Modell* – d. h. für gleichmäßig beheizte Gebäude, bei denen sich die durchschnittlichen Innentemperaturen der Teilbereiche (Zonen) nur um $\Delta\theta_i \leq 4\text{ K}$ unterscheiden – und
- unter *Berücksichtigung der dynamischen Einwirkung von internen und solaren Wärmegewinnen* (vereinfacht durch den Ausnutzungsgrad η_p , s. Abschnitt 5.2.3).

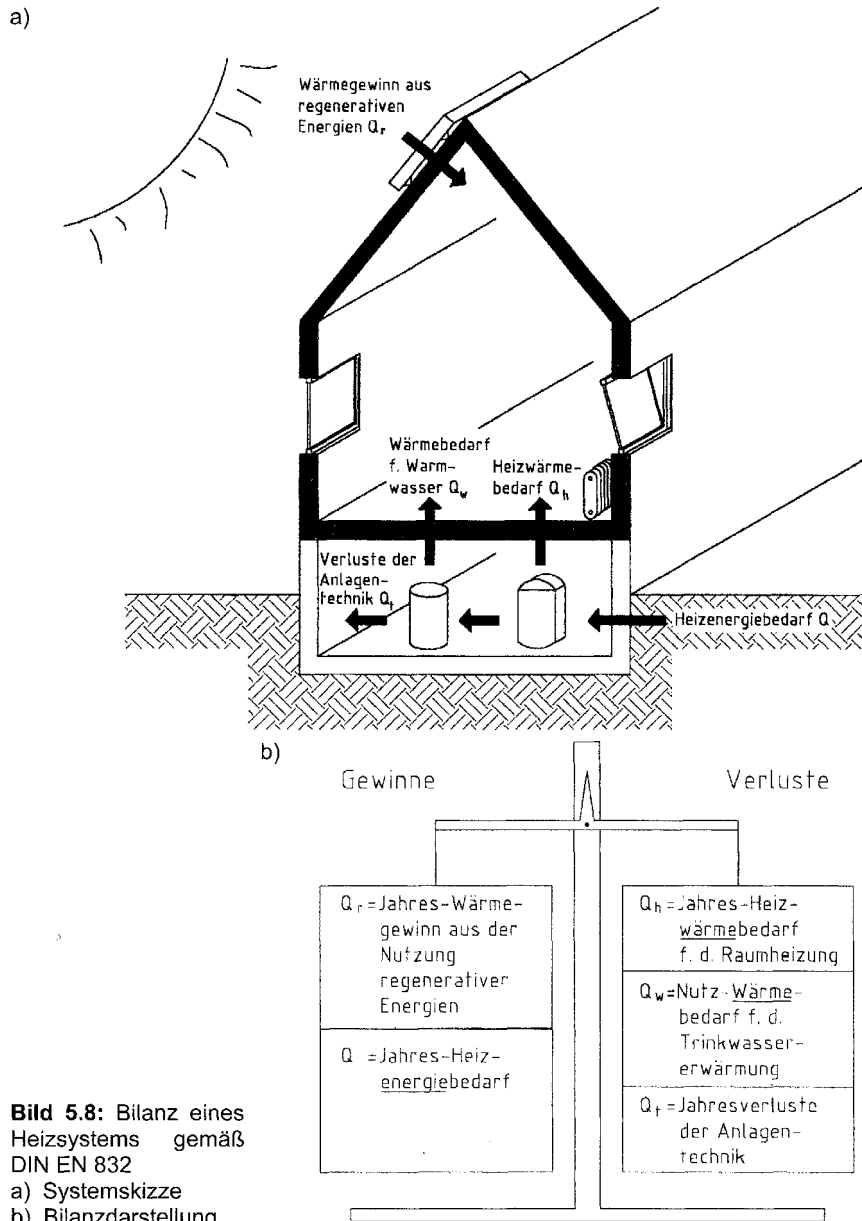


Bild 5.8: Bilanz eines Heizsystems gemäß DIN EN 832
 a) Systemskizze
 b) Bilanzdarstellung

Gemäß DIN EN 832 [5.6] ergibt sich der Jahres-Heizenergiebedarf nach folgender Bilanzgleichung (Bild 5.8) zu

$$\text{vorh } Q = Q_h + Q_w + Q_t - Q_r \quad [kWh/a] \quad (5.9)$$

- mit
- Q_h = Jahres-Heizwärmebedarf für die Raumheizung [kWh/a]
 - Q_w = Jahres-Nutzwärmebedarf für die Trinkwassererwärmung [kWh/a]
 - Q_t = Jahresverluste der Anlagentechnik (Heizsystem und Trinkwassererwärmung einschließlich des elektrischen Energiebedarfs für Pumpen, Ventilatoren usw.) [kWh/a]
 - Q_r = Jahres-Wärmegehalt aus der Nutzung regenerativer = erneuerbarer Energien (= Umweltwärme) durch das Heizsystem [kWh/a]

Die durch Gl. (5.9) grundsätzlich bestimmte Berechnung gliedert sich praktisch in zwei gleichwertige Teile, nämlich [5.13]

- die *bauliche* Seite zur Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs Q_h (geregelt in DIN V 4108-6 [5.7]) und
- die *anlagentechnische* Seite zur Berechnung der anderen drei Summanden (geregelt in DIN V 4701-10 [5.26]).

Für beide Berechnungen gibt es genauere, rechenaufwändigere Verfahren (links in Bild 5.9) und vereinfachte Verfahren (rechts in Bild 5.9), die beliebig kombiniert werden können. Diese werden in den folgenden Abschnitten in bestimmter Reihenfolge behandelt:

- Zuerst soll im folgenden Abschnitt 5.2.3 das vereinfachte Verfahren und
- dann im nachfolgenden Abschnitt 5.2.4 das genauere Monatsbilanzverfahren zur Ermittlung des *Jahres-Heizwärmebedarfs* vorgestellt werden, gefolgt
- in Abschnitt 5.2.5 vom genaueren Tabellenverfahren und in
- Abschnitt 5.2.6 vom vereinfachten Diagrammverfahren zur Ermittlung des *Jahres-Endenergie- und -Primärenergiebedarfs*.

5.2.3 Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T und des vorhandenen Jahres-Heizwärmebedarfs *vorh* Q_h mit dem vereinfachten Heizperiodenverfahren

Die Berechnung für den öffentlich-rechtlichen Nachweis – d. h. nach EnEV [5.3] – erfolgt gemäß Anhang D zu DIN V 4108-6 [5.7] (vgl. Bild 5.9)

- ohne Einschränkungen mit dem *Monatsbilanzverfahren* (s. folgenden Abschnitt 5.2.4) oder
- beschränkt auf den Nachweis
 - von *Wohngebäuden*
 - mit einem *Fensterflächenanteil* $f \leq 30$ % des Gesamtgebäudes (berechnet mit Gl. (5.7)) und
 - unter ausschließlicher Verwendung von *Detaillkonstruktionen, die Beiblatt 2 zu DIN 4108 [5.27] entsprechen* (s. u.),

auch mit dem im folgenden dargestellten vereinfachten *Heizperiodenbilanzverfahren*, kurz *Heizperiodenverfahren*.

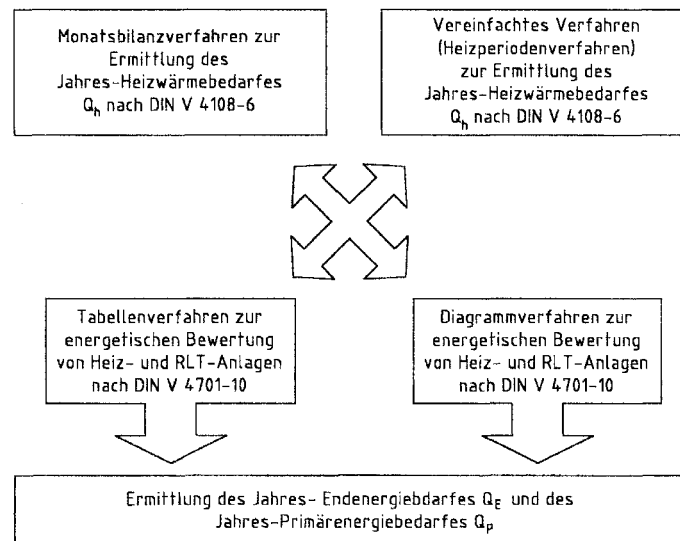


Bild 5.9: Mögliche Kombinationen der Berechnungsverfahren für die bauliche Seite (oben) und die anlagentechnische Seite (unten) der Berechnung (nach [5.13])

Beide Verfahren arbeiten mit für Deutschland repräsentativen, vereinfachten und pauschalierten Annahmen mit dem Bilanzansatz nach Bild 5.10 – für differenzierte, standortbezogene Berechnungen sollten die Randbedingungen und Berechnungsverfahren der eigentlichen DIN V 4108-6 [5.7] (d. h. nicht des Anhangs D) herangezogen werden.

Hinweis: Im vereinfachten Verfahren = Heizperiodenverfahren können allerdings nicht berücksichtigt werden

- unbeheizte Glasvorbauten (sog. „Wintergärten“),
- transparente Wärmedämmung (TWD),
- Wärmerückgewinnung mit Hilfe von Lüftungsanlagen (s. aber auch Abschnitt 5.2.5) oder
- besondere, über das übliche Maß hinausgehende passive Solarenergienutzungen [5.25];

ferner liegt (nach Vergleichsberechnungen) das Heizperiodenverfahren gegenüber dem Monatsbilanzverfahren um ca. 5 bis 15 % auf der sicheren Seite [5.28] [5.29].

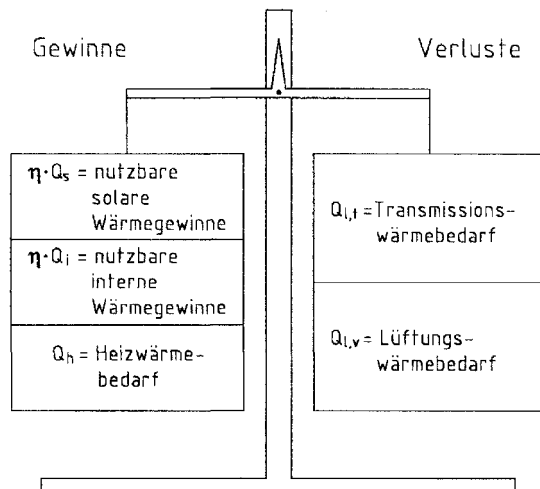


Bild 5.10: Bilanzdarstellung für die Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs gemäß DIN V 4108-6

Nach dem vereinfachten Verfahren = Heizperiodenverfahren errechnet sich der vorhandene *Jahres-Heizwärmebedarf vorh* Q_h nach [5.25] [5.30] zu

$$\text{vorh } Q_h = Q_{l,HP} - \eta_{HP} \cdot Q_{g,HP} \quad [kWh/a] \quad (5.10)$$

mit $Q_{l,HP}$ = Wärmeverluste (engl. „loss“ = Verlust) $[kWh/a]$ in der Heizperiode
 $Q_{g,HP}$ = Wärmegewinne (engl. „gain“ = Gewinn) $[kWh/a]$ in der Heizperiode
 η_{HP} = Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne $[-]$ in der Heizperiode

Genauer wird (vgl. Bild 5.10)

$$\text{vorh } Q_h = Q_{l,t,HP} + Q_{l,v,HP} - \eta_{HP} \cdot (Q_{s,HP} + Q_{i,HP}) \quad [kWh/a] \quad (5.11)$$

darin $Q_{l,t,HP}$ = Transmissionswärmebedarf (engl. „loss“ = Verlust, engl. „transmission“ = Transmission) $[kWh/a]$ in der Heizperiode
 $Q_{l,v,HP}$ = Lüftungswärmebedarf (engl. „loss“ = Verlust, engl. „ventilation“ = Lüftung) $[kWh/a]$ in der Heizperiode
 $Q_{s,HP}$ = solare Wärmegewinne der Fenster $[kWh/a]$ in der Heizperiode
 $Q_{i,HP}$ = interne Wärmegewinne $[kWh/a]$ in der Heizperiode
 η_{HP} = Ausnutzungsgrad der solaren und internen Wärmegewinne $[-]$, beim Heizperiodenverfahren wird $\eta_{HP} = 0,95$ gesetzt

Gemäß DIN V 4108-6 [5.7], Tabelle D.1, wird der *Wärmebedarf für Transmission und Lüftung* mit folgendem Ansatz berechnet:

$$Q_{l,HP} = F_{Gi} \cdot (H_T + H_V) \quad [kWh/a] \quad (5.12)$$

- mit F_{Gi} = Gradtagzahlfaktor [$kWh/(a \cdot W)$] zur Erfassung der klimatischen Randbedingungen
 H_T = spezifischer Transmissionswärmeverlust [W/K] zur Erfassung der bautechnischen Randbedingungen der Transmission
 H_V = spezifischer Lüftungswärmeverlust [W/K] zur Erfassung der bautechnischen und nutzungsbedingten Randbedingungen der Lüftung

Tabelle 5.4: Temperatur-Korrekturfaktoren F_{xi} für das vereinfachte Heizperiodenverfahren (sinngemäß nach DIN V 4108-6 [5.7])

| Wärmestrom nach außen über das Bauteil | Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-] |
|--|---|
| Außenwand | $F_{AW} = 1$ |
| Fenster | $F_W = 1$ |
| Dach über ausgebautem Dachraum | $F_D = 1$ |
| Decke nach unten gegen Außenluft | $F_{DL} = 1$ |
| oberste Geschossdecke unter oder Abseitenwand zu nicht ausgebautem Dachraum | $F_{na} = 0,8$ |
| unterer Gebäudeabschluss - Kellerdecke zu unbeheiztem Keller - Bodenflächen an Erdreich - Wandflächen an Erdreich | $F_G = 0,6$ |
| Wand oder Decke zu sonstigen unbeheizten Räumen | $F_u = 0,5$ |

In Gl. (5.12) berechnet sich der *spezifische Transmissionswärmeverlust* für Gebäude mit $i = 1, 2, \dots, n$ Bauteilen in der wärmeübertragenden Umfassungsfläche A zu

$$H_T = \sum_{i=1}^n (F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i) + \Delta U_{WB} \cdot A \quad [W/K] \quad (5.13)$$

- mit U_i = Wärmedurchgangskoeffizient U des Bauteils i [$W/(m^2 \cdot K)$] (zur Berechnung von U -Werten vgl. Abschnitt 2)
 A_i = Fläche des Bauteils i in der wärmeübertragenden Umfassungsfläche des Gebäudes [m^2]
 F_{xi} = Temperatur-Korrekturfaktor [-] für das Bauteil i nach Tabelle 5.4 bzw. [5.14], Tafel 11 (zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Außentemperaturen an den jeweiligen Bauteilen während der Heizperiode)
 ΔU_{WB} = Zuschlagswert zum Wärmedurchgangskoeffizienten zur Berücksichtigung von Wärmebrücken [$W/(m^2 \cdot K)$]
 A = wärmeübertragende Umfassungsfläche [m^2] des beheizten Gebäudevolumens (vgl. Abschnitt 5.2.1) mit

$$A = \sum_{i=1}^n A_i \quad [m^2] \quad (5.14)$$

Als Indizes für die einzelnen Bauteilgruppen werden im folgenden verwendet (vgl. Tabelle 5.4, s. auch [5.30], nicht alle entsprechend DIN V 4108-6 [5.7]):

| | |
|------|--|
| AW | = Außenwände |
| W | = Fenster (<i>engl.</i> „window“ = Fenster, vgl. Abschnitt 2.13.3) |
| D | = Dächer und Dachdecken |
| DL | = Decken nach unten gegen Außenluft |
| na | = Decken und Wände zum nicht ausgebauten Dachraum |
| G | = unterer Gebäudeabschluss (Kellerdecke zum unbeheizten Keller oder Wände und Bodenplatten gegen Erdreich) |
| u | = Wände und Decken zu unbeheizten Räumen (außer Kellerdecke) |

Kommen in einem Gebäude mehrere Bauteile der genannten Bauteilgruppen vor, so werden sie nach o. g. Indizes durchlaufend nummeriert (z. B. „AW1“, „AW2“, ...).

Im Gegensatz zu Fenstern, Fenstertüren und Dachflächenfenstern werden Türen und Tore i. d. R. nicht wärmeschutztechnisch nachgewiesen. Deshalb regelt die „Richtlinie über Türen und Tore – TüToR –“ vom November 2002 [5.31] diese Bauteile. Ohne messtechnische Prüfung darf als Bemessungswert angesetzt werden

- für Türen und Tore aus Holz, Holzwerkstoffen und Kunststoffen:

$$U_{D,HK} = 2,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (5.15)$$

- für Türen und Tore aus Metallrahmen und metallischen Bekleidungen:

$$U_{D,M} = 4,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (5.16)$$

Die Berücksichtigung von Wärmebrücken erfolgt beim Heizperiodenverfahren durch einen pauschalen Zuschlagswert zum Wärmedurchgangskoeffizienten:

$$\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \text{ bei Einhaltung der Regelkonstruktionen aus Beiblatt 2 zu DIN 4108 [5.27]}$$

Hinweis: Die Einhaltung der Regelkonstruktionen aus Beiblatt 2 zu DIN 4108 [5.27] mit $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ist beim vereinfachten Heizperiodenverfahren gemäß DIN V 4108-6 [5.7], Tabelle D.1, zwingend vorgegeben!

In Gl. (5.12) berechnet sich der *spezifische Lüftungswärmeverlust* für Gebäude im allgemeinen, d. h. ohne Luftdichtheitsprüfung, zu

$$\begin{aligned} H_V &= (\rho_L \cdot c_{pL}) \cdot n \cdot V \\ &= 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \cdot 0,7 \text{ h}^{-1} \cdot V \\ &= 0,238 \text{ [W}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})] \cdot (0,8 \cdot V_e) \\ &= 0,190 \text{ [W}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})] \cdot V_e \quad \quad \quad [\text{W}/\text{K}] \end{aligned} \quad (5.17)$$

mit $(\rho_L \cdot c_{pL}) = 1,23 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 1008 \text{ Ws}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 1 \text{ h}/3600 \text{ s} = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$
= volumenspezifische Wärmespeicherkapazität der Luft

- darin $\rho_L = 1,23 \text{ kg/m}^3$ = Dichte von Luft nach DIN EN 12524 [5.32], Tabelle 1, bzw. [5.14], Tafel 19
 $c_{pL} = 1008 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} = 1008 \text{ Ws/(kg} \cdot \text{K)}$ = (masse)spezifische Wärmespeicherkapazität von trockener Luft nach DIN EN 12524 [5.32], Tabelle 1, bzw. [5.14], Tafel 19
 und $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$ = anzusetzende Luftwechselrate ohne Luftdichtheitsprüfung
 $V = 0,80 \cdot V_e$ = beheiztes Luftvolumen [m^3] (Nettovolumen)
 darin V_e = beheiztes Gebäudevolumen [m^3] (Bruttovolumen, mit Außenmaßen berechnet, vgl. Abschnitt 5.2.1)

Unter der „Luftdichtheitsprüfung“ ist der „Blower Door-Test“ nach DIN EN 13829 [5.33] zu verstehen (vgl. Abschnitt 2.14.3). Wird eine solche durchgeführt und dabei die Anforderung $n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$ eingehalten, so darf der spezifische Lüftungswärmeverlust mit Luftdichtheitsprüfung mit einer Luftwechselrate $n = 0,6 \text{ h}^{-1}$ statt $0,7 \text{ h}^{-1}$ berechnet werden zu

$$\begin{aligned}
 H_V &= 0,6 / 0,7 \cdot 0,190 \text{ [W/(m}^3 \cdot \text{K)]} \cdot V_e \\
 &= 0,163 \text{ [W/(m}^3 \cdot \text{K)]} \cdot V_e \quad \quad \quad \text{[W/K]} \quad \quad \quad (5.18)
 \end{aligned}$$

Tabelle 5.5: Mittlere jährliche Heiztage und Heizgradtagzahlen in Deutschland bei einer mittleren Innentemperatur von 19 °C (nach DIN V 4108-6 [5.7])

| | Heizgrenztemperaturen | | | |
|---|---|--|---------------------|---------------------|
| | bei Jahresbilanzierung: $\theta_a = 19 \text{ }^\circ\text{C}$ | bei Heizperiodenbilanzierung: $\theta_{HP} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ $\theta_{HP} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ $\theta_{HP} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ | | |
| Mittl. jährl. Heiztage [d/a] | $t_a = 330$ | $t_{HP} = 275$ | $t_{HP} = 220$ | $t_{HP} = 185$ |
| Heizgradtagzahl [$\text{K} \cdot \text{d/a}$] | $Gt_{19/19} = 3700$ | $Gt_{19/15} = 3600$ | $Gt_{19/12} = 3300$ | $Gt_{19/10} = 2900$ |

Der ebenfalls in Gl. (5.12) genannte Gradtagzahlfaktor F_{Gt} zur Erfassung der klimatischen Randbedingungen errechnet sich zu

$$\begin{aligned}
 F_{Gt} &= f_{NA} \cdot Gt \\
 &= 0,95 \cdot 2900 \text{ K} \cdot \text{d/a} \cdot 24 \text{ h/d} \cdot (1 \text{ kW/1000 W}) \\
 &= 66 \text{ K} \cdot \text{kWh/(IHP} \cdot \text{W)} \quad \quad \quad (5.19)
 \end{aligned}$$

- mit $f_{NA} \equiv 0,95$ = Faktor zur Berücksichtigung der baubedingten Einflüsse der – heute üblichen – Nachtabstaltung der Heizung [–]
 Gt = Heizgradtagzahl [$\text{K} \cdot \text{d/a}$] als die Summe der täglichen Differenz zwischen der mittleren Raumtemperatur und dem Tagesmittel der Außenlufttemperatur über den Tagen $j = 1, 2, \dots, t_{HP}$ der Heizperiode eines Jahres:

$$Gt = \sum_{j=1}^{t_{HP}} (\theta_i - \text{mittl } \theta_{e,j}) \quad \quad \quad \text{[K} \cdot \text{d/a]} \quad \quad \quad (5.20)$$

mit $\theta_i = 19 \text{ °C}$ = mittleren Raumtemperatur
 mittl $\theta_{e,j}$ = Tagesmittel der Außenlufttemperatur am Tag j [°C]
 t_{HP} = Dauer der Heizperiode [d/a]

Die Dauer der Heizperiode t_{HP} hängt ab von der Heizgrenztemperatur θ_{HP} , die wiederum vom Dämmstandard des Gebäudes abhängt. Tabelle 5.5 zeigt diesen Zusammenhang für verschiedene Heizgrenztemperaturen θ_a bzw. θ_{HP} , d. h. die Temperaturen, bei deren Unterschreitung geheizt wird. Je besser ein Gebäude gedämmt ist, d. h. je besser der Dämmstandard ist, desto niedriger liegen die Heizgrenztemperatur θ_{HP} und damit auch die Heizgradtagzahl Gt . Im vereinfachten Heizperiodenverfahren nach DIN V 4108-6 [5.7], Anlage D.1, wird als Mittelwert in Deutschland $Gt \equiv 2900 \text{ K} \cdot \text{d/a}$ angesetzt; was nach Tabelle 5.5 einer Heizgrenztemperatur von $\theta_{HP} = 10 \text{ °C}$ entspricht – diese Heizgrenztemperatur wird jedoch nur bei konsequenter Niedrigenergiebauweise erreicht!

Tabelle 5.6: Richtwerte für den Gesamtenergiedurchlassgrad g_0 transparenter Bauteile (nach DIN V 4108-6 [5.7])

| transparentes Bauteil | Gesamtenergiedurchlassgrad g_0 [-] |
|--|--------------------------------------|
| Ein-Scheiben-Verglasung, unbeschichtet | 0,87 |
| Zwei-Scheiben-Verglasung, unbeschichtet | 0,75 |
| Zwei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit selektiver Beschichtung | 0,50 bis 0,70 |
| Drei-Scheiben-Verglasung, unbeschichtet | 0,60 bis 0,70 |
| Drei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit zweifacher selektiver Beschichtung | 0,35 bis 0,50 |

Die solaren Wärmegewinne der Fenster, Fenstertüren und Dachflächenfenster $Q_{s,HP}$ (nichttransparente Bauteile werden vernachlässigt) errechnen sich beim vereinfachten Heizperiodenverfahren zu

$$Q_{s,HP} = \sum_j^n [(I_s \cdot t)_{j,HP} \cdot \sum_{i=1}^n (0,567 \cdot g_{0,i} \cdot A_i)]_j \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.21)$$

mit $(I_s \cdot t)_{j,HP}$ = Strahlungsangebot auf die Fensterflächen $i = 1, 2, \dots, n$ in Abhängigkeit von deren Orientierung j und Neigung α :

- südorientiert: $(I_s \cdot t)_{S,HP} = 270 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{HP})$
- ost-/westorientiert: $(I_s \cdot t)_{OW,HP} = 155 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{HP})$
- nordorientiert: $(I_s \cdot t)_{N,HP} = 100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{HP})$
- Dach < 30° geneigt: $(I_s \cdot t)_{D,HP} = 225 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{HP})$

(überwiegend bauliche Verschattung gilt als nordorientiert, zu den Werten s. auch Tabelle 5.10, rechte Spalte)

$g_{0,i}$ = Gesamtenergiedurchlassgrad [-] der Verglasung i nach DIN EN 410 [5.34] – d. h. bei senkrechtem Strahlungseinfall – nach Tabelle 5.6