

Wärmeschutz im Hochbau		Vornorm	
Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs von Gebäuden		DIN V 4108-6	
ICS 91.120.10			
Deskriptoren: Berechnung, Gebäude, Jahreswärmebedarf, Wärmeschutz			
Thermal insulation of buildings – Calculation of energy use for buildings Isolation thermique dans la construction immobilière – Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage des batiments			
Eine Vornorm ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens vom DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird. Zur vorliegenden Vornorm ist kein Entwurf veröffentlicht worden.			
Inhalt			
	Seite		Seite
1	Vorbemerkung	2	
2	Begriffe und Formelzeichen	2	
2.1	Begriffe	2	
2.2	Formelzeichen	2	
3	Grundlagen der Heizwärmebedarfs- berechnung	7	
3.1	Energetische Einflußgrößen	7	
3.2	Weitere Einflußgrößen	7	
4	Berechnungsverfahren	7	
4.1	Bilanzierungszeiträume	7	
4.2	Systemgrenzen	7	
4.3	Wärmebilanz	7	
4.3.1	Monatsbilanzverfahren	7	
4.3.2	Jahresbilanz- bzw. Heizperioden- bilanzverfahren	8	
4.4	Berechnungsschritte	8	
4.4.1	Monatsbilanzverfahren	8	
4.4.2	Jahresbilanz- bzw. Heizperioden- bilanzverfahren	9	
5	Bestimmung der Einzelgrößen nach dem Monatsbilanzverfahren	9	
5.1	Transmissionswärmeverluste	9	
5.1.1	Berücksichtigung von Wärme- brücken	9	
5.1.2	Reduktionsfaktoren	9	
5.1.2.1	Unbeheizte Räume (ohne direkte solare Warmegewinne)	9	
5.1.2.2	Flächen beheizter Räume, die an das Erdreich angrenzen	10	
5.1.3	Transmissionswärmeverluste von Bauteilen mit integrierten Flächenheizungen	10	
5.1.3.1	Ermittlung des spezifischen Wärme- verlustes	10	
5.2	Lüftungswärmeverluste	11	
5.2.1	Luftwechsel bei freier Lüftung	11	
5.2.2	Luftwechsel bei mechanischer Lüftung	11	
5.2.3	Luftwechsel bei Gebäuden mit Dichtheitsprüfung	11	
5.3	Interne Warmegewinne	11	
5.4	Solare Gewinne	11	
5.4.1	Gesamtenergiedurchlaßgrad von Verglasungen	11	
5.4.2	Solare Warmegewinne über Außen- bauteile	12	
5.4.2.1	Solare Warmegewinne über transparente Bauteile, die an die Außenluft grenzen	12	
5.4.2.2	Solare Warmegewinne über unbeheizten Glasvorbau	12	
5.4.2.3	Solare Warmegewinne über nicht- transparente Außenbauteile	13	
5.4.3	Sonnenminderungsfaktoren	13	
5.4.4	Rahmenanteile	13	
5.5	Nutzungsgrad solarer und interner Warmegewinne	13	
5.5.1	Thermische Zeitkonstante τ	13	
5.5.2	Näherungsfunktion für den Nutzungsgrad η	14	
5.6	Nachtabenkung und Heizunter- brechung	14	
6	Ermittlung der Einzelgrößen für das Jahres- bzw. das Heizperiodenbilanz- verfahren	14	
6.1	Transmissionswärmeverluste	14	
6.2	Lüftungswärmeverluste	14	

Fortsetzung Seite 2 bis 37

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

	Seite
6.3 Interne Wärmegewinne	15
6.4 Solare Wärmegewinne	15
6.4.1 Strahlungsangebot	15
6.4.2 Gesamtenergiedurchlaßgrad	15
6.4.3 Minderungsfaktoren infolge Verschattung, Sonnenschutz und Rahmenanteilen	15

6.5 Nutzungsgrad der Wärmegewinne	15
6.6 Teilbeheizung, Nachtabenkung	15
6.7 Heizgradtagzahl	16
7 Bericht	16
Anhang A: Meteorologische Daten	24
Anhang B: Berechnungsbeispiel	28
Anhang C: Literaturhinweise (informativ).....	37

1 Vorbemerkung

Diese Vornorm beschreibt die zur Wärmebilanz eines Gebäudes verwendeten Begriffe sowie ein Verfahren zur Berechnung des jährlichen Heizwärmebedarfs. Das Verfahren ist anwendbar auf Wohngebäude und auf Gebäude die ähnlich genutzt, ausschließlich beheizt und nicht gekühlt werden.

„Der Jahresheizwärmebedarf stellt eine Gebäudeeigenschaft dar. Er ist jedoch kein Kennwert, der zur Auslegung des Heizsystems dient. Hierzu werden entsprechende Regelungen im CEN/TC 228 erarbeitet.“

2 Begriffe und Formelzeichen

2.1 Begriffe

2.1.1 Verbrauch: In realen Gebäuden zur Beheizung eingesetzte Menge eines Energieträgers.

2.1.2 Bedarf: Rechnerisch ermittelter Verbrauch.

2.1.3 Heizwärmebedarf: Rechnerisch ermittelter Aufwand an Wärme, die zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Raumlufttemperatur benötigt wird. Dieser Wert wird auch als Netto-Heizenergiebedarf bezeichnet.

2.1.4 Heizenergiebedarf: Rechnerischer Wert der, unter Berücksichtigung von Umwandlungsverlusten, den Bedarf an Primärenergie zur Abdeckung des Heizwärmebedarfs wiedergibt. Er wird auch als Brutto-Heizenergiebedarf bezeichnet.

2.1.5 Nutzungsgrad der solaren und internen Wärmegewinne: Anteile der in ein Gebäude gelangten solaren Wärmegewinne und der im Gebäude anfallenden internen Wärmegewinne, die für Heizzwecke genutzt werden können.

2.1.6 Wirksame Wärmespeicherfähigkeit: Teilbetrag der Wärmespeicherfähigkeit eines Gebäudes, der einen Einfluß auf den Heizwärmebedarf hat.

2.1.7 Heizgrenztemperatur (Basistemperatur): Außenlufttemperatur, ab der ein Gebäude bei einer vorgegebenen Raumlufttemperatur nicht mehr beheizt werden muß.

2.1.8 Temperaturspezifischer Wärmeverlust: Auf die Differenz zwischen Raumluft- und Außenlufttemperatur bezogener Wärmeverlust eines Gebäudes infolge Transmission und Lüftung.

2.1.9 Bezugsvolumen: Das anhand der Außenmaße eines Gebäudes ermittelte und von der wärmeübertragenden Hülle umschlossene Volumen.

2.1.10 Bezugsfläche: Beheizte Fläche, die für den Ansatz der internen Wärmegewinne und des beheizten Luftvolumens eines Gebäudes repräsentativ ist.

2.1.11 Außentemperatur: Außenlufttemperatur

2.1.12 Innentemperatur: Empfundene Temperatur im Inneren eines Gebäudes, die der Ermittlung des Heizwärmebedarfs zugrundegelegt wird (sie muß nicht berechnet werden).

2.1.13 Standard-Heizperiode: Vorgegebener Zeitraum vom 01. Oktober bis 30. April während dem ein Gebäude üblicherweise beheizt wird.

2.1.14 Heizzeit: Standard-Heizperiode einschließlich aller Heiztage außerhalb dieses Zeitraums.

2.2 Formelzeichen

Die Formelzeichen und Einheiten entsprechen ISO 7345 und DIN 4108-1. Darüberhinaus werden noch weitere Begriffe, Formelzeichen und Einheiten nach E DIN EN 832 verwendet. Für Indizes wurden im vorliegenden Beiblatt deutsche Bezeichnungen gewählt:

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
$a_{o,i}$	mittlerer Strahlungsabsorptionsgrad der opaken nichttransparenten Außenbauteil-Oberfläche i	-
$a_{Gv,i}$	mittlerer Strahlungsabsorptionsgrad der Bauteile im Glasvorbau	-
$a_{W,K}$	mittlerer Strahlungsabsorptionsgrad der Bauteile zwischen Glasvorbau und Kernhaus	-
A_i	Fläche des Bauteils i, bezogen auf Außenmaße	m ²
A_{FH}	Fläche des betrachteten Heizelements	m ²
$A_{F,K}$	Fläche der Verglasung zwischen Glasvorbau und Kernhaus	m ²
$A_{Gv,i}$	Fläche der Bauteile des Glasvorbaus gegen die Außenluft	m ²
A_K	Fläche der Verglasung zwischen Glasvorbau und Kernhaus	m ²
A_{KB}	Fläche des Kellerbodens, bezogen auf Außenmaße	m ²
A_{KW}	Fläche der Kellerwand gegen Erdreich, bezogen auf Außenmaße	m ²
$A_{W,K}$	Fläche der nicht-transparenten Bauteile zwischen Glasvorbau und Kernhaus	m ²
b, b_M, b_a, b_{HP}	Nutzungsgrad-Parameter für die Wirksamkeit der thermischen Speichermassen im Monat (M), im Jahr (a) bzw. der Heizperiode (HP)	-
B'	Flächenkompaktheit des Kellerbodens	m
C_i	spezifische Wärmekapazität der Speicherschicht i	Wh/(kg·K)
c_{pL}	spezifische Wärmekapazität von Luft ($c_{pL} = 1,0 \text{ kJ}/(\text{kgK}) = 0,28 \text{ Wh}/(\text{kgK})$)	Wh/(kg·K)
C_{wirk}	wirksame Wärmespeicherfähigkeit eines Gebäudes	Wh/K
d_i	speicherwirksame Dicke der Bauteilschicht i	m
d_{BE}	thermisch wirksame Kellerbodendicke	m
d_{WE}	thermisch wirksame Kellerwanddicke	m
e	Windschutzkoeffizient	-
$f_{R,i}$	Rahmenanteil bei transparenter Wärmedämmung	-
$f_{V,i}$	Verglaster Anteil des Fensters i	-
$f_{V,Gv}$	Verglaster Anteil der Fenster zwischen Glasvorbau und dem Freien	-
$f_{V,K}$	Verglaster Anteil des Fenster zwischen Glasvorbau und Kernhaus	-
$F_{H,i}$	Formfaktor zwischen Oberflächenelement und Himmel	-
$g_{eq,i}$	äquivalenter Gesamtenergiedurchlaßgrad des Bauteils i	-
$g_{eff,i}$	effektiver Gesamtenergiedurchlaßgrad für diffuse Sonnenstrahlung der Verglasung i	-
g_i	effektiver Gesamtenergiedurchlaßgrad der Verglasung i	-
$g_{TWD,i}$	Gesamtenergiedurchlaßgrad der transparenten Wärmedämmschicht einschließlich Witterungsschutz	-
g_K	effektiver Gesamtenergiedurchlaßgrad der Verglasung zwischen Wintergarten und Kernhaus	-
g_{Gv}	effektiver Gesamtenergiedurchlaßgrad der Verglasung zwischen Wintergarten und dem Freien	-
Gt_x	Heizgradtagzahl zur Heizgrenztemperatur ϑ_x	Kd
h_K	Tiefe der Unterkante des Kellerfußbodens unter der Erdoberfläche	m
H	temperaturspezifischer Wärmeverlust des Gebäudes oder der beheizten Zone	W/K

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
$H_{o,FH}$	temperaturspezifischer Heizwärmeverlust des betrachteten Raums ohne Berücksichtigung des Einflusses des Flächenheizelements	W/K
H_L	temperaturspezifischer Lüftungswärmeverlust des Gebäudes oder der beheizten Zone	W/K
H_T	temperaturspezifischer Transmissionswärmeverlust des Gebäudes oder der beheizten Zone	W/K
H_{iu}	temperaturspezifischer Transmissions- und Lüftungswärmeverlust einer Zone mit Innentemperatur (i) in den unbeheizten Raum (u) nach Gleichung (4)	W/K
H_{ua}	temperaturspezifischer Transmissions- und Lüftungswärmeverlust einer unbeheizten Zone (u) nach außen (a) nach Gleichung (4)	W/K
H_{BE}	temperaturspezifischer Transmissionswärmeverlust über den Kellerboden und das Erdreich an die Außenluft	W/K
H_{WE}	temperaturspezifischer Transmissionswärmeverlust über die Kellerwand und das Erdreich an die Außenluft	W/K
$H_{i,Gv}$	temperaturspezifischer Wärmeverlust der Kernhauszone (i) in den Glasvorbau (Gv)	W/K
$H_{Gv,a}$	temperaturspezifischer Wärmeverlust des Glasvorbaus (Gv) nach außen (a)	W/K
$\Delta H_{T,FH}$	temperaturspezifischer Transmissionswärmeverlust über Flächenheizungen	W/K
i	Bauteilbezeichnung	
$I_{s,M,i}$	mittlere Strahlungsintensität auf absorbierende Bauteile (i) im Glasvorbau	W/m ²
$I_{s,a,j}$ $I_{s,HP,j}$	mittlere Strahlungsintensität im Jahr (a) bzw. in der Heizperiode (HP)	W/m ²
$I_{s,M,j}$	mittlere Strahlungsintensität im Monat (M)	W/m ²
j	Bezeichnung der Himmelsrichtung	
$k_{o,FH}$	Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils ohne Berücksichtigung des Einflusses des Flächenheizelements	W/(m ² ·K)
$k_{B,TWD}$	Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils mit transparenter Wärmedämmung einschließlich der nicht transparenten Bauteilschichten	W/(m ² ·K)
k_i	Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils i	W/(m ² ·K)
$k_{F,K}$	Wärmedurchgangskoeffizient der Fenster zwischen Glasvorbau und Kernhaus	W/(m ² ·K)
$k_{Gv,i}$	Wärmedurchgangskoeffizient der Außenbauteile des Glasvorbaus	W/(m ² ·K)
k_{KB}	Wärmedurchgangskoeffizient des Kellerbodens an das Erdreich	W/(m ² ·K)
k_{KW}	Wärmedurchgangskoeffizient der Kellerwand an das Erdreich	W/(m ² ·K)
k_{TWD}	Wärmedurchgangskoeffizient der transparenten Wärmedämmschicht (allein)	W/(m ² ·K)
$k_{W,K}$	Wärmedurchgangskoeffizient der nicht-transparenten Bauteile zwischen Glasvorbau und Kernhaus	W/(m ² ·K)
$l_{WB,i}$	Länge der Wärmebrücke i	m
n	Luftwechsel	h ⁻¹
n_s	Standard-Luftwechsel	h ⁻¹
$n_{i,Gv}$	Luftwechsel zwischen Kernhaus (i) und Glasvorbau (Gv)	h ⁻¹
$n_{Gv,a}$	Luftwechsel zwischen Glasvorbau (Gv) und dem Freien (a)	h ⁻¹

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
n_z	zusätzlicher Luftwechsel infolge Lüftungsundichtigkeiten	h^{-1}
n_{50}	Luftwechsel bei 50 Pa Über- oder Unterdruck	h^{-1}
P_K	Kellerumfang (Perimeter) im Außenmaß	m
$q_{i,Vol,a}, q_{i,Vol,HP}$	Volumenbezogene interne Brutto-Wärmegewinne des Jahres (a) bzw. der Heizperiode (HP)	kWh/m^3
$q_{i,Vol,M}$	Volumenbezogene interne Brutto-Wärmegewinne im Monat (M)	W/m^3
$Q_{G,M}$	Wärmegewinn des Gebäudes im Monat (M)	kWh
Q_H	Netto-Heizwärmebedarf des Gebäudes	kWh
$Q_{H,M}$	Netto-Heizwärmebedarf im Monat M	kWh
$Q_{i,a}, Q_{i,HP}$	interne Brutto-Wärmegewinne im Jahr (a) bzw. in der Heizperiode (HP)	kWh
$Q_{s,a}, Q_{s,HP}$	solare Wärmegewinne im Jahr (a) bzw. in der Heizperiode (HP)	kWh
$Q_{V,M}$	Wärmeverlust des Gebäudes im Monat (M)	kWh
$Q_{V,a}, Q_{V,HP}$	Wärmeverlust des Gebäudes im Jahr (a) bzw. in der Heizperiode (HP)	kWh
r_i	Temperaturreduktionsfaktor des Bauteils i	-
r_{BE}	Temperaturreduktionsfaktor des Kellerbodens über das Erdreich an die Außenluft	-
r_G	Temperaturreduktionsfaktor des Glasvorbaus	-
r_T	Reduktionsfaktor für Teilbeheizung	-
r_{WE}	Temperaturreduktionsfaktor der Kellerwand über Erdreich an die Außenluft	-
R_a	Wärmeübergangswiderstand außen (a)	$m^2 \cdot K/W$
R_i	Wärmeübergangswiderstand innen (i) oder bei Flächenheizungen Wärmedurchlaßwiderstand zwischen der Heizflächenebene und dem Rauminneren	$m^2 \cdot K/W$
R_i	Wärmedurchlaßwiderstand der Schicht i	$m^2 \cdot K/W$
$R_{TWD,i}$	Wärmedurchlaßwiderstand der transparenten Wärmedämmung	$m^2 K/W$
s_i	Dicke der Bauteilschicht i	m
t_a	Anzahl der Heiztage im Jahr (a)	d
t_{HP}	Anzahl der Tage der Heizperiode (HP)	d
t_M	Anzahl der Tage im Monat (M)	d
V	Von den Außenflächen umschlossenes Bauwerksvolumen des beheizten Gebäudes oder der beheizten Zone	m^3
$\dot{V}_{ab}$	Abluftvolumenstrom des Lüftungssystems	m^3/h
$\dot{V}_{zu}$	Zuluftvolumenstrom des Lüftungssystems	m^3/h
V_N	belüftetes Netto-Volumen des Gebäudes	m^3
V_K	Nettoraumvolumen des Kernhauses	m^3
V_{Gv}	Nettoraumvolumen des Glasvorbaus	m^3
x	Anteil des Heizungsbeitrags des betrachteten Heizflächenelements am gesamten Heizungsbeitrags des betreffenden Raums	-
z_i	Minderungsfaktor durch Verschattung oder Sonnenschutz	-
z_{Gv}	Minderungsfaktor durch Verschattung oder Sonnenschutz zwischen Wintergarten und dem Freien	-

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
z_K	Minderungsfaktor durch Verschattung oder Sonnenschutz zwischen Wintergarten u. Kernhaus	-
z_s	Minderungsfaktor infolge nicht senkrechten Strahlungsdurchgangs	-
$\alpha_{s,i}$	Abstrahlungskoeffizient (langwellig)	W/(m ² ·K)
η	Nutzungsgrad interner und solarer Wärmegewinne	-
η_a	mittlerer Nutzungsgrad der internen und solaren Wärmegewinne im Jahr (a) bzw. auch in der Heizperiode (HP)	-
η_M	Nutzungsgrad der internen und solaren Wärmegewinne im Monat (M)	-
ϑ_a	Außenlufttemperatur	°C
$\vartheta_{a,M}$	Außenlufttemperatur im Monat M unter Vernachlässigung der langwelligen Abstrahlung gegen Himmel und Umgebung	°C
ϑ_i	mittlere Innentemperatur eines Gebäudes oder einer Gebäudezone unter Berücksichtigung einer Nachtabenkung, gemittelt aus Raumlufttemperatur und mittlerer Umschließungsflächentemperatur	°C
$\vartheta_{i,K}$	mittlere Temperatur im Keller (K)	°C
$\vartheta_{i,unbeh. Raum}$	mittlere Temperatur im unbeheizten Raum	°C
ϑ_M	mittlere monatliche Außenlufttemperatur	°C
ϑ_x	Heizgrenztemperatur	°C
$\Delta \vartheta_c$	mittlere Temperaturdifferenz zwischen Außenluft und Himmelstemperatur	K
λ_i	Wärmeleitfähigkeit der Schicht i	W/(m·K)
λ_E	Wärmeleitfähigkeit von Erdreich	W/(m·K)
ξ	Wärmerückgewinnungsgrad des Abluft-Wärmetauschers	-
ρ_i	Dichte der Speicherschicht i	kg/m ³
ρ_L	Dichte der Luft ($\rho_L = 1,2 \text{ kg/m}^3$)	kg/m ³
τ	Gebäudezeitkonstante	h
$\tau_{O,M}, \tau_{O,HP}$	Bezugszeitkonstante des Gebäudes bezogen auf den Monat M bzw. die Heizperiode HP	h
$\chi_{P,i}$	Wärmedurchgangskoeffizient einer punktförmigen, dreidimensionalen Wärmebrücke i	W/K
$\psi_{l,i}$	Wärmedurchgangskoeffizient einer linienförmigen, zweidimensionalen Wärmebrücke i	W/(m·K)
$\Phi_{i,M}$	interne Brutto-Wärmegewinne als Mittelwert im Monat (M)	W
$\Phi_{s,M}$	solare Wärmegewinne im Monat (M)	W
$\Phi_{s,tr,M}$	solare Wärmegewinne über transparente Bauteile im Monat (M)	W
$\Phi_{s,o,M}$	solare Wärmegewinne über opake Bauteile im Monat (M)	W
$\Phi_{s,Gv,M}$	solare Wärmegewinne des Kernhauses über den Glasvorbau (Gv) im Monat (M)	W
$\Phi_{s,Gv,d,M}$	direkte (d) solare Wärmegewinne des Kernhauses über den Glasvorbau (Gv) im Monat (M)	W
$\Phi_{s,Gv,id,M}$	indirekte (id) solare Wärmegewinne des Kernhauses über den Glasvorbau (Gv) im Monat (M)	W
Φ_g	langwellige Abstrahlung	W

3 Grundlagen der Heizwärmebedarfsberechnung

3.1 Energetische Einflußgrößen

Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes (Netto-Heizwärmebedarf) hängt von folgenden Einflußfaktoren ab:

- Transmissionswärmeverluste infolge Wärmeleitung in den Bauteilen und Wärmeübergang an den Oberflächen.
- Lüftungswärmeverlust infolge Luftaustausch warmer Raumluft durch kalte Außenluft,
- sonstige Wärmeverluste, z. B. durch Abwasser und Raumlufffeuchte,
- solare Wärmegewinne infolge direkter Strahlungstransmission durch transparente Bauteile bzw. durch Strahlungsabsorption an den Oberflächen nicht-transparenter Bauteile,
- interne Wärmegewinne infolge Betrieb elektrischer Geräte, künstlicher Beleuchtung, Körperwärme von Mensch und Tier und durch Verluste des Heizsystems.

3.2 Weitere Einflußgrößen

Die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste hängen von den in der betrachteten Zeiteinheit zugrundegelegten Innen- und Außenlufttemperaturen ab. Sofern sich Räume mit unterschiedlichem Temperaturniveau in einem Gebäude befinden, beeinflussen sie sich gegenseitig und müssen daher berücksichtigt werden.

Innenlufttemperaturen und Luftaustausch hängen vom Nutzerverhalten ab, so daß für energetische Vergleichsrechnungen ein bestimmtes Nutzerverhalten angenommen wird. Solche Effekte werden vereinfacht mit einem Korrekturfaktor erfaßt.

Die Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile geht bei strenger stationärer Betrachtung nicht in die Wärmebilanz ein. Ihr Einfluß wird aber in dem hier dargestellten Verfahren in Zusammenhang mit dem Nutzungsgrad der solaren und internen Wärmegewinne berücksichtigt. Es werden nur die für Heizzwecke nutzbaren Gewinne an solarer und interner Wärme bilanziert.

Bei den internen Wärmegewinnen wird der haus- und nutzungstypische Energieverbrauch zugrundegelegt, der sich aus angenommenen Betriebszeiten und dem spezifischen Verbrauch der Geräte ergibt. In die Wärmegewinne infolge Wärmeabgabe von Menschen und Tieren geht nur die fühlbare Wärme ein; Latentwärme infolge Feuchteabgabe wird nicht berücksichtigt. Wegen des geringen Betrags der Wärmeverluste eines Gebäudes durch Abwasser und Raumfeuchte werden diese Einflußgrößen vernachlässigt.

4 Berechnungsverfahren

Das Berechnungsverfahren basiert auf einer Energiebilanz in stationärem Zustand unter Berücksichtigung der

dynamischen Einwirkung von internen und solaren Wärmegewinnen. Ein Teil der zur Aufrechterhaltung einer gewünschten Innentemperatur ϑ benötigten Wärme wird von den nutzbaren internen und solaren Wärmegewinnen gedeckt. Das vorliegende Verfahren berechnet den Netto-Heizwärmebedarf $Q_{H,n}$, also die restliche Wärmemenge, die das Heizungssystem liefern muß.

4.1 Bilanzierungszeiträume

Für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs wird in der Regel von einer monatlichen Wärmebilanz ausgegangen. Durch Aufsummierung der monatlichen Werte, sofern diese positiv sind, ergibt sich der Heizwärmebedarf für die Heizperiode (Monatsbilanzverfahren).

Für Überschlagrechnungen kann das Berechnungsverfahren verkürzt werden, indem die Wärmebilanz nicht monatlich, sondern nur für die Heizperiode durchgeführt wird. Man wendet dann das sogenannte Heizperiodenbilanzverfahren (HP-Verfahren) an.

Zum Nachweis der Anforderungen an den Jahresheizwärmebedarf [z.B. nach Wärmeschutzverordnung (WSchV)] wird ein dem HP-Verfahren entsprechendes Jahresbilanzverfahren durchgeführt, in dem auch Heiztage außerhalb der eigentlichen Heizperiode - sogenannte sommerliche Heiztage - im Heizwärmebedarf mit erfaßt werden. Dabei sind beim Jahresbilanzverfahren vorgegebene Heizgradtagzahlen zu verwenden, die nur für bestimmte Heizgrenztemperaturen gelten und vom Wärmebedarfsniveau des Gebäudes abhängen (Tabelle 9 enthält die standardmäßig zu verwendenden Heiztage t_a und Heizgradtagzahlen Gt_x jeweils unter Einbeziehung der sommerlichen Heiztage).

4.2 Systemgrenzen

Die nachstehenden Berechnungsverfahren gelten für gleichmäßig beheizte Gebäude. Unterscheiden sich die durchschnittlichen Innentemperaturen in Teilbereichen des Gebäudes um weniger als 4 K, dann kann den Berechnungen die mittlere, flächengewichtete Innentemperatur des Gebäudes zugrundegelegt werden. Bei größeren Unterschieden ist das Gebäude in zwei oder mehr Temperaturzonen aufzuteilen, wobei die Wärmebilanz für jede Temperaturzone aufzustellen ist und am Ende die Ergebnisse jeder Zone zu addieren sind.

4.3 Wärmebilanz

4.3.1 Monatsbilanzverfahren

Der Heizwärmebedarf Q_H eines Gebäudes wird aus der Wärmebilanz der einzelnen Monate des Gebäudes bzw. der Gesamtheit der einzelnen Zonen ermittelt. Die Wärmebilanz setzt sich aus den monatlichen Wärmeverlusten $Q_{V,M}$ und Wärmegewinnen $Q_{G,M}$ sowie aus dem Nutzungsgrad der Wärmegewinne η_M zusammen.

$$Q_{H,M} = Q_{V,M} - \eta_M \cdot Q_{G,M} \quad (1)$$

Die Wärmeverluste $Q_{v,M}$ errechnen sich aus dem temperaturspezifischen Wärmeverlust H , der Temperaturdifferenz zwischen Innenlufttemperatur ϑ_i und der Außenlufttemperatur $\vartheta_{a,M}$ sowie der Anzahl der Tage des betreffenden Monats t_M :

$$Q_{v,M} = 0,024 \cdot H \cdot (\vartheta_i - \vartheta_{a,M}) \cdot t_M^{1)} \quad (2)$$

Die Wärmegewinne im Monatsmittel $Q_{g,M}$ errechnen sich aus der Summe der mittleren monatlichen Strahlungsgewinne durch die Sonne $\Phi_{s,M}$ den Gewinnen aus internen Wärmequellen $\Phi_{i,M}$ sowie aus der Anzahl der Tage des betreffenden Monats t_M :

$$Q_{g,M} = 0,024 \cdot (\Phi_{s,M} + \Phi_{i,M}) \cdot t_M^{1)} \quad (3)$$

Der temperaturspezifische Wärmeverlust H errechnet sich aus den temperaturspezifischen Transmissionswärmeverlusten H_T und den temperaturspezifischen Lüftungswärmeverlusten H_L :

$$H = H_T + H_L \quad (4)$$

Der Heizwärmebedarf einer Heizperiode bzw. eines Jahres ergibt sich aus der Beziehung:

$$Q_H = \sum_{\text{Monate}} Q_{H,M} |_{\text{pos}} \quad (5)$$

Der Vermerk $|_{\text{pos}}$ in Gleichung (5) bedeutet, daß nur Monate mit einer positiven Wärmebilanz $Q_{H,M} > 0$ berücksichtigt werden.

4.3.2 Jahresbilanz- bzw. Heizperiodenbilanzverfahren

Unter der Voraussetzung daß die Dauer der Heizperiode bzw. die Heizgradtagzahl für die betreffende Region und das Gebäude bekannt sind, kann der Heizwärmebedarf vereinfacht nach dem Heizperiodenbilanzverfahren (HP-Verfahren) ermittelt werden.

Wenn für ein Gebäude der Jahresheizwärmebedarf, also der Heizwärmebedarf während der gesamten Heizzeit ermittelt werden soll, sind zusätzlich zu den Tagen der Heizperiode auch die sommerlichen Heiztage zu erfassen. Zur Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs bieten sich drei Alternativen:

- Verwendung der Standardgradtagzahl (Tabelle 9).
- Verwendung der standortspezifischen Heizgradtagzahlen (Anhang 1 Tabelle 2).
- Berechnung der Heizgradtagzahl nach Ziffer 6.7.

Der Jahresheizwärmebedarf wird näherungsweise wie folgt ermittelt:

$$Q_H = Q_{v,a} - \eta_a \cdot (Q_{s,a} + Q_{i,a}) \quad (6)$$

Dabei errechnet sich der Wärmeverlust $Q_{v,a}$ aus der, auf die Heizgrenztemperatur ϑ_x bezogenen, Gradtagzahl $Gt_x^{2)}$:

$$Q_{v,a} = 0,024 \cdot Gt_x \cdot (H_T + H_L)^{1)} \quad (7)$$

$$\text{mit } H_T = \sum_i r_i \cdot k_i \cdot A_i \quad (8)$$

$$H_L = \rho_L \cdot c_{pL} \cdot n \cdot V_N \quad (9)$$

$$\text{und } Q_{s,a} = \sum_{j(\text{Orientierung})} I_{s,a,j} \cdot \left(\sum_{i(\text{Bauteile})} f_{v,i} \cdot z_i \cdot g_{\text{eff},i} \cdot A_i \right) \quad (10)$$

$$Q_{i,a} = q_{i,\text{Vol},a} \cdot V \quad (11)$$

Bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs kann der Nutzungsgrad η_a nach Abschnitt 6.5 verwendet werden. Bei der Ermittlung der solaren Wärmegewinne sind beim Jahresbilanzverfahren die Strahlungsintensitäten $I_{s,a}$ und beim Heizperiodenbilanzverfahren die Strahlungsintensitäten $I_{s,HP}$ zu verwenden. Gleiches gilt auch für die volumenbezogenen internen Brutto-Wärmegewinne $q_{i,\text{Vol},a}$ bzw.

$q_{i,\text{Vol},HP}$.

4.4 Berechnungsschritte

4.4.1 Monatsbilanzverfahren

Die erforderlichen Werte sind schrittweise wie folgt zu ermitteln:

- a) Umfassungsflächen (Systemgrenzen) des Gebäudes die beheizte Räume nach außen oder gegen Räume mit anderen Raumlufttemperaturen abgrenzen bestimmen sowie das hiervon eingeschlossene Volumen aus den Außenmaßen.
- b) Temperaturspezifische Wärmeverluste H nach Abschnitt 5.1 und 5.2. ermitteln.
- c) Innentemperaturen festlegen (gegebenenfalls für mehrere Zonen) oder - wenn Nachtabsenkung vorgesehen ist oder die Innentemperaturen sich frei ergeben - berechnen.
- d) durchschnittliche monatliche Außenlufttemperatur anhand der meteorologischen Daten einer bestimmten Region (siehe Anhang) oder Innentemperatur angrenzender Zonen festlegen.
- e) Mittelwert der internen Wärmegewinne und der solaren Wärmegewinne für den gesamten Monat nach Abschnitt 5.3. und 5.4. berechnen.
- f) Monatlichen Nutzungsgrad η_M nach Abschnitt 5.5 bestimmen.
- g) Heizgrenztemperatur (Basistemperatur) ϑ_x nach Abschnitt 6.7 ermitteln.

¹⁾ 1 (W/d) = 0,024 kWh

²⁾ Es ist zu berücksichtigen, daß bei Gebäuden, mit einem hohen Wärmeschutz bzw. hohen solaren Wärmegewinnen, die Heizgrenztemperatur deutlich unter 15 °C liegt und solche Gebäude daher nicht mit den Gradtagszahlen nach E VDI 2067 berechnet werden können.

- g) Vergleich zwischen ϑ_x und der Monatsmitteltemperatur $\vartheta_{a,M}$ der Außenluft.

Falls: a) $\vartheta_x \geq \vartheta_{a,M}$ zählt der betreffende Monat zur Heizperiode ($Q_{H,M} > 0$).

Falls: b) $\vartheta_x < \vartheta_{a,M}$ ist $Q_{H,M} = 0$ zu setzen.

- h) Berechnung des monatlichen Heizwärmebedarfs nach Gleichung (1) bis (4); die Summe aller Monatswerte mit $Q_{H,M} \geq 0$ ergibt nach Gleichung (5) den jährlich Heizwärmebedarf.

- i) Erstellen eines Berichts mit der Angabe der zugrundegelegten Randbedingungen nach Abschnitt 7.

4.4.2 Jahresbilanz- bzw. Heizperiodenbilanzverfahren

Die erforderlichen Werte sind schrittweise wie folgt zu ermitteln:

- Umfassungsflächen (Systemgrenzen) des Gebäudes bestimmen, die beheizte Räume nach außen oder gegen Räume mit anderen Raumlufttemperaturen abgrenzen sowie das hiervon eingeschlossene Volumen aus den Außenmaßen.
- Temperaturspezifische Wärmeverluste H nach Abschnitt 6.1 und 6.2. ermitteln, wobei Wärmebrückeneffekte nicht berücksichtigt werden.
- Innentemperatur festlegen (in der Regel $\vartheta_i = 20^\circ\text{C}$)
- Ermittlung der Heizgradtagzahl nach Tabelle 9 oder Anhang A Tabelle A.2 oder Ziffer 6.7.
- Ermittlung der solaren Wärmegewinne nach Gleichung (10).
- Berechnung der internen Wärmegewinne nach Gleichung (11) mit den Werten der Tabelle 4.2.
- Bestimmung des jährlichen Nutzungsgrads nach Abschnitt 6.5 oder Berechnung nach Abschnitt 5.5.
- Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs nach Gleichung (6), mit eventuellen Korrekturen für Teilbeheizung, Nachtabenkung oder Nachtabstaltung.
- Erstellen eines Berichts mit der Angabe der zugrundegelegten Randbedingungen nach Abschnitt 7.

5 Bestimmung der Einzelgrößen nach dem Monatsbilanzverfahren

5.1 Transmissionswärmeverluste

Der temperaturspezifische Transmissionswärmeverlust H_T eines Gebäudes nach Abschnitt 4.3.1, Gleichung (4) wird wie folgt ermittelt:

$$H_T = \sum_{i \text{ Bauteile}} r_i (k_i \cdot A_i) + \sum_{\text{lin WB}} r_i (\psi_{l,i} \cdot l_{WB,i}) + \sum_{\text{punkt WB}} r_i (\chi_{p,i}) + \Delta H_{T, FH} \quad (12)$$

Die k -Werte der Bauteile sind nach DIN 4108-5 zu bestimmen. Die Temperatur-Reduktionsfaktoren r_i sind Tabelle 1 zu entnehmen. Bei Fenstern dürfen Vorrichtungen zum temporären Wärmeschutz nach E DIN EN 30 077 berücksichtigt werden.

Der temperaturspezifische Heizwärmeverlust für Bauteile mit integrierter Flächenheizung $\Delta H_{T, FH}$ ist, falls benötigt, nach Abschnitt 5.1.3 zu berechnen.

5.1.1 Berücksichtigung der Wärmebrücken

Bei Gebäuden mit hohem Wärmeschutz können Wärmeverluste über Wärmebrücken im Vergleich zu den gesamten Wärmeverlusten relativ groß werden und können in diesem Fall nicht vernachlässigt werden. Energetisch wirksame Wärmebrücken sind z.B. auskragende Balkonplatten, Decken/Wand-Anschlüsse ohne flächendeckende Außendämmung, Wandanschlüsse mit Innendämmung, ungedämmte Fensterlaibungen sowie schwach gedämmte Rolladenkästen. Die Wärmebrückenverlustkoeffizienten können Wärmebrückenkatalogen entnommen oder mit geeigneten mehrdimensionalen Rechenverfahren nach E DIN EN 32 573 berechnet werden.

Wenn zur Ermittlung der wärmeübertragenden Bauteilflächen Außenmaße verwendet werden, kann der Einfluß energetisch unbedeutender Wärmebrücken, z.B. zwei- oder dreidimensionale Ecken, vernachlässigt werden.

5.1.2 Reduktionsfaktoren

Um die Wärmeverluste in unbeheizte Räume oder über Flächen die an das Erdreich angrenzen, vereinfacht berechnen zu können, sind Temperatur-Reduktionsfaktoren anzuwenden.

$$r_i = \frac{\vartheta_i - \vartheta_{i, \text{unbeh. Raum}}}{\vartheta_i - \vartheta_a} \quad (13)$$

In Tabelle 1 sind Rechenwerte von Temperatur-Reduktionsfaktoren angegeben.

5.1.2.1 Unbeheizte Räume (ohne direkte solare Wärmegewinne)

In der Regel weisen unbeheizten Räume eines Gebäudes Temperaturen auf, die zwischen der Innentemperatur der beheizten Zone und der Außenlufttemperatur liegen. Die Wärmeverluste der Temperaturzonen die an unbeheizte Räume grenzen, können mit Hilfe von Temperatur-Reduktionsfaktoren ermittelt werden. Für unbeheizte Räume ohne solare Wärmegewinne und ohne Luftwechsel mit dem unbeheizten Raum gilt:

$$r_i = \frac{H_{lu}}{(H_{lu} + H_{ua})} \quad (14)$$

Vereinfachend können bei unbeheizten Räumen, wie:

- Keller,
- ausgebauten Dachgeschoß,
- Drempelräume,

- unbeheizten Glasvorbau,
- Wärmeverluste durch Kellerfußböden und -wände

Reduktionsfaktoren nach Tabelle 1 verwendet werden, sofern solche Räume in ihrer energetischen Wirkung nicht genauer erfaßt werden müssen. Ist dies der Fall, müssen die entsprechenden Reduktionsfaktoren nach Gleichung (14) ermittelt werden. Die Reduktionsfaktoren für unbeheizten Glasvorbau (Tabelle 1) stellen nur eine grobe Abschätzung dar und ergeben im allgemeinen höhere Werte für den Heizwärmebedarf als genauere Berechnungen nach Gleichung (14).

5.1.2.2 Flächen beheizter Räume, die an das Erdreich angrenzen

Die Transmissionswärmeverluste durch erdreichberührte Bauteile, wie Kelleraußenwände und Kellerfußböden, hängen neben dem Wärmedurchlaßwiderstand der jeweiligen Bauteile im wesentlichen von der Tiefe h_K des Kellergeschosses unter Oberkante Erdreich, der Kellergrundfläche A_{KB} und der Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs λ_E ab.

Der temperaturspezifischen Transmissionswärmeverlust des Kellerfußbodens H_{BE} und der Kellerwand H_{WE} errechnet sich wie folgt:

$$H_{BE} = r_{BE} \cdot k_{KB} \cdot A_{KB} \quad (15)$$

$$H_{WE} = r_{WE} \cdot k_{KW} \cdot A_{KW} \quad (16)$$

Die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Kellerbodens k_{KB} und der Kellerwand k_{KW} wurden aus E DIN EN 32 573 abgeleitet:

$$k_{KB} = \frac{1}{R_i + \sum \frac{s_{i,KB}}{\lambda_{i,KB}}} \quad (17)$$

$$k_{KW} = \frac{1}{R_i + \sum \frac{s_{i,KW}}{\lambda_{i,KW}}} \quad (18)$$

Für den Wärmeübergangswiderstand der Kellerdecke und des Kellerfußbodens gilt:

$$R_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Für den äußeren Wärmeübergangswiderstand der Erdoberfläche an die Außenluft gilt:

$$R_a = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

a) Verluste durch den Kellerfußboden

$$\text{Mit } B' = \frac{2A_{KB}}{P_K} \quad (19)$$

$$\text{und } d_{BE} = s_{KW} + \lambda_E \cdot \left(\frac{1}{k_{KB}} + R_a \right) + \frac{h_K}{2} \quad (20)$$

wobei A_{KB} die Kellerfußbodenfläche (Außenmaße), P_K den Umfang der massiven Kellerbodenplatte und h_K die Tiefe

des Kellerfußbodens (Unterkante) unter Oberkante Erdreich darstellt.

Aufgrund des vereinfachten Ansatzes müssen zwei Fälle in Abhängigkeit vom Wärmedämmniveau des Kellers unterschieden werden:

Falls $d_{BE} < B'$ ist

$$r_{BE} = \frac{2\lambda_E}{k_{KB}(\pi B' + d_{BE})} \cdot \ln\left(\frac{\pi B'}{d_{BE}} + 1\right) \cdot \left(\frac{\vartheta_{1,K} - \vartheta_a}{\vartheta_1 - \vartheta_a}\right) \quad (21)$$

Falls $d_{BE} \geq B'$ ist

$$r_{BE} = \frac{\lambda_E}{k_{KB}(0,457 \cdot B' + d_{BE})} \cdot \left(\frac{\vartheta_{1,K} - \vartheta_a}{\vartheta_1 - \vartheta_a}\right) \quad (22)$$

b) Verluste durch die Kellerwand

$$\text{Mit } d_{WE} = \lambda_E \cdot \left(\frac{1}{k_{KW}} + R_a \right) \quad (23)$$

erhält man näherungsweise nach Gleichung (24):

$$r_{WE} = \frac{2\lambda_E}{k_{KB}\pi h_K} \cdot \left(1 + \frac{d_{BE} - h_K}{2(d_{BE} + h_K/2)} \right) \cdot \ln\left(\frac{h_K}{d_{WE}} + 1\right) \cdot \left(\frac{\vartheta_{1,K} - \vartheta_a}{\vartheta_1 - \vartheta_a}\right)$$

Die Wärmeverluste über das Erdreich können vereinfacht auch durch die Reduktionsfaktoren nach Tabelle 1 erfaßt werden.

Zur genaueren Ermittlung der Wärmeverluste durch Bodenplatten ohne Keller - z.B. durch aufgeständerte Fußbodenplatten - ist E DIN EN 1190 anzuwenden.

5.1.3 Transmissionswärmeverluste von Bauteilen mit integrierter Flächenheizung

Die temperaturspezifischen Transmissionswärmeverluste von Flächenheizungen die in Fußböden, Decken und vertikalen Bauteilen integriert sind die an die Außenluft, das Erdreich oder unbeheizten Räumen grenzen, können, wie im folgenden beschrieben, berechnet werden.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß

- in den Wärmedurchlaßwiderstand R_i , der sich auf die Bauteile zwischen der Heizflächenebene und dem Rauminneren bezieht, der innere Wärmeübergangswiderstand einzurechnen ist,
- wenn keine genaueren Angaben zum Anteil x des Heizungsbeitrags des betrachteten Heizflächenelements am gesamten Heizungsbeitrag des betreffenden Raums gegeben sind, dieser Wert abgeschätzt werden kann.

5.1.3.1 Ermittlung des spezifischen Wärmeverlusts

Der temperaturspezifische Transmissionswärmeverlust von Bauteilen mit integrierter Flächenheizung $\Delta H_{T, FH}$ wird wie folgt ermittelt:

- Bei Bauteilen die an die Außenluft grenzen:

$$\Delta H_{T,FH} = R_I \cdot H_{o,FH} \cdot X / \left(\frac{1}{k_{o,FH}} - R_I \right) \quad (25)$$

- bei Bauteilen die an das Erdreich grenzen:

$$\Delta H_{T,FH} = R_I \cdot H_{o,FH} \cdot X / \left(\frac{A_{FH}}{H_{BE} + H_{WE}} - R_I \right) \quad (26)$$

mit H_{BE} und H_{WE} nach Abschnitt 5.1.2.2

- bei Bauteilen die an unbeheizte Räume grenzen:

$$\Delta H_{T,FH} = R_I \cdot H_{o,FH} \cdot X / \left(\frac{1}{k_{o,FH}(1-r)} - R_I \right) \quad (27)$$

mit r nach Gleichung (14).

5.2 Lüftungswärmeverluste

Die Lüftungswärmeverluste eines Gebäudes hängen in unterschiedlicher Weise von der Windgeschwindigkeit, der Windrichtung, der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen, der Gebäudeform, der Dichtigkeit des Gebäudes, den Lüftungsgewohnheiten der Nutzer und vom Lüftungssystem ab. Es ist derzeit mit begrenztem Aufwand nicht möglich alle diese Einflüsse mit genügender Genauigkeit zu erfassen. Die Nutzereinflüsse können sehr stark variieren und wirken sich damit auf die Lüftungswärmeverluste aus. Daher wird im folgenden näherungsweise von einem in der Zeiteinheit (z.B. Monat) konstanten Luftwechsel ausgegangen.

Der temperaturspezifische Lüftungswärmeverlust H_L wird bei freier Lüftung wie folgt berechnet:

$$H_L = \rho_L \cdot c_{pL} \cdot n \cdot V_N = 0,34 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^3\text{K}} \cdot n \cdot V_N \quad (28)$$

Die Werte ρ und c variieren geringfügig in Abhängigkeit von Temperatur und Druck; dieser Einfluß wird jedoch vernachlässigt.

Näherungsweise kann das Netto-Volumen V_N anhand des über Außenmaße berechneten Brutto-Volumens wie folgt ermittelt werden:

$$V_N = 0,8 \cdot V \quad (29)$$

5.2.1 Luftwechsel bei freier Lüftung

Für die Anzahl der Luftwechsel pro Stunde ist (sofern keine genaueren Angaben vorliegen), auch für dichte Gebäude bei freier Lüftung als Planungsgrundlage folgende Standard Lüftungsrate n_s anzusetzen:

$$n_s = 0,8 \text{ h}^{-1}$$

5.2.2 Luftwechsel bei mechanischer Lüftung

Bei mechanischen Lüftungssystemen (Entlüftungsanlagen oder Be- und Entlüftungsanlagen mit und ohne Wärmerückgewinnung) errechnet sich die mittlere Lüftungsrate bei kontinuierlichem Betrieb nach Gleichung (30):

$$n = \dot{V}_{ab} / V_N (1 - \xi) + n_z \quad (30)$$

n_z berücksichtigt die zusätzliche Lüftungsrate infolge Wind und Auftrieb bei Betrieb der Lüftungsanlage. Liegen keine besonderen Meßwerte vor, ist $n_z = 0,24 \text{ h}^{-1}$ zu setzen.

5.2.3 Luftwechsel bei Gebäuden mit Dichtigkeitsprüfung

Werden Dichtigkeitsprüfungen nach ISO/DIS 9972 durchgeführt, kann n_z mit folgender Beziehung für entsprechende Gebäuden und Zonen mit einer Be- und Entlüftungsanlage nach E DIN EN 832 genauer ermittelt werden:

$$n_z = \frac{n_{50} \cdot e}{1 + \frac{15}{e} \left[\left(\dot{V}_{zu} - \dot{V}_{ab} \right) / (n_{50} \cdot V_N) \right]^2} \quad (31)$$

Tabelle 2 enthält Windschutzkoeffizienten e für verschiedene Windexpositionen. In Tabelle 3 sind Anhaltswerte für n_{50} aufgeführt.

5.3 Interne Wärmegewinne

Die infolge innerer Wärmequellen anfallenden Wärmegewinne hängen vom Gebäude und seiner Nutzung (Wohngebäude, Bürogebäude) sowie von seiner technischen Ausstattung, der Personenbelegung und vom Betrieb vorhandener Anlagen ab. Die mittleren internen Brutto-Wärmegewinne errechnen sich wie folgt:

$$\Phi_{i,M} = q_{i,Vol,M} \cdot V \quad (32)$$

Durchschnittliche Werte für die mittleren internen Brutto-Wärmegewinne der einzelnen Monate $q_{i,Vol,M}$ pro m^3 Gebäudevolumen sind Tabelle 4.2 zu entnehmen.

5.4 Solare Wärmegewinne

Solare Wärmegewinne tragen wesentlich zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs bei. Dabei sind folgende Einflußfaktoren zu berücksichtigen:

- Die durchschnittliche solare Einstrahlung auf Bauteiloberflächen in Abhängigkeit von deren Orientierung und Neigung (Anhang A, Tabelle A.1),
- der Gesamtenergiedurchlaßgrade transparenter Bauteile (Tabelle 5),
- Verschattungs-, Sonnenschutzfaktoren (Tabelle 6 und 7) und Rahmenanteile,
- Absorptionsgrade nicht-transparenter Bauteile (Tabelle 8).

5.4.1 Gesamtenergiedurchlaßgrad von Verglasungen

Da die Sonne nicht senkrecht auf die Verglasungsflächen fällt, sind die nach DIN 67 507 ermittelten g -Werte für das hier anzuwendende Rechenverfahren um 15% zu reduzieren, um den effektiv wirksamen g -Wert zu ermitteln:

$$g_{\text{eff},i} = 0,85 \cdot g_i \quad (33)$$

Tabelle 5 enthält Richtwerte für g -Werte verschiedener Verglasungsarten.

5.4.2 Solare Wärmegewinne über Außenbauteile

Die mittleren monatlichen solaren Wärmegewinne $\Phi_{S,M}$ über transparente Außenbauteile $\Phi_{S,tr,M}$, opake Außenbauteile $\Phi_{S,o,M}$ oder unbeheizte Glasvorbauten $\Phi_{S,Gv,M}$ werden wie folgt ermittelt:

$$\Phi_{S,M} = \Phi_{S,tr,M} + \Phi_{S,o,M} + \Phi_{S,Gv,M} \quad (34)$$

5.4.2.1 Solare Wärmegewinne über transparente Bauteile, die an die Außenluft grenzen

Die mittleren monatlichen solaren Wärmegewinne über transparente Bauteile die an die Außenluft grenzen $\Phi_{S,tr,M}$ werden wie folgt ermittelt:

$$\Phi_{S,tr,M} = \sum_j I_{S,M,j} \cdot \left(\sum_i z_i \cdot f_{V,i} \cdot g_{\text{eff},i} \cdot A_i \right) \quad (35)$$

Minderungsfaktor von Sonnenschutzeinrichtungen z_i sind in den Tabellen 6 und 7 angegeben. Bei mehreren Einrichtungen an einem Bauteil ist für z_i das Produkt der Einzelwerte anzusetzen.

Die Strahlungsintensitäten $I_{S,M}$ sind in Abhängigkeit der Orientierungen eines Bauteils und seiner Neigungen gegen die Horizontale für eine typische Region in der Bundesrepublik Deutschland in Anhang A Tabelle A.1 dargestellt. Dabei ist unter der Orientierung eine Abweichung der Senkrechten auf die betrachtete Bauteilfläche von nicht mehr als 22,5 Grad von der jeweiligen Himmelsrichtung zu verstehen. In den Grenzfällen ist jeweils der kleiner Wert zu verwenden.

5.4.2.2 Solare Wärmegewinne über unbeheizten Glasvorbau

Wird ein Glasvorbau beheizt und ist eine wärmetechnisch wirksame Trennfläche zwischen Kernhaus und Glasvorbau vorhanden, ist er als Teil des beheizten Volumens zu betrachten. Die solaren Gewinne sind nach Gleichung (35) zu ermitteln.

Beim nicht beheizten Glasvorbau werden die über den jeweiligen Monat gemittelten solaren Wärmegewinne $\Phi_{S,Gv,M}$ des Kernhauses die über den Glasvorbau erzielt werden wie folgt berechnet:

$$\Phi_{S,Gv,M} = \Phi_{S,Gv,d,M} + r_G \cdot \Phi_{S,Gv,id,M} \quad (36)$$

Der Reduktionsfaktor r_G wird für einen unbeheizten Glasvorbau analog zu Gleichung (14) wie folgt ermittelt:

$$r_G = H_{i,Gv} / (H_{i,Gv} + H_{Gv,a}) \quad (37)$$

Dabei ist $H_{Gv,a}$ der temperaturspezifische Wärmeverlust des unbeheizten Glasvorbau nach außen und $H_{i,Gv}$ der temperaturspezifische Wärmeverlust des Kernhauses in den unbeheizten Glasvorbau:

$$H_{i,Gv} = A_{F,K} \cdot k_{F,K} + A_{W,K} \cdot k_{W,K} + n_{i,Gv} \cdot V_K \cdot \rho_L \cdot c_{pL} \quad (38)$$

$$H_{Gv,a} = \sum_{i \text{ (Baut. Gv)}} (A_{Gv,i} \cdot k_{Gv,i}) + n_{Gv,a} \cdot V_{Gv} \cdot \rho_L \cdot c_{pL} \quad (39)$$

Sofern keine genaueren Angaben vorliegen, ist $n_{i,Gv} = 0,3 \text{ h}^{-1}$ und $n_{Gv,a} = 1,0 \text{ h}^{-1}$ zu setzen.

Für den Monat M ist der direkte solare Wärmegewinn des Kernhauses über den unbeheizten Wintergarten $\Phi_{S,Gv,d,M}$ und der indirekte Gewinn des Kernhauses über den unbeheizten Wintergarten $\Phi_{S,Gv,id,M}$ wie folgt zu ermitteln:

$$\Phi_{S,Gv,d,M} = I_{S,M,j} \cdot z_s \cdot z_{Gv} \cdot f_{V,Gv} \cdot g_{Gv} \cdot (z_K \cdot f_{V,K} \cdot g_K \cdot A_{F,K} + a_{W,K} \cdot A_{W,K} \cdot k_{W,K} \cdot R_i) \quad (40)$$

$$\Phi_{S,Gv,id,M} = z_s \cdot z_{Gv} \cdot f_{V,Gv} \cdot g_{Gv} \cdot \left[\sum_{i \text{ (Baut. Gv)}} (I_{S,M,i} \cdot A_{Gv,i} \cdot a_{Gv,i}) - a_{W,K} \cdot I_{S,M,j} \cdot A_{W,K} \cdot k_{W,K} \cdot R_i \right] \quad (41)$$

Mit $I_{S,M,j}$ als mittlere monatliche Strahlungsintensität der Orientierung (j) der Trennwand zwischen unbeheiztem Glasvorbau und dem Kernhaus sowie $I_{S,M,i}$ als mittlere Strahlungsintensität auf absorbierende Bauteile (i) im unbeheizten Glasvorbau.

R_i ist gleich $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ zu setzen.

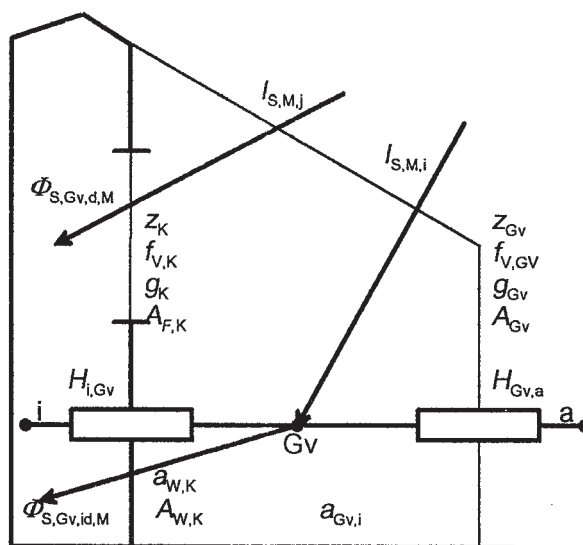


Bild 1: Schematische Darstellung des Glasvorbau zur Erläuterung der Gleichungen (36) bis (41)

Dabei steht der Index K für die Trennfläche zwischen Kernhaus und Glasvorbau und der Index Gv für die Flächen des Glasvorbau gegen Außenluft. Die Faktoren z und f stehen für die Verschattung bzw. die Rahmenanteile. Der Faktor $a_{Gv,i}$ ist der mittlere Strahlungsabsorptions-