

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden

Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme-
und des Jahresheizenergiebedarfs

Vornorm

DIN V
4108-6

ICS 91.120.10; 91.140.10

Ersatz für
DIN V 4108-6:1995-04

Thermal protection and energy economy in buildings –
Part 6: Calculation of annual heat and annual energy use

Protection thermique et économie d'énergie dans la construction
immobilière – Partie 6: Calcul des besoins annuels en chaleur en
énergie et des besoins annuels en énergie

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
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Definitionen, Symbole und Einheiten	4
3.1 Definitionen	4
3.2 Symbole, Einheiten und Indizes	7
4 Grundlagen der Heizwärme- und Heizenergiebedarfsberechnung	9
4.1 Energetische Einflussgrößen	9
4.2 Weitere Einflussgrößen	10
5 Berechnungsverfahren	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Bilanzierungszeiträume	10
5.3 Systemgrenzen	10
5.4 Heiz- und Primärenergiebedarf	11
5.5 Bilanzierungsverfahren	12
5.5.1 Allgemeines	12
5.5.2 Periodenbilanzverfahren	12
5.5.3 Monatsbilanzverfahren	15
5.6 Berechnungsschritte	17
5.6.1 Allgemeines	17
5.6.2 Periodenbilanzverfahren	17
5.6.3 Monatsbilanzverfahren	17
6 Bestimmung der Einzelgrößen nach dem Monatsbilanzverfahren	18
6.1 Transmissionswärmeverluste	18
6.1.1 Vereinfachter Ansatz mittels Temperatur-Korrekturfaktoren	18
6.1.2 Berücksichtigung der Wärmebrücken	20
6.1.3 Detaillierte Berechnungsverfahren	20
6.1.4 Wärmeverluste an Bauteilen mit integrierten Heizflächen	21

Fortsetzung Seite 2 bis 91

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS) im DIN

6.2	Lüftungswärmeverluste	22
6.2.1	Allgemeines	22
6.2.2	Freie Lüftung	22
6.2.3	Maschinelle Lüftung	22
6.3	Interne Wärmegewinne	24
6.4	Solare Wärmegewinne	25
6.4.1	Allgemeines	25
6.4.2	Effektive Kollektorfläche	26
6.4.3	Solare Wärmegewinne über transparente Außenbauteile	28
6.4.4	Solare Gewinne über unbeheizte Glasverbauten	28
6.4.5	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile einschließlich transparenter Wärmedämmung	30
6.5	Nutzbare solare und interne Wärmegewinne	31
6.5.1	Allgemeines	31
6.5.2	Wirksame Wärmespeicherfähigkeit und Zeitkonstante	31
6.5.3	Ausnutzungsgrad	32
6.5.4	Heizunterbrechung, Nachabschaltung der Heizung	33
6.5.5	Bericht	33
Anhang A	Meteorologische Daten	34
Anhang B	Vereinfachter Nachweis des Gesamtenergiedurchlaßgrades der Verglasung einschließlich Sonnenschutzvorrichtung	52
Anhang C	Einfluss der Heizunterbrechung (Nacht- und Nachtabsenkung)	56
Anhang D	Berechnungsverfahren für den öffentlich-rechtlichen Nachweis	60
Anhang E	Ermittlung der Wärmeverluste über das Erdreich	66
Anhang F	Beispiel "Heizenergiebedarfsermittlung"	72
Literaturhinweise		91

Vorwort

DIN 4108 "Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden" besteht aus:

- Bbl 1, *Inhaltsverzeichnisse, Stichwortverzeichnis*
- Bbl 2, *Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele*
- Teil 1, *Größen und Einheiten*
- Teil 2, *Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*
- Teil 3, *Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung*
- Teil 4, *Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte*
- Teil 5, *Berechnungsverfahren*
- Teil 6, *Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs von Gebäuden*
- Teil 7, *Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele*

Änderungen

Gegenüber DIN V 4108-6:1995-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Festlegung der Randbedingungen für Anwendungen in Deutschland, die in DIN EN 832:1998 an nationale Regelungen delegiert sind;
- b) Beschreibung von Berechnungsregeln für die Computerprogrammierung;
- c) Darstellung der Berechnungsverfahren für den öffentlich-rechtliche Nachweis der Energie-Einsparanforderungen

Frühere Ausgaben

DIN V 4108-6: 1995-04

1 Anwendungsbereich

Diese Vornorm beschreibt die zur Wärmebilanz eines Gebäudes verwendeten Begriffe sowie das Verfahren zur Berechnung des jährlichen Heizwärme- und Heizenergiebedarfs nach DIN EN 832 unter Berücksichtigung der in Deutschland anzuwendenden Randbedingungen. Das Verfahren ist anwendbar auf Wohngebäude und auf Gebäude, die auf bestimmte Innentemperaturen beheizt werden müssen. Die Vornorm ist geeignet, Berechnungsregeln für eine Computerprogrammierung zur Verfügung zu stellen. Im Fall von Nachweisen von öffentlich rechtlichen Anforderungen sind ein Heizperioden- und ein Monatsbilanz-Verfahren dargestellt, deren Randbedingungen im Anhang D angegeben sind.

2 Normative Verweisungen

Diese Vornorm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nur zu dieser Vornorm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 277-1, *Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau — Begriffe und Berechnungsgrundlagen*.

DIN 4108 Bbl 2, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Wärmebrücken — Planungs- und Ausführungsbeispiele*.

DIN V 4108-4, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte*.

DIN V 4701-10, *Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen — Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung*.

DIN EN 410, *Glas im Bauwesen — Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen; Deutsche Fassung EN 410*.

DIN EN 673, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) — Berechnungsverfahren; Deutsche Fassung EN 673*.

DIN EN 674, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) — Verfahren mit dem Plattengerät; Deutsche Fassung EN 674*.

DIN EN 675, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) — Wärmestrommesser-Verfahren; Deutsche Fassung EN 675*.

DIN EN 832, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Berechnung des Heizenergiebedarfs — Wohngebäude; Deutsche Fassung EN 832:1998*.

E DIN EN 12412, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens¹⁾*.

DIN EN ISO 6946, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren (ISO 6946:1996), Deutsche Fassung EN ISO 6946:1996*.

DIN EN ISO 7345, *Wärmeschutz — Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345:1987); Deutsche Fassung EN ISO 7345:1995*.

DIN EN ISO 9288, *Wärmeschutz — Wärmeübertragung durch Strahlung — Physikalische Größen und Definitionen (ISO 9288:1989); Deutsche Fassung EN ISO 9288:1996*.

1) Siehe auch [4] prEN ISO 12567 in Literaturhinweise (vorgesehen als Ersatz für E DIN EN 12412).

DIN EN ISO 10077-1, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen — Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten — Teil 1: Vereinfachtes Verfahren (ISO 10077-1:2000); Deutsche Fassung EN ISO 10077-1:2000*.

E DIN EN ISO 10077-2, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen — Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten — Teil 2: Numerisches Verfahren (ISO/DIS 10077-2:1998); Deutsche Fassung prEN ISO 10077-2:1998*.

E DIN EN ISO 10211-2, *Wärmebrücken im Hochbau — Wärmeströme und Oberflächentemperaturen — Teil 2: Berechnungsverfahren für linienförmige Wärmebrücken (ISO/DIS 10211-2:1995); Deutsche Fassung prEN ISO 10211-2:1995*.

DIN EN ISO 13370, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Wärmeübertragung über das Erdreich — Berechnungsverfahren (ISO 13370:1998); Deutsche Fassung EN ISO 13370:1998*.

DIN EN ISO 13789, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient- Berechnungsverfahren (ISO 13789:1999); Deutsche Fassung EN ISO 13789:1999*.

3 Definitionen, Symbole und Einheiten

Für die Anwendung dieser Vornorm gelten die in DIN EN 832, DIN EN ISO 6946, DIN EN ISO 7345²⁾, DIN EN ISO 9288 sowie in 3.1 und 3.2 festgelegten Definitionen, Symbole, Einheiten und Indizes.

ANMERKUNG Siehe auch C.1.2

3.1 Definitionen

3.1.1

Verbrauch

in realen Gebäuden zur Beheizung erfasste Wärme- oder Energiemenge

3.1.2

Bedarf

rechnerisch ermittelte Größen für Wärme- und Energiemengen unter Zugrundelegung festgelegter Randbedingungen

3.1.3

Zone

Bereich eines Gebäudes, der eine durchschnittliche um mindestens 4 K unterschiedliche Innentemperatur gegenüber den übrigen Gebäudebereichen aufweist

3.1.4

Heizwärmebedarf

rechnerisch ermittelte Wärmeeinträge über ein Heizsystem, die zur Aufrechterhaltung einer bestimmten mittleren Raumtemperatur in einem Gebäude oder in einer Zone eines Gebäudes benötigt werden. Dieser Wert wird auch als Netto-Heizenergiebedarf bezeichnet.

3.1.5

Heizenergiebedarf

berechnete Energiemenge, die dem Heizungssystem des Gebäudes zugeführt werden muss, um den Heizwärmebedarf abdecken zu können

3.1.6

Ausnutzungsgrad

Faktor, der den gesamten monatlichen oder jahreszeitlichen Wärmegewinn (inneren und passiv-solaren) reduziert, um den nutzbaren Teil des Wärmegewinns zu erhalten

2) Es ist vorgesehen DIN 4108-1:1981-08 mit Neuausgabe von DIN EN ISO 7345 und DIN EN ISO 9346 zu ersetzen.

3.1.7

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

Teilbetrag der Wärmespeicherfähigkeit eines Gebäudes, der einen Einfluss auf den Heizwärmebedarf und auf die sommerliche Raumkonditionierung hat. Sie wird für den Sommer- und Winterfall unterschiedlich ermittelt

3.1.8

Wärmestromkoeffizient

Wärmestrom zwischen zwei Zonen, geteilt durch die Temperaturdifferenz zwischen beiden Zonen

3.1.9

spezifischer Wärmeverlust

Wärmestromkoeffizient einer beheizten Zone zur äußeren Umgebung. Auf die Differenz zwischen Innen- und Außenlufttemperatur bezogener Wärmeverlust eines Gebäudes infolge Transmission und Lüftung

3.1.10

Außentemperatur

auch als Außenlufttemperatur bezeichnet

3.1.11

Innentemperatur

empfundene Temperatur im Inneren eines Gebäudes, die der Ermittlung des Heizwärmebedarfs zugrundegelegt wird, auch Raumtemperatur genannt, die nicht berechnet wird

3.1.12

Temperaturzone

Räume, die beheizt werden und die gleiche Raumtemperatur im zeitlichen Durchschnitt aufweisen

3.1.13

Systemgrenze

gesamte Außenoberfläche des Gebäudes bzw. der beheizten Zone eines Gebäudes, über die der Heizwärmebedarf mit einer bestimmten Innentemperatur ermittelt wird. Darin sind inbegriffen alle Räume, die direkt oder indirekt durch Raumverbund (wie z.B. Hausflure und Dielen) beheizt werden. Räume, die bestimmungsgemäß nicht zur Beheizung vorgesehen sind, liegen außerhalb der Systemgrenze.

3.1.14

Bezugsvolumen

das anhand der Außenmaße eines Gebäudes ermittelte und von der wärmeübertragenden Gebäudehülle (Systemgrenze) umschlossene Volumen; auch Bruttovolumen genannt

3.1.15

belüftetes Volumen

Luftvolumen (Nettovolumen) einer beheizten Zone, das dem Luftaustausch unterliegt

3.1.16

Bezugsfläche

energierelevante Bezugsgröße, die eine energetische Bewertung von Gebäuden erlaubt

3.1.17

Nutzfläche

vom Bezugsvolumen abgeleitete Grundfläche eines Gebäudes. Sie dient im öffentlich-rechtlichen Nachweis als Bezugsfläche.

3.1.18

Hüllfläche

äußere wärmetauschende Oberfläche A des Gebäudes. Sie bildet die Systemgrenze.

3.1.19

Heizgrenztemperatur (Basistemperatur)

Außenlufttemperatur, ab der ein Gebäude bei einer vorgegebenen Raumlufttemperatur nicht mehr beheizt werden muss.

3.1.20

Heizperiode

Zeit der Beheizung eines Gebäudes während der die mittleren Außenlufttemperaturen kleiner als die Heizgrenztemperatur sind. Die Heizperiode hängt von meteorologischen Größen und von den wärmetechnischen Gebäudeeigenschaften ab.

3.1.21

Primärenergiebedarf

Energiemenge, die zur Deckung des Jahres-Heizenergiebedarfs und des Warmwasserbedarfs (Trinkwasserwärmebedarf) benötigt wird, unter Berücksichtigung der zusätzlichen Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze "Gebäude" bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen.

3.2 Symbole, Einheiten und Indizes

Tabelle 1

Symbole	Bezeichnung	Einheit
A	Fläche; im speziellen die Hüllfläche eines Gebäudes	m ²
a	Numerischer Parameter siehe Gleichung (75)	-
A_B	Bezugsfläche	m ²
A_N	Nutzfläche, abhängig vom Bruttovolumen	m ²
A_s	Effektive Kollektorfläche	m ²
b	Kennwert nach DIN EN ISO 13789, Temperatur-Korrekturfaktor	-
B'	Spezielle Kenngröße bei Wärmeverlusten über das Erdreich, siehe Gleichung (E.3)	m
c	Spezifische Wärmekapazität	kJ/(kg·K), Wh/(kg·K)
C	Wärmekapazität eines Bauteils	kJ/K, Wh/K
D	Breite eines Wärmedämmstreifens an der Bodenplatte	m
d	Dicke	m
d'	Zusätzliche wirksame Dicke durch Randdämmung	m
d_i	Wirksame Gesamtdicke der Bodenplatte	m
e_x	Aufwandszahl für bestimmtem Betrieb x des Heizsystems	-
F	Faktor	-
F_s	Abminderungsfaktor infolge Verschattung	-
F_c	Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen	-
F_F	Abminderungsfaktor für den Rahmenanteil	-
F_i	Strahlungswirksamer Formfaktor zwischen Bauteil und Himmel bzw. Teilbestrahlungsfaktor für seitliche Abschattungsflächen	-
F_{in}	Temperaturkorrekturfaktor für Bauteile zu unbeheizten Räumen	-
F_w	Abminderungsfaktor infolge nicht senkrechten Strahlungseinfalls	-
F_v	Temperatur-Korrekturfaktor für Bauteil x	-
g	Wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad ($g = F_w g_L$)	-
g_L	Gesamtenergiedurchlassgrad bei senkrechtem Strahlungseinfall	-
g_{tot}	Gesamtenergiedurchlassgrad einschließlich Sonnenschutz	-
Gt_{xy}	Heizgradtagzahl mit Innentemperatur x und Heizgrenztemperatur y	Kd
h_e	Äußerer Abstrahlungskoeffizient	W/(m ² ·K)
H	Spezifischer Wärmeverlust	W/K
I_{sM}	Mittlere Strahlungsintensität der Sonne im Monat M	W/m ²
I_{sP}	Mittlere Strahlungsintensität in der betrachteten Periode P	W/m ²
I_p	Strahlungsintensität, die auf die Trennfläche Wintergarten/Kernhaus fällt	W/m ²
l	Länge einer linienförmigen Wärmebrücke	m
L	Thermischer Leitwert allgemein	W/K
L_D	Thermischer Leitwert zwischen beheiztem Raum und Außenluft	W/K
L_{pe}	Äußerer harmonischer thermischer Leitwert nach DIN EN ISO 13370	W/K
L_s^*	Thermischer Leitwert über das Erdreich nach außen (bei Gebrauch von Temperatur-Korrekturfaktoren)	W/K
L_s	Stationärer thermischer Leitwert nach DIN EN ISO 13370	W/K
n	Luftwechselrate nach DIN EN 832, DIN EN ISO 7345	h ⁻¹
n_{50}	Luftwechselrate bei 50 Pa Druckdifferenz	h ⁻¹
P	Umfang der Bodengrundfläche	m
Q	Wärme, Wärmemenge nach DIN EN ISO 7345 speziell: Wärmemenge des Jahresheizenergiebedarfs	Wh, kWh ^{a)} Wh/a, kWh/a
Q_p	Primärenergetisch bewerteter Jahres-Heizenergiebedarf (Primärenergiebedarf nach DIN V 4701-10)	Wh, kWh ^{a)} Wh/a, kWh/a
Q_p''	Flächenbezogener Jahres-Primärenergiebedarf	kWh/(m ² ·a)
Q_l	Wärmeverluste	Wh, kWh ^{a)}
Q_g	Wärmegewinne	Wh, kWh ^{a)}
Q_r	Energiebetrag aus regenerativer Quelle	Wh, kWh ^{a)}
Q_s	Solarwärmegewinne	Wh, kWh ^{a)}
Q_i	Interne Wärmegewinne	Wh, kWh ^{a)}
Q_w	Energiebedarf für Warmwasseraufbereitung	Wh, kWh ^{a)}
Q''	Flächenbezogener Jahres-Heizenergiebedarf	kWh/(m ² ·a)

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbole	Bezeichnung	Einheit
Q	Volumenbezogener Jahres-Heizenergiebedarf	kWh/(m ³ ·a)
Q_h	Jahres-Heizwärmebedarf	Wh/a, kWh/a ^{a)}
Q_{ss}	Solarer Wärmegegewinn aus dem Wintergarten	Wh
Q_{sd}	Direkte solare Gewinne aus dem Wintergarten	Wh
Q_{si}	Indirekte solare Gewinne aus dem Wintergarten	Wh
Q	Gesamter Wärmeverlust durch das Heizsystem nach DIN EN 832	Wh, kWh ^{a)}
q oder q_E	Nutzflächenbezogener Energiebedarfswert nach DIN V 4701-10	kWh/(m ² ·a)
R	Wärmedurchlasswiderstand	m ² ·K/W
t	Zeitspanne	d
U	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² ·K)
V	Nettovolumen (belüftetes Volumen)	m ³
V_g	Bruttovolumen	m ³
V_f	Luftvolumenstrom (eines Lüftungssystems)	m ³ /h
V_E	Abluftvolumenstrom	m ³ /h
V_S	Zuluftvolumenstrom	m ³ /h
V_w	Warmwasservolumen	m ³
w	Dicke der aufgehenden Wand	m
z	Höhe der Kellerwand bis zur Erdoberkante	m
α	Strahlungsabsorptionsgrad (an opaken Oberflächen)	-
α_{sp}	Strahlungsabsorptionsgrad der Trennfläche Wintergarten/Kernhaus	-
β	Zeitanteil mit eingeschalteten Ventilatoren	-
θ_a	Außenlufttemperatur	°C
θ_i	Innentemperatur	°C
θ_{sd}	Heizgrenztemperatur	°C
θ_o	Temperatur des Kaltwassers	°C
θ_w	Temperatur des erzeugten Warmwassers	°C
$\Delta\theta_{er}$	Differenz der Außenlufttemperatur und der Himmelstemperatur	K
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)
η	Ausnutzungsgrad	-
η_h	Jahresnutzungsgrad des Heizsystems	-
η_v	Nutzungsfaktor des Abluft-Zuluft-Wärmetauschersystems	-
γ	Wärmegegewinn-/verlust-Verhältnis	-
ξ	Deckungsanteil des Raumwärmebedarfs eines Heizelements	-
ψ	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient, auch Wärmebrückenverlustkoeffizient genannt	W/(m·K)
Φ	Wärmestrom	W
τ	Zeitkonstante (eines Gebäudes)	h
ρ	Rohdichte	kg/m ³
Indizes		
a	Jahr, z. B. 1/a = pro Jahr	Jahr
A	Aufenthalt	-
bf	Über Kellerfußboden in das Erdreich (siehe DIN EN ISO 13370)	-
bw	Über Kellerwand in das Erdreich (siehe DIN EN ISO 13370)	-
D	Dach	-
e	Außen oder von bestimmter Schicht nach außen zur Umgebungsluft	-
E	Elektro-	-
f	Fußboden, Bodenplatte, Kellerfußboden (siehe DIN EN ISO 13370)	-
F	Rahmen (siehe E DIN EN ISO 10077-2)	-
FH	Flächenheizung	-
G	Erdreich	-

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbole	Bezeichnung	Einheit
g	Wärmegewinne	-
Gt	Gradtagzahl	-
Grenz	Grenzwert	-
h	Heizung für Raumwärme	-
Hel	Elektrischer Aufwand für die Raumwärmeerzeugung	-
HP	Heizperiode	-
hol	Ferien	-
i	Innen (auch von einer Schicht nach innen zur Innenluft)	-
iu	Vom beheizten Raum in den unbeheizten Raum	-
i, nb	Vom beheizten Raum in den niedrigbeheizten Raum	-
is	Von Gebäudeinneren zum Wintergarten	-
k	Konstruktiv, alle Bauteilschichten berücksichtigend	-
kor	Korrigiert	-
kw	Kellerwand oberhalb der Erdreichoberkante	-
l	Verluste (siehe DIN EN ISO 13789)	-
M	Monat, z. B. je Monat 1/M; M = Jan, Feb, Mrz, Apr, Mai, Jun, Jul, Aug, Sep, Okt, Nov, Dez	-
max	Höchst-	-
n	Bei Nachtab senkung	-
NA	Nichtaufenthalt, Nachabschaltung (siehe Anhang D)	-
p	Trennbauteil siehe Gleichung (57)	-
r	Regenerativ	-
R	Raum	-
S	Solar	-
S	Durch den Wintergarten ^{a)}	-
si	An der Innenoberfläche; indirekt solar	-
sd	Direkt solar	-
se	An der Außenoberfläche; vom Wintergarten nach außen	-
t	Heiztechnisch	-
T	Transmission	-
Ti	Transparente Wärmedämmung	-
u	Unbeheizter Raum	-
ue	Vom unbeheizten Raum zur Außenluft (siehe auch Index e)	-
Nb,e	Vom niedrigbeheizten Raum zur Außenluft	-
V	Lüftung oder Verglasung ^{a)}	-
w	Fenster (siehe E DIN EN ISO 10077-2)	-
W	Warmwasser	-
WB	Wärmebrücke	-
wirk	Wirksam	-
x	Stellvertretend für verschiedene Zustände, Bauteile, Bereiche ^{a)}	-
zul	Zulässig	-

^{a)} zusätzlich erläutert, wo zutreffend -

ANMERKUNG In Tabelle 1 werden europäisch genormte Symbole und Indizes verwendet.

4 Grundlagen der Heizwärme- und Heizenergiebedarfsberechnung

4.1 Energetische Einflussgrößen

Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes hängt von folgenden Einflussfaktoren ab:

- Transmissionswärmeverluste infolge Wärmeleitung in den Bauteilen und Wärmeübergang an den Bauteiloberflächen.
- Lüftungswärmeverlust infolge Luftaustausch warmer Raumluft durch kalte Außenluft.
- 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.
- Die für Heizzwecke nutzbaren solaren und internen Wärmegewinne hängen vom Ausnutzungsgrad ab, in den die wirksame Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes eingeht.

Im Heizenergiebedarf werden zusätzlich zum Heizwärmebedarf die Wärmeverluste des Heizsystems des Gebäudes berücksichtigt.

4.2 Weitere Einflussgrößen

Die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste hängen von den in der betrachteten Zeiteinheit zugrundegelegten mittleren Innen- und Außenlufttemperaturen ab.

Innenlufttemperaturen und Luftaustausch hängen vom Nutzerverhalten ab, so dass für energetische Vergleichsberechnungen ein standardisiertes Nutzerverhalten angenommen werden muss.

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 Ausnutzungsgrad der solaren und internen Wärmegewinne und bei Nachtabenkung berücksichtigt. Es werden nur die für Heizzwecke nutzbaren Wärmegewinne an solarer und interner Wärme bilanziert.

Bei den internen Wärmegewinnen wird der gebäude- und nutzungstypische Energiebedarf 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.

5 Berechnungsverfahren

5.1 Allgemeines

Das Berechnungsverfahren basiert auf einer Energiebilanz in stationärem Zustand unter Berücksichtigung der dynamischen Einwirkung von internen und solaren Wärmegewinnen. Im Rahmen dieser Vornorm werden für das hier behandelte Berechnungsverfahren, das dem Berechnungsverfahren der DIN EN 832 entspricht, die Randbedingungen für Anwendungen in Deutschland festgelegt.

Das vorliegende Verfahren berechnet den Heizwärmebedarf Q_h , also die Wärmemenge, die das Heizsystem liefern muss und den Heizenergiebedarf Q , also den Energiebetrag, der einem Heizsystem zugeführt werden muss.

5.2 Bilanzierungszeiträume

Für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs wird nach DIN EN 832 in der Regel von einer monatlichen Wärmebilanz ausgegangen. Durch Aufsummierung der monatlichen Werte, sofern diese positiv sind, ergibt sich der Heizwärmebedarf für die Heizzeit (Monatsbilanzverfahren).

Für vereinfachte Berechnungen kann das Verfahren verkürzt werden, indem die Wärmebilanz nicht monatlich, sondern über eine Periode, z.B. ein Jahr oder über eine festgelegte Heizperiode durchgeführt wird. Man wendet dann die sogenannte Jahresperiodenbilanzierung oder die Heizperiodenbilanzierung (HP) an. Dabei sind für beide Verfahren vorgegebene Heizgradtagzahlen Gt_{xy} zu verwenden, die aus Tabelle A.2 zu entnehmen sind.

5.3 Systemgrenzen

Das nachstehende Berechnungsverfahren gilt für gleichmäßig beheizte Gebäude. Unterscheiden sich die durchschnittlichen Innentemperaturen in Teilbereichen (Zonen) des Gebäudes um weniger als 4 K, 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 der Zone zu addieren sind.

ANMERKUNG Mehrzonige Modelle führen zu einer erhöhten Komplexität der Berechnung und sollten nur in begründeten Fällen angewendet werden. Die Berechnungsgenauigkeit wird im Rahmen der angewendeten Verfahrensweise nur unwesentlich verbessert.

5.4 Heiz- und Primärenergiebedarf

Der Jahres-Heizenergiebedarf eines Gebäudes setzt sich nach DIN EN 832 und Gleichung (1) aus der Summe des Jahres-Heizwärmebedarfes Q_h , des Jahreswärmebedarfes für die Warmwasserbereitung Q_w , und der Wärmeverluste der Anlagentechnik für Beheizung und Warmwassererwärmung Q_l zusammen unter Abzug der Energiemengen Q_r , die durch regenerative Systeme erbracht werden.

$$Q = Q_h + Q_w + Q_l - Q_r \quad (1)$$

Dabei ist:

Q_r der Energiebetrag, der von Zusatzeinrichtungen dem Heizsystem aus der Umwelt zugeführt wird. Er wird nach DIN V 4701-10 ermittelt.

Direkte solare Wärmegewinne und Wärmerückgewinne aus Lüftungsanlagen gehen in Q_r nicht ein; sie werden bei Q_h berücksichtigt.

Der Wärmebedarf für Warmwasser kann, falls er berücksichtigt werden soll, nach DIN EN 832 und nach Gleichung (2) bestimmt werden. Für den öffentlich-rechtlichen Nachweis gelten die Ansätze nach [1].

$$Q_w = (\rho c)_w V_w (\theta_w - \theta_o) \quad (2)$$

Dabei ist:

$(\rho c)_w$ die volumenspezifischen Wärmekapazität des Wassers; $(\rho c)_w = 1,161 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$;
 V_w das Volumen des warmen Wassers im Berechnungszeitraum;
 θ_w die Temperatur des abgegebenen Warmwassers;
 θ_o die Temperatur des Wasser vor Eintritt in das Warmwassersystem.

Wenn keine genaueren Angaben für den Warmwasserbedarf bekannt sind, sind folgende Werte anzunehmen:

$V_w = 0,75 \text{ m}^3/\text{Person und Monat}$;
 $9 \text{ m}^3/\text{Person}$ bei Jahresbilanzierung;
 $5 \text{ m}^3/\text{Person}$ bei Heizperiodenbilanzierung
 $\theta_w = 50 \text{ }^\circ\text{C}$;
 $\theta_o = 10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Der in DIN EN 832 enthaltene Nutzungsgrad η_h des Heizsystem kann nach Gleichung (3) bestimmt werden, wenn der Heizenergiebedarf Q und der Heizwärmebedarf Q_h ermittelt worden sind.

$$\eta_h = \frac{Q_h + Q_w}{Q + Q_r} \quad (3)$$

Hierbei ist zu überprüfen, ob im Heizenergiebedarf der Energiebetrag für regenerative Systeme enthalten ist. In diesem Fall ist in Gleichung (3) $Q_r = 0$ zu setzen.

Sind die technischen Wärmeverluste Q_l nicht bekannt, können diese Verluste zur Ermittlung des Heizenergiebedarfs nach DIN V 4701-10 bestimmt werden. DIN V 4701-10 ermöglicht die Ermittlung der Anlagenverluste mittels Aufwandszahlen. Es stehen folgende Verfahren zur Auswahl:

- Diagrammverfahren nach DIN V 4701-10;
- Tabellenverfahren nach DIN V 4701-10 ;
- Detailliertes Verfahren nach DIN V 4701-10;

Zur Ermittlung des primärenergetisch bewerteten Heizenergiebedarfs Q_p (Primärenergiebedarf) wird die Gleichung (4) nach DIN V 4701-10 verwendet, wobei e_p die primärenergiebezogene Gesamt-Anlagenaufwandszahl nach DIN V 4701-10 ist.

$$Q_p = (Q_h + Q_w) \cdot e_p ; \quad (4)$$

Das Diagramm-Verfahren nach a) bietet sich in der Vorplanungsphase an, wenn eine übliche, typische Heizungsanlagenkonfiguration vorgesehen ist. In diesem Fall können die Ergebnisse ohne Detailberechnung nach DIN V 4701-10 ermittelt werden.

Das Tabellenverfahren nach b) ist in der Vorplanungsphase zur Bewertung von Anlagensystemen dann besonders geeignet, wenn Diagramme für bestimmte Heizungsanlagen nicht vorliegen. Die Kennwerte der einzelnen Teilverlustgrößen der Wärmebereitstellung müssen dann anlagenspezifisch separat bestimmt werden. Es kommen dabei allerdings nur Standardwerte zur Anwendung, die mögliche zusätzliche Anlagenverbesserungen nicht berücksichtigen.

Das detaillierte Verfahren nach c) erlaubt die Berücksichtigung praktisch aller energetischer Verbesserungen der Anlagentechnik, wobei jedoch die Randbedingungen fest vorgegeben sind. Dieses Verfahren eignet sich insbesondere dann, wenn Ausführungsdetails, wie z.B. in der Ausführungsplanung, bekannt sind.

Der Jahres-Heizenergiebedarf Q wird mittels der nutzflächenbezogenen Endenergie q_E nach den Tabellen von DIN V 4701-10 mit Hilfe des in vorliegender Vornorm bestimmten Jahres-Heizwärmebedarfs Q_h ermittelt. Dann ergibt sich nach Gleichung (5) der Jahres-Heizenergiebedarf.

$$Q = q_E A_N \quad (5)$$

Für Lüftungs-Wärmerückgewinnungssysteme ist die nach DIN V 4701-10 ermittelte Aufwandszahl e_p , die sich auf Q_h ohne Berücksichtigung des Wärmerückgewinnungssystems bezieht, für eine Bilanzierung nach Gleichung (6) umzurechnen.

$$e_p^* = e_p \frac{(Q_h + Q_{WR} + Q_W)}{Q_h + Q_W} \quad (6)$$

Der Wärmerückgewinn Q_{WR} einer Lüftungs-Wärmerückgewinnungsanlage ergibt sich nach Gleichung (49), aufsummiert über die Heizzeit.

Die bezogenen Jahres-Bedarfswerte ergeben sich nach den Gleichungen (7), (8), (9) und (10).

Für den bezogenen Jahres-Heizenergiebedarf gilt:

$$Q' = Q / V_o \quad (7)$$

$$Q'' = q = q_E = Q / A_b = Q / A_N \quad (8)$$

Für den bezogenen Jahres-Primärenergiebedarf gilt:

$$Q'_p = Q_p / V_o \quad (9)$$

$$Q''_p = Q_p / A_b \quad (10)$$

Dabei ist:

V_o das Bruttovolumen;

A_b die Bezugsfläche.

Festlegungen zu A_b sind in DIN 277-1 enthalten bzw. Anhang D ($A_b = A_N = 0,32 V_o$) oder sind [2] in den Literaturhinweisen zu entnehmen.

5.5 Bilanzierungsverfahren

5.5.1 Allgemeines

Zur Berechnung des Heizwärmebedarfs können zwei Berechnungsverfahren angewendet werden:

- Periodenbilanzverfahren - siehe 5.5.2
- Monatsbilanzverfahren - siehe 5.5.3.

Siehe auch Anhang D.

5.5.2 Periodenbilanzverfahren

5.5.2.1 Allgemeines

In einem Periodenbilanzverfahren wählt man zur Bilanzierung der Wärmeströme einen längeren Zeitraum, in der Regel die Dauer der winterlichen Heizzeit oder das gesamte Jahr. Bei Berechnung nach [1] ist dies eine Heizperiode (HP) von 185 Tagen, da die Anforderungen an das energiesparende Bauen im wesentlichen vom winterlichen Zeitraum bestimmt werden.

5.5.2.2 Heizwärmebedarf für die Heizperiode

Für einen vorgegebenen Zeitraum t_{HP} wird der Heizwärmebedarf nach Gleichung (11) ermittelt.

$$Q_h = Q_{I,HP} - \eta_{HP} Q_{g,HP} \quad (11)$$

Für den Ausnutzungsgrad kann mit ausreichender Genauigkeit ein Wert von $\eta_{HP} = 0,95$ angenommen werden. Die übrigen Werte des Wärmeverlustes $Q_{I,HP}$ und der Wärmegewinne $Q_{g,HP}$ können wie folgt berechnet werden:

a) Wärmeverluste

Die Wärmeverluste $Q_{I,HP}$, in kWh/HP, werden nach Gleichung (12) berechnet.

$$Q_{I,HP} = F_{Gt} (H_T + H_V) \quad (12)$$

Dabei ist:

$$F_{Gt} = 0,024 \cdot Gt_{xy} \quad (13)$$

$$H_T = \sum (F_{x,i} U_i A_i) + H_{WB} \quad (14)$$

$$H_V = \rho_L c_{pL} n V \quad (15)$$

Dabei ist:

$$\rho_L c_{pL} = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K});$$

$$V = 0,76 V_o; \text{ bei Ein- und Zweifamilienhäuser mit bis zu 2 Vollgeschossen und nicht mehr als}$$

$$3 \text{ Wohneinheiten (siehe auch Anhang D); andernfalls ist: } V = 0,8 V_o.$$

Die Werte der Wärmedurchgangskoeffizienten U der Bauteile sind nach DIN EN ISO 6946 zu bestimmen. Die Wärmedurchgangskoeffizienten von nicht transparenten Bauteilen sind nach DIN EN ISO 6946, bei Fenstern nach E DIN EN ISO 10077-2 (siehe auch Literaturhinweise, [5]) zu ermitteln.

Beim Einsatz maschineller Lüftung ist zur Ermittlung von H_V die Luftwechselrate nach 6.2.3 zu bestimmen.

Die Heizgradtagzahl Gt_{xy} ist Tabelle A.2 zu entnehmen. $Gt_{xy} = Gt_{\theta_i/\theta_{ed}}$ (siehe Tabelle A.2, Spalten 6, 8 und 10).

Für den Referenzfall Deutschland (Referenzklima), der die Randbedingungen für einen mittleren Jahresheizenergiebedarf für Deutschland beschreibt, wird eine Gradtagzahl vom $Gt = 2900 \text{ Kd}$ nach Anhang A zugrundegelegt.

Zu beachten ist, dass die Gradtagzahl von der Heizgrenztemperatur θ_{ed} abhängt, die wiederum vom Wärmedämmstandard und den Solarwärmegewinnen des Gebäudes bestimmt wird. Bei dem in Deutschland üblichen Wärmedämmniveau neuer Gebäude kann vereinfachend eine konstante Heizgrenztemperatur angesetzt werden (z.B. etwa 10°C für das Anforderungsniveau nach [1]). Je höher das Wärmedämmniveau ist, um so niedriger ist die Heizgrenztemperatur. Mit der Festlegung der Heizgrenztemperatur ergeben sich bestimmte Heizgradtagzahlen, die Tabelle A.2 zu entnehmen sind.

b) Wärmebrückeneinflüsse

Bei Gebäuden mit hohem Wärmeschutz können Wärmeverluste über Wärmebrücken im Vergleich zu den gesamten Wärmeverlusten relativ groß werden und dürfen in diesem Fall nicht vernachlässigt werden. Die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ können Wärmebrückenkatalogen entnommen oder mit geeigneten mehrdimensionalen Berechnungsverfahren nach E DIN EN ISO 10211-2 berechnet werden. Dabei ist zu beachten, dass die Ψ -Werte je nach verwendeten Maßen (Außen- oder Innenmaße der Längen zweidimensionaler Wärmebrücken) dementsprechend berücksichtigt werden.

Bei Berücksichtigung des Wärmebrückeneinflusses in Hinblick auf den Transmissionswärmeverlust kann dies mit einem pauschalen spezifischen Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} nach erfolgen. Der pauschale spezifische Wärmebrückenzuschlag auf den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_{WB} wird nach Gleichung (16) ermittelt.

$$H_{WB} = \Delta U_{WB} A \quad (16)$$

Der pauschale spezifische Wärmebrückenzuschlag auf den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_{WB} berücksichtigt bestimmte Wärmebrückentypen wie:

- Gebäudekanten;
- bei Fenstern und Türen: Laibungen (umlaufend);
- Wand- und Deckeneinbindungen;
- Deckenaufleger;
- wärmetechnisch entkoppelte Balkonplatten.

Vereinfachend kann ohne Nachweis $\Delta U_{WB} = 0,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ gesetzt werden.

Bei Vorhangfassaden, bei denen der Wärmebrückeneinfluss bereits bei der Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten U berücksichtigt ist, kann die Hüllfläche A nur in Gleichung (16) um die Vorhangfassadenfläche vermindert werden.

Werden wärmetechnisch vergleichbare Konstruktionen nach DIN 4108 Bbl 2 ausgeführt, kann der pauschale spezifische Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} halbiert werden.

c) Wärmegewinne

Die Wärmegewinne $Q_{g,HP}$ der Heizperiode t_{HP} ergeben sich über die solaren (i) und internen Wärmegewinne (ii) nach Gleichung (17).

$$Q_{g,HP} = \sum Q_{s,HP} + Q_{i,HP} \quad (17)$$

(i) Solare Wärmegewinne

Die flächenorientierungsabhängigen solaren Strahlungsangebote der Heizperiode können Anhang A entnommen werden. Bei Berechnung nach [1] sind für eine HP-Bilanzierung solare Einstrahlungswerte $\sum (I_s t)_{i,HP}$ Anhang D zu entnehmen.

Allgemein gilt Gleichung (18) für die Brutto-Solarwärmegewinne $Q_{s,HP}$.

$$Q_{s,HP} = \sum (I_s t)_{i,HP} \cdot \sum [F_{F,i} \cdot F_{S,i} \cdot F_{C,i} \cdot g_i \cdot A_i] \quad (18)$$

Dabei ist:

- F_F der Abminderungsfaktor infolge des Fensterrahmens; im Normalfall ist $F_F = 0,7$;
- F_S der Verschattungsfaktor (ohne Verschattung ist $F_S = 1$);
- F_C der Abminderungsfaktor für den Sonnenschutz; nur abweichend von 1 zu berücksichtigen, wenn permanenter Sonnenschutz in Betrieb ist;
- g der wirksame Gesamtenergiedurchlassgrad, $g = F_w g_L$;
- F_w der Abminderungsfaktor aufgrund nicht senkrechten Strahlungseinfalls (im Normalfall ist $F_w = 0,9$);
- A die Fensterfläche;
- t die Zeit der Heizperiode, die bestimmt werden muss [siehe Gleichung (27)]. Im Fall der Randbedingungen nach Anhang D ist $t = 185 \text{ d}$.
- i ein Bauteil;
- j die Orientierung.

(ii) Interne Wärmegewinne

Die internen Wärmegewinne für die Heizperiode $Q_{i,HP}$, in kWh/HP, ergeben sich nach Gleichung (19).

$$Q_{i,HP} = 0,024^{3)} q_i A_b t_{HP} \quad (19)$$

3) 1 Wd = 0,024 kWh

Dabei ist:

- HP die Heizperiode, deren Dauer nach Tabelle A.2, Spalten 5, 7, und 9 oder Anhang D zu entnehmen ist;
 q_i die nutzflächenbezogenen internen Brutto-Wärmeströme nach Tabelle 2 oder Anhang D.

Tabelle 2 — Richtwerte für mittlere interne Wärmeleistung verschiedener Wärmequellen in Gebäuden bzw. für verschiedene Nutzungsarten

Wärmequelle	Mittlere interne Wärmeleistung $\Phi_{i,M}$ W
Personen (N_p = Anzahl)	$65 N_p$
Warmwasser	$25 + 15 N_p$
Kochen	110,0
Technische Geräte:	
- Fernsehapparat	35,0
- Kühlschrank	40,0
- Wasserkocher	20,0
- Gefriertruhe	90,0
- Waschmaschine	10,0
- Geschirrspüler	20,0
- Wäschetrockner	20,0
Beleuchtung bei Wohneinheiten	
- von 50 m ² bis 100 m ²	30,0
- über 100 m ²	45,0
Nutzungsart der Gebäude	Pauschale Richtwerte für flächenbezogene interne Wärmegewinne q_i W/m²
Wohngebäude (24 h/Tag)	5
Büro- u. Verwaltungsgebäuden:	
- in den Bürozeiten (t_A)	15
- in den Nicht-Bürozeiten (24h - t_A)	2

d) Jahresheizenergiebedarf

Der Jahresheizenergiebedarf Q ergibt sich unter Berücksichtigung von DIN V 4701-10 nach Gleichung (1) oder Gleichung (3).

Bei der Anwendung der Heizperiodenbilanzierung ist zu bedenken, dass die Heizgradtagzahlen von dem wärmetechnischen Niveau des Gebäudes abhängen [siehe Gleichung (27)]. Die Anwendung der Gleichungen (12) und (17) sind eingeschränkt, wenn Gebäude geplant werden, die deutlich vom angesetzten Wärmedämmniveau oder von den üblichen Solarwärmegewinnen abweichen.

5.5.3 Monatsbilanzverfahren

Nach DIN EN 832 wird für die Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs ein monatlicher Zeitraum zugrundegelegt. Der monatliche Heizwärmebedarf ergibt sich in diesem Fall nach Gleichung (20)

$$Q_{h,M} = Q_{i,M} - \eta_M Q_{g,M} \quad (20)$$

Dabei sind:

- $Q_{i,M}$ die monatlichen Wärmeverluste;
 $Q_{g,M}$ die monatlichen Wärmegewinne;
 η_M der monatliche Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne.

Die Wärmeverluste $Q_{i,M}$ in kWh/Monat, errechnen sich nach Gleichung (21).

$$Q_{l,M} = 0,024 H_M (\theta_i - \theta_{e,M}) t_M \quad (21)$$

Dabei ist:

0,024 in kWh = 1 Wd;

H_M der spezifische Wärmeverlust; bei Berechnung der Wärmeverluste über das Erdreich nach DIN EN ISO 13370 monatsabhängig

$\theta_i - \theta_{e,M}$ die Temperaturdifferenz zwischen Innenlufttemperatur θ_i und der Außenlufttemperatur $\theta_{e,M}$ (siehe Tabelle A.1 bzw. A.3);

t_M die Anzahl der Tage des betreffenden Monats.

Anmerkung Es ist zu beachten, dass der spezifische Wärmeverlust H bei der Berechnung der Verluste über das Erdreich nach DIN EN ISO 13370 monatsabhängig wird. Bei Berechnungen nach [1] wird H bei Wärmeverlusten in das Erdreich als monatsunabhängig angenommen.

Die Wärmegewinne im Monatsmittel $Q_{g,M}$, in kWh/Monat, errechnen sich nach Gleichung (22).

$$Q_{g,M} = 0,024 (\Phi_{S,M} + \Phi_{i,M}) t_M \quad (22)$$

Dabei ist:

$\Phi_{S,M}$ der mittlere monatliche solare Strahlungswärmegewinn;

$\Phi_{i,M}$ der Wärmegewinn aus internen Wärmequellen (mittlere interne Wärmeleistung);

t_M die Anzahl der Tage des betreffenden Monats.

Der monatliche solare Wärmegewinn $\Phi_{S,M}$ ergibt sich nach Gleichung (23).

$$\Phi_{S,M} = \sum_{j=1}^m I_{s,M,j} \sum_{i=1}^n F_F F_S F_C g_i A_i \quad (23)$$

Dabei bezeichnet:

i ein Bauteil;

j die Orientierung (j = Süd; Ost; West, Nord).

Es ist zu beachten, dass für g der wirksame Gesamtenergiedurchlassgrad zu verwenden ist.

Die monatlichen mittleren Strahlungsintensitäten $I_{s,M}$ sind Anhang A zu entnehmen.

Der mittlere interne Wärmegewinn $\Phi_{i,M}$ in kWh/Monat, ergibt sich nach Gleichung (24)

$$\Phi_{i,M} = q_{i,M} A_B \quad (24)$$

Dabei ist:

$q_{i,M}$ die mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung (nach Tabelle 2 oder Anhang D);

A_B die Bezugsfläche.

Festlegungen zur Bezugsfläche A_B sind DIN 277-1 oder Anhang D zu entnehmen. Siehe auch [2].

Der spezifische Wärmeverlust H wird nach Gleichung (25) berechnet.

$$H = H_T + H_V \quad (25)$$

Dabei ist:

H_T der spezifische Transmissionswärmeverlust;

H_V der spezifische Lüftungswärmeverlust.

Der Jahresheizwärmebedarf Q_h , in kWh/a, wird nach Gleichung (26) berechnet.

$$Q_h = \sum_M Q_{h,M/pos} \quad (26)$$

Dabei ist:

$Q_{h,M/pos}$ der monatliche Heizwärmebedarf mit einer positiven Wärmebilanz $Q_{h,M} > 0$.

a) Jahresheizenergiebedarf

Der Jahres-Heizenergiebedarf Q ergibt sich nach den Gleichungen (1), (6) oder (8) unter Berücksichtigung von DIN V 4701-10.

b) Heizgrenztemperatur

Die Heizzeit wird durch einen Vergleich der Außenlufttemperatur mit der Heizgrenztemperatur nach Gleichung (27) ermittelt.

$$\theta_{\text{ed}} \leq \theta_i - \eta_o Q_{g,M} / (H_M t_M 0,024) \quad (27)$$

Dabei ist:

- θ_{ed} die Heizgrenztemperatur;
- η_o der Ausnutzungsgrad bei $\gamma = 1$;
- $Q_{g,M}$ der monatliche Wärmegewinn, in kWh;
- t_M die Anzahl der Tage eines Monats, in Tagen;
- H_M der spezifische Wärmeverlust, in W/K.

Falls die Heizgrenztemperatur größer ist als die Außenlufttemperatur, zählen die Heiztage zur Heizzeit. Die genaue Bestimmung geschieht mittels linearer Interpolation zwischen den Monaten, in denen sich dieser Wechsel vollzieht, also im Frühjahr und im Herbst.

5.6 Berechnungsschritte

5.6.1 Allgemeines

Bei der Durchführung der Berechnung sind folgende Berechnungsschritte nach 5.6.2 und 5.6.3 einzuhalten, wobei die Eingabewerte mit zwei wertanzeigenden Ziffern anzugeben sind.

5.6.2 Periodenbilanzverfahren

Die erforderlichen Werte sind schrittweise, nach a) bis l) zu ermitteln; dabei ist im Fall eines öffentlich-rechtlichen Nachweises nach Anhang D vorzugehen:

- a) Hüllfläche und Bruttovolumen aufgrund der Systemgrenzen des Gebäudes mit Hilfe von Außenmaßen;
- b) Temperaturkorrekturfaktoren F_x nach Tabelle 3;
- c) Spezifische Wärmeverluste H unter Beachtung der Wärmebrückeneffekte;
- d) Innentemperatur (z.B. 19 °C);
- e) Heizgradtagzahl und F_{Gt} -Wert nach Anhang D. Bei Berücksichtigung der Heizunterbrechung: Abminderung des F_{Gt} -Wertes um einen Faktor nach Anhang D;
- f) Solaren Wärmegewinne mit den Strahlungsintensitäten nach Anhang A bzw. Anhang D;
- g) Interne Wärmegewinne nach Gleichung (19) mit den Werten der Tabelle 2 bzw. Anhang D;
- h) Ausnutzungsgrad der Heizperiode η_p nach Anhang D;
- i) Jahresheizwärmebedarf nach Gleichung (11) bzw. nach Anhang D;
- j) Jahresheizenergiebedarf nach den Gleichungen (1), (6) oder (8) bzw. nach Anhang D;
- k) Volumen- bzw. nutzflächenbezogener Heizenergiebedarf.
- l) Erstellen eines Berichts mit der Angabe der zugrundegelegten Randbedingungen nach 6.5.5.

Die Korrekturfaktoren für erdreichberührte Bauteile berücksichtigen den Jahresgang der Außenlufttemperatur und dürfen nur bei der Periodenbilanzierung angewendet werden (Ausnahme: Nachweis nach [1], siehe 6.5.3).

5.6.3 Monatsbilanzverfahren

Die erforderlichen Werte sind schrittweise nach a) bis l) zu ermitteln.

- a) Hüllfläche und Bruttovolumen aufgrund der Systemgrenzen des Gebäudes mit Hilfe von Außenmaßen;

- b) Spezifischer Wärmeverluste H nach 6.1 und 6.2 unter Beachtung der Wärmebrückeneffekte (mit Ψ -Werten oder pauschal mit ΔU_{WB} -Werten);
Bestimmung der Temperatur-Korrekturfaktoren durch Ermittlung der b -Werte (siehe DIN EN ISO 13789), bzw. nach Tabelle 3. Bei Wärmeverlusten über die Bodenplatte ist die Jahresgang-Korrektur nach Anhang E zu beachten. Für einen wärmetechnischen Nachweis können die Temperatur-Korrekturfaktoren nach Tabelle 3 verwendet werden;
- c) Innentemperaturen z.B. $\theta_i = 19^\circ\text{C}$ (gegebenenfalls für mehrere Zonen);
- d) Mittlere monatliche Außenlufttemperaturen anhand der meteorologischen Daten einer bestimmten Region (siehe Tabelle A.3 oder nach Tabelle D.1);
- e) Interne Wärmegewinne und solare Wärmegewinne für den gesamten Monat nach 6.3. und 6.4;
- f) Wirksame Wärmespeicherfähigkeit nach Bauteilschichtfolge oder pauschal zur Ermittlung des Ausnutzungsgrades und zur Bestimmung der Heizunterbrechungsauswirkung auf den Heizwärmebedarf.
- g) Monatlicher Ausnutzungsgrad η_M nach 6.5.3.
- h) Falls die genaue Heizperiode bestimmt werden soll: Vergleich zwischen θ_{ad} und der interpolierten Außenlufttemperatur θ_o nach 5.5.3:
Falls: $\theta_{ad} > \theta_o$ ist, zählen die betreffenden Tage des Monats zur Heizperiode. Zur genauen Bestimmung der Heizperiode ist eine Interpolation durchzuführen.
- i) Monatlicher Heizwärmebedarf nach Gleichung (20); die Summe aller Monatswerte mit $Q_{h,M} > 0$ ergibt nach Gleichung (26) den jährlich Heizwärmebedarf.
- j) Jahresheizenergiebedarf nach den Gleichungen (1), (6) oder (8) bzw. nach DIN V 4701-10.
- k) Volumen- bzw. nutzflächenbezogene Bedarfswerte nach Gleichung (9) bzw. Gleichung (10).
- l) Erstellen eines Berichts mit der Angabe der zugrundegelegten Randbedingungen nach Abschnitt 6.

6 Bestimmung der Einzelgrößen nach dem Monatsbilanzverfahren

6.1 Transmissionswärmeverluste

6.1.1 Vereinfachter Ansatz mittels Temperatur-Korrekturfaktoren

Für den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_T von Bauteilen, die von der beheizten Zone an die Außenluft grenzen, gilt Gleichung (28).

$$H_T = \sum U_i A_i + H_u + L_s + H_{WB} + \Delta H_{T,FH} \quad (28)$$

Um die Wärmeverluste über Flächen, die nicht an die Außenluft grenzen, wie z.B. Flächen zu unbeheizten Räumen oder Flächen, die an das Erdreich grenzen, vereinfacht berechnen zu können, werden Temperatur-Korrekturfaktoren F_x angewendet (siehe Tabelle 3).

Für Wärmeverluste über Flächen zu unbeheizten Räumen H_u gilt Gleichung (29).

$$H_u = \sum F_x (U_i A_i) \quad (29)$$

Dabei ist:

i Bauteil;

$$F_x = (\theta_i - \theta_o) / (\theta_i - \theta_o) \quad (30)$$

Flächen, die nicht an die Außenluft grenzen, sind Flächen zu folgenden Räumen:

- Keller (nicht beheizt oder teilbeheizt),
 - nicht ausgebautes Dachgeschoss,
 - Drenpelräume,
 - unbeheizte Glasvorbauten,
 - nicht beheizte angebaute Treppenträume,
- erdreichberührte Flächen.

In Tabelle 3 sind Berechnungswerte der Temperatur-Korrekturfaktoren F_x angegeben. Diese pauschalen Werte sind in der Regel größer als die genau nach DIN EN ISO 13789 ermittelten b -Werte [siehe auch Gleichung (35)]. Im Bericht ist anzugeben, ob mit pauschalen Werten nach Tabelle 3 oder mit den im einzelnen ermittelten b -Werten gerechnet wurde.

Tabelle 3 — Berechnungswerte der Temperatur-Korrekturfaktoren von Bauteilen

1	2	3					
Wärmestrom nach außen über:	F_x	Temperatur-Korrekturfaktor F_x					
Außenwand	F_{AW}	1,0					
Dach (als Systemgrenze)	F_D	1,0					
Dachgeschossdecke (Dachraum nicht ausgebaut)	F_D	0,8					
Abseitenwand (Drempel)	F_u	0,8					
Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	F_u	0,5					
Wände u. Decken zu niedrig beheizten Räumen	F_{nb}	0,35					
Wände und Fenster zu unbeheiztem Glasvorbau bei einer Verglasung des Glasvorbaus mit:							
- Einfachverglasung	F_u	0,8					
- Zweischeibenverglasung	F_u	0,7					
- Wärmeschutzverglasung	F_u	0,5					
Flächen		$B^{a)}$ m					
		< 5		5 bis 10		>10	
		R_i und $R_w^{b)}$		R_i und $R_w^{b)}$		R_i und $R_w^{b)}$	
Flächen des beheizten Kellers:		≤1	>1	≤1	>1	≤1	>1
- Fußboden des beheizten Kellers	$F_G=F_{bf}$	0,30	0,45	0,25	0,40	0,20	0,35
- Wand des beheizten Kellers	$F_G=F_{bw}$	0,40	0,60	0,40	0,60	0,40	0,60
		R_i		R_i		R_i	
		≤1	>1	≤1	>1	≤1	>1
Fußboden ^{c)} auf dem Erdreich ohne Randdämmung	$F_G=F_{bf}$	0,45	0,6	0,4	0,5	0,25	0,35
Fußboden ^{c)} auf dem Erdreich mit Randdämmg ^{d)}							
- 2 m breit, waagrecht	$F_G=F_{bf}$	0,3		0,25		0,2	
- 2 m breit, senkrecht	$F_G=F_{bf}$	0,25		0,2		0,15	
Kellerdecke ^{e)} :							
- zum unbeheizten Keller mit Perimeterdämmung	F_G	0,55		0,5		0,45	
- zum unbeheizten Keller ohne Perimeterdämmung	F_G	0,7		0,65		0,55	
Aufgeständerter Fußboden	F_G	0,9					
Niedrig beheizte Räume: ^{f)} Bodenplatte	F_G	0,2	0,55	0,15	0,5	0,1	0,35

^{a)} $B' = A_g / (0,5 P)$ nach Gleichung (E.3);
^{b)} R_i : Wärmedurchlasswiderstand der Bodenplatte; R_w : Wärmedurchlasswiderstand der Kellerwand;
^{c)} Bei fließendem Grundwasser erhöhen sich die Temperatur-Korrekturfaktoren um 15% .
^{d)} Bei einem Wärmedurchlasswiderstand der Randdämmung > 2 m²·K/W; Bodenplatte ungedämmt;
^{e)} Bei einer Kellerdecke (KD) mit Trittschalldämmung: $R_{KD} < 0,5$ m²·K/W; Kellerfußboden ungedämmt;
^{f)} Räume mit Innentemperaturen zwischen 12 °C und 19 °C

Bei Flächen, die an das Erdreich grenzen, dürfen bei Monatsbilanzierung wegen der relativ großen thermischen Trägheit des Erdreiches die in Tabelle 3 aufgeführten pauschalen Temperatur-Korrekturfaktoren nicht verwendet werden (Ausnahme aus Gründen der Vereinfachung: wärmetechnischer Nachweis nach Anhang D).

ANMERKUNG Die Temperatur-Korrekturfaktoren F_x für Flächen, die nicht an die Außenluft grenzen, entsprechen dem b -Wert nach DIN EN ISO 13789, berücksichtigen bei Bodenplatten und Kellerwände bzw. nach DIN EN ISO 13370 auch den instationären Anteil aufgrund des Jahresgangs der Außentemperatur.

Der thermische Leitwert L_s wird nach Anhang E berechnet. Der spezifische Wärmeverlust H_{wb} infolge Wärmebrücken wird nach 6.1.2 ermittelt. Der spezifische Transmissionswärmeverlust für Bauteile mit Flächenheizung $\Delta H_{t, FH}$ ist, falls benötigt, nach 6.1.4 zu berechnen.

6.1.2 Berücksichtigung der Wärmebrücken

Für den wärmetechnischen Nachweis sind entweder die pauschalen Werte nach 5.5.2 zu verwenden oder es ist nach dem vorgenannten genaueren Berechnungsverfahren (mit Ψ -Werten) zu rechnen. Dabei müssen nach der Periodenbilanzierung folgende Wärmebrücken berücksichtigt werden:

- Gebäudekanten;
- bei Fenster und Türen: Laibungen (umlaufend);
- Decken- und Wandeinbindungen;
- Deckenaufleger;
- wärmetechnisch entkoppelte Balkonplatten.

6.1.3 Detaillierte Berechnungsverfahren

6.1.3.1 Allgemeines

Der spezifische Transmissionswärmeverlust H_t wird nach DIN EN 832, DIN EN ISO 13789 und DIN EN 13370 nach Gleichung (31) berechnet.

$$H_t = L_D + H_u + L_s + \Delta H_{t, FH} \quad (31)$$

Dabei ist:

- | | |
|--------------------|---|
| L_D | der thermische Leitwert, in W/K, zwischen beheiztem Raum und außen nach Gleichung (33); |
| H_u | der spezifische Transmissionswärmeverlust, in W/K, durch unbeheizte Räume ergibt sich nach 6.1.3.2; |
| L_s | der thermische Leitwert, in W/K, über das Erdreich nach Anhang E. |
| $\Delta H_{t, FH}$ | ein zusätzlicher spezifischer Wärmeverlust für Bauteile mit Flächenheizung, in W/K, nach 6.1.4. |

Falls beim thermischen Leitwert L_s [siehe Gleichungen (E.5) und (E.6)] der Einfluss der Zeitverzögerung der Erdreichtemperatur infolge des Außentemperatur-Jahresgangs berücksichtigt wird, wird L_s monatsabhängig zu $L_{s, M}$ und der spezifische Transmissionswärmeverlust $H_t = H_{t, M}$ monatsabhängig nach Gleichung (32) bestimmt.

$$H_{t, M} = L_D + H_u + L_{s, M} + \Delta H_{t, FH} \quad (32)$$

Der Transmissionswärmeverlust durch die Bauteile zur Außenluft ergibt sich über den thermischen Leitwert L_D nach Gleichung (33).

$$L_D = \sum (U_i A_i) + \sum (l_i \Psi_i) \quad (33)$$

Dabei ist:

i ein Bauteil bzw. eine zweidimensionale Wärmebrücke

Die Wärmedurchgangskoeffizienten U von nicht transparenten Bauteilen sind nach DIN EN ISO 6946, bei Fenstern nach DIN EN ISO 10077-1 zu ermitteln.

6.1.3.2 Transmissionswärmeverluste an nicht oder niedrig beheizte Räume

Bei Verlusten an nicht oder niedrig beheizten Räumen muss berücksichtigt werden, dass die nicht bzw. niedrigbeheizten Räume niedrige Lufttemperaturen aufweisen und dadurch eine geringere Temperaturdifferenz vorliegt, die nach DIN EN ISO 13789 mit dem b -Wert berücksichtigt wird.

Der spezifische Transmissionswärmeverlust durch unbeheizte oder niedrig beheizte Räume H_u , in W/K, ergibt sich nach DIN EN ISO 13789 und Gleichung (34).

$$H_v = b[\sum_i (A_i U_i) + \sum_j (I_j \psi_j)] \quad (34)$$

Dabei ist:

- b der nach Gleichung (35) und nach DIN EN ISO 13789 ermittelte Wert;
- j die j -te Wärmebrücke;
- i das i -te Bauteil.

Wärmebrückeneffekte zu niedrig beheizten Räumen können vernachlässigt werden.

Die Werte der Wärmedurchgangskoeffizienten U der Bauteile sind nach DIN EN ISO 6946 zu bestimmen.

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (35)$$

Dabei ist:

- H_{ue} der spezifische Transmissionswärmeverlust des unbeheizten Raumes zur Außenluft;
- H_{iu} der spezifische Transmissionswärmeverlust des beheizten Raumes in den unbeheizten Raum.

6.1.4 Wärmeverluste an Bauteilen mit integrierten Heizflächen

Die spezifischen Transmissionswärmeverluste von Flächenheizungen, die in Fußböden, Decken und senkrechten Bauteilen integriert sind und die an die Außenluft, das Erdreich oder an unbeheizte Räume grenzen, können nach den Gleichungen (36) bis (39) 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 Deckungsanteil des Raumbedarfs des Heizungsbeitrags des betrachteten Heizflächenelements ξ am gesamten Heizungsbeitrag des betreffenden Raums gegeben sind, kann dieser Wert abgeschätzt werden. Wenn keine genaueren Werte vorliegen, ist mit $\xi = 1$ zu rechnen

Der spezifische Transmissionswärmeverlust von Bauteilen mit integrierter Flächenheizung $\Delta H_{T,FH}$ wird je nach Lage des Bauteils nach a), b) oder c) ermittelt.

a) Bei Bauteilen die an die Außenluft grenzen

$$\Delta H_{T,FH} = \frac{R_i}{R_e} H_0 \xi = \frac{R_i}{\frac{1}{U_0} - R_i} H_0 \xi \quad (36)$$

b) bei Bauteilen, die an das Erdreich grenzen

$$\Delta H_{T,FH} = \frac{R_i}{\frac{A_h}{L_s} - R_i} H_0 \xi \quad (37)$$

c) bei Bauteilen, die an unbeheizte Räume grenzen

$$\Delta H_{T,FH} = \frac{R_i}{\frac{1}{bU_0} - R_i} H_0 \xi \quad (38)$$

Dabei ist:

- R_i der Wärmedurchlasswiderstand des Teils der Gebäudehülle zwischen der heizenden Fläche und dem Inneren;
- R_e der Wärmedurchlasswiderstand der Bauteilschichten zwischen der heizenden Fläche und der Umgebungsluft;
- U_0 der Wärmedurchgangskoeffizient des betrachteten Bauteils ohne Berücksichtigung des Heizelements nach Gleichung (39).

$$U_0 = \frac{1}{R_i + R_e} \quad (39)$$

- H_0 der spezifische Wärmeverlust des angrenzenden beheizten Raumes, ermittelt ohne Berücksichtigung des Heizelements in der Gebäudehülle;
 ξ der Anteil des Raumwärmebedarfs, der durchschnittlich durch das heizende Teil der Gebäudehülle gedeckt wird;
 A_h die Heizfläche in der Gebäudehülle;
 L_s der Transmissionwärmeverlustkoeffizient zum Erdreich nach DIN EN ISO 13370.

Zusätzliche Wärmeverluste anderer Systeme, wie die belüfteter Solarwände (Trombewände) oder belüfteter Bauteile in der Gebäudehülle sind nach DIN EN 832 zu berechnen.

6.2 Lüftungswärmeverluste

6.2.1 Allgemeines

ANMERKUNG Die Lüftungswärmeverluste eines Gebäudes hängen in unterschiedlicher Weise von der Windgeschwindigkeit, der Windrichtung, der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen, der Gebäudeform, der Dichtheit des Gebäudes, den Lüftungsgewohnheiten der Nutzer und gegebenenfalls 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 einer in der Zeiteinheit (z.B. Monat) konstanten Luftwechselrate ausgegangen.

Bei Lüftungsverlusten zu nicht oder niedrig beheizten Räumen ist auf die jeweilige Temperaturdifferenz zu achten. Bei der Ermittlung des b -Wertes nach Gleichung (35) gehen in H_{ue} und H_{ui} nach DIN EN ISO 13789 auch die spezifischen Lüftungswärmeverluste $H_{v,iu}$ und $H_{v,ue}$ ein.

6.2.2 Freie Lüftung

Bei freier Lüftung wird der spezifische Lüftungswärmeverlust H_v nach DIN EN 832 und Gleichung (40) berechnet.

$$H_v = n V \rho_L c_{pL} \quad (40)$$

Dabei ist:

$$\rho_L c_{pL} = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$$

Näherungsweise kann das Netto-Volumen V anhand des über Außenmaße berechneten Brutto-Volumens V_g nach Gleichung (41)

$$V = 0,8 \cdot V_g \quad (41)$$

oder bei Ein- und Zweifamilienhäusern mit bis 2 Vollgeschossen und nicht mehr als 3 Wohneinheiten nach Gleichung (42) berechnet werden, siehe auch Anhang D.

$$V = 0,76 \cdot V_g \quad (42)$$

Als mittlere Standard-Luftwechselrate n kann für nicht luftdichtheitsgeprüfte Gebäude ein Wert von $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$ und für luftdichtheitsgeprüfte Gebäude ($n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$) ein Wert von $n = 0,6 \text{ h}^{-1}$ angenommen werden, siehe auch Anhang D.

6.2.3 Maschinelle Lüftung

Der Gesamtluftvolumenstrom wird als Summe des Luftvolumenstroms nach Gleichung (43) bestimmt, die sich aus dem mittleren Luftvolumenstrom $\dot{V}_f$ des in Betrieb befindlichen Lüftungssystems und einem zusätzlichen Luftvolumenstrom $\dot{V}_x$, der durch Wind und Auftrieb bei undichter Gebäudehülle hervorgerufen wird:

$$\dot{V} = \dot{V}_f + \dot{V}_x \quad (43)$$

Für Be- und Entlüftungssysteme entspricht $\dot{V}_f$ dem jeweils größeren Betrag entweder dem Zuluftvolumenstrom $\dot{V}_S$ oder dem Abluftvolumenstrom $\dot{V}_E$.

Bei eingeschaltetem Ventilator ergibt sich ein zusätzlicher Luftvolumenstrom $\dot{V}_x$ infolge Wind und Auftrieb. Näherungsweise kann dieser Luftvolumenstrom nach DIN EN 832 nach Gleichung (44) bestimmt werden:

$$\dot{V}_x = \frac{V n_{50} e_{wind}}{1 + \frac{f_{wind}}{e_{wind}} \left(\frac{\dot{V}_S - \dot{V}_E}{V - n_{50}} \right)^2} \quad (44)$$

Die Windschutzkoeffizienten e_{wind} und f_{wind} sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4 — Windschutzkoeffizienten für unterschiedliche Lagen eines Gebäudes

Lage	Windschutzkoeffizient	
	e_{wind} mehr als eine dem Wind ausgesetzte Fassade	eine dem Wind ausgesetzte Fassade
freie Lage	0,10	0,03
halbfreie Lage	0,07	0,02
geschützte Lage	0,04	0,01
Koeffizient	mehr als eine dem Wind ausgesetzte Fassade	eine dem Wind ausgesetzte Fassade
Koeffizient f_{wind}	15	20

Die Luftwechselrate bei 50 Pa Druckdifferenz n_{50} ist Tabelle 5 zu entnehmen [5].

Tabelle 5 — Richtwerte für die Luftdichtheit von Gebäuden bei einer Druckprüfung mit 50 Pa Druckdifferenz

Luftdichtheit des Gebäudes	Mehrfamilienwohnhaus	Einfamilienwohnhaus
	n_{50} h ⁻¹	n_{50} h ⁻¹
sehr dicht	0,5 bis 2,0	1,0 bis 3,0
mittel dicht	2,0 bis 4,0	3,0 bis 8,0
wenig dicht	4,0 bis 10,0	8,0 bis 20,0

Bei zeitweisem Betrieb der Lüftungsanlage ergibt sich der Luftvolumenstrom nach Gleichung (45)

$$\dot{V} = \left(\dot{V}_f + \dot{V}_x \right) \beta + \left(\dot{V}_0 + V n_{50} e_{wind} \right) (1 - \beta) \quad (45)$$

Dabei ist:

$\dot{V}_0$ der Luftvolumenstrom infolge freier Lüftung, der Luftströme durch Kanäle im maschinellen System einschließt;

β der Zeitanteil mit eingeschalteten Ventilatoren.

Bei maschinellen Lüftungssystemen mit Wärmetauschern ergibt sich der Luftvolumenstrom und die Luftwechselrate nach den Gleichungen (46) bis (48).

$$\dot{V} = \dot{V}_f (1 - \eta_v) + \dot{V}_x \quad (46)$$

Mit

$$n = \dot{V} / V \quad (47)$$

ergibt sich nach Gleichung (48) die Luftwechselrate n .

$$n = n_{Anl}(1 - \eta_v) + n_x \quad (48)$$

Dabei ist:

- n_{Anl} die Anlagenluftwechselrate;
- η_v der Nutzungsfaktor des Abluft-Zuluft-Wärmetauschersystems;
- n_x die zusätzliche Luftwechselrate infolge Undichtheiten und Fensteröffnen.

Es kann mit $n_x = 0,2 \text{ h}^{-1}$ gerechnet werden, wenn keine genaueren Angaben vorliegen.

Für den wärmeschutztechnischen Nachweis nach [1] gilt Anhang D.

Der Wärmegewinn Q_{WR} durch die Lüftungs-Wärmerückgewinnungsanlage ist monatsabhängig und beträgt nach Gleichung (49).

$$Q_{WR} = \sum_M n_{Anl} \eta_v V (\rho c_p)_L (\theta_i - \theta_{e,M}) t_M \quad (49)$$

Die Wärmegewinne sind über die Heizmonate zu summieren; dabei sind grundsätzlich für t_M die tatsächlichen Heiztage des jeweiligen Monats einzusetzen. Falls sich nur einzelne Heiztage bei Beginn und Ende der Heizperiode ergeben sind vereinfachend die Monatsmitteltemperaturen anzusetzen. Zur Feststellung der Heizmonate ist die monatliche Heizgrenztemperatur nach Gleichung (27) mit der monatlichen Außenlufttemperatur zu vergleichen und gegebenenfalls linear zu interpolieren [siehe 5.5.3 b) Heizgrenztemperatur].

6.3 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 $\Phi_{i,M}$, in W, errechnen sich nach Gleichung (50).

$$\Phi_{i,M} = q_{i,M} A_B \quad (50)$$

Festlegungen zu A_B sind DIN 277-1 bzw. Anhang D ($A_B = A_N = 0,32 V_o$) oder [2] zu entnehmen.

Werte für die mittleren internen Wärmegewinne der einzelnen Monate $q_{i,M}$ je m^2 Bezugsfläche sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Falls die Wärmegewinne, wie in Büro- und Verwaltungsgebäuden tagsüber sehr unterschiedlich sind, ergibt sich die mittlere interne Wärmeleistung $q_{i,M}$ nach Gleichung (51).

$$q_{i,M} = [q_{i,LA} t_A + q_{i,INA} (24 - t_A)] / 24 \quad (51)$$

Dabei ist:

- $q_{i,LA}$ die mittlere interne Wärmeleistung in der Bürozeit oder Aufenthaltszeit t_A ;
- $q_{i,INA}$ die mittlere interne Wärmeleistung in der Nicht-Bürozeit $t_{NA} = 24 - t_A$, in h;

Zu beachten ist, dass meist die in der Haustechnik für 1 m^2 angegebenen internen Wärmelasten (ohne A_N -Bezug) nicht dem in dieser Vornorm angewendeten q_i -Werten entsprechen und gegebenenfalls umgerechnet werden müssen, wobei auch auf den zeitlichen Bezug nach Gleichung (51) geachtet werden sollte.

Falls unbeheizte Nebenräume mit internen Wärmegewinne vorhanden sind, ergeben sich die mittleren monatlichen internen Wärmegewinne des Gebäudes nach Gleichung (52).

$$Q_{i,M} = (\Phi_{ih} + (1-b) \Phi_{iu}) t_M \quad (52)$$

Dabei ist:

- Φ_{ih} die interne Wärmeleistung in beheizten Räumen nach Gleichung (50) oder abgeleitet aus Gleichung (51);

- Φ_{w} die interne Wärmeleistung in unbeheizten Räumen; falls keine genaueren Werte vorliegen kann mit $\Phi_{\text{w}} = 2 \text{ W/m}^2 \cdot A_{\text{B}}$ gerechnet werden;
 b der Temperatur-Korrekturfaktor nach DIN EN ISO 13789 oder F_{u} nach Tabelle 5;
 t_{M} die Zeit eines Monats.

6.4 Solare Wärmegewinne

6.4.1 Allgemeines

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

- die mittlere solare Einstrahlung auf Bauteiloberflächen in Abhängigkeit von deren Orientierung und Neigung (siehe Tabelle A.1),
 - der Gesamtenergiedurchlassgrad transparenter Bauteile (siehe Tabelle 6),
 - Abminderungsfaktoren nach Tabelle 7,
 - Absorptionsgrade nicht transparenter Bauteile nach Tabelle 8.
- der Rahmenanteil, sofern keine genaueren Werte bekannt sind, beträgt 30%

Tabelle 6 — Richtwerte für den Gesamtenergiedurchlassgrad transparenter Bauteile

Transparentes Bauteil	Gesamtenergiedurchlassgrad g_{t}
Einfachverglasung	0,87
Doppelverglasung	0,75
Wärmeschutzverglasung, doppelverglast mit selektiver Beschichtung	0,50 bis 0,70
Dreifachverglasung, normal	0,60 bis 0,70
Dreifachverglasung, mit 2-fach selektiver Beschichtung	0,35 bis 0,50
Sonnenschutzverglasung	0,20 bis 0,50
Transparente Wärmedämmung	g_{n}
Transparente Wärmedämmung, 100 mm bis 120 mm; $0,8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \leq U_{\text{s}} \leq 0,9 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	0,35 bis 0,60
Absorbierende opake Wärmedämmschicht mit einfacher Glasabdeckung, 100mm	etwa 0,10

Tabelle 7 — Typische Abminderungsfaktoren von Sonnenschutzvorrichtungen

Sonnenschutzvorrichtung	F_{c}
Ohne Sonnenschutzvorrichtung	1,0
Innenliegend und zwischen den Scheiben ^{a)} : weiß oder reflektierende Oberfläche mit geringer- Transparenz ^{a)}	0,75
helle Farben und geringe Transparenz ^{b)}	0,8
dunkle Farben und höhere Transparenz ^{b)}	0,9
Außenliegend:	
Jalousien, drehbare Lamellen, hinterlüftet	0,25
Jalousien, Rolläden, Fensterläden	0,3
Vordächer, Loggien	0,5
Markisen, oben und seitlich ventiliert	0,4
Markisen, allgemein	0,5
^{a)} Für innen und zwischen den Scheiben liegenden Vorrichtungen ist eine genauere Ermittlung zu empfehlen, da sich erheblich günstigere Werte ergeben können.	
^{b)} Eine Transparenz der Sonnenschutzvorrichtung unter 15% gilt als gering, ansonsten als erhöht.	

Tabelle 8 — Richtwerte für den Strahlungsabsorptionsgrad verschiedener Oberflächen im energetisch wirksamen Spektrum des Sonnenlichts

Oberfläche	Strahlungsabsorptionsgrad α
Wandoberflächen:	
- heller Anstrich	0,4
- gedeckter Anstrich	0,6
- dunkler Anstrich	0,8
Klinkermauerwerk	0,8
helles Sichtmauerwerk	0,6
Dächer (Beschaffenheit):	
- ziegelrot	0,6
- dunkle Oberfläche	0,8
- Metall (blank)	0,2
- Bitumendachbahn (besandet)	0,6

Der solare Wärmestrom Φ_s , der durch die Fenster in die beheizte Zone gelangt, wird nach Gleichung (53) berechnet.

$$\Phi_s = \sum_j I_{s,j} \sum_i^n A_{s,ji} \quad (53)$$

Dabei ist:

- i ein Bauteil;
- j die Orientierung;
- A_s die effektive Kollektorfläche nach Gleichung (54).

Solare Wärmegewinne in unbeheizten Räumen werden mit einem Faktor $(1-b)$ multipliziert und werden dann zu den solaren Wärmegewinnen der beheizten Räume addiert. b ist der Reduktionsfaktor nach DIN EN ISO 13789.

6.4.2 Effektive Kollektorfläche

Die effektive Kollektorfläche eines verglasten Teiles der Gebäudehülle, z. B. eines Fensters, wird nach Gleichung (54) ermittelt.

$$A_s = A F_s F_c F_F g \quad (54)$$

Dabei ist:

- A die Bruttofläche der strahlungsaufnehmenden Oberfläche (z. B. Fensterfläche);
- F_s der Abminderungsfaktor für Verschattung mit: $F_s = F_o \cdot F_i \cdot F_h$ nach Tabelle 9 bis Tabelle 11;
- F_c der Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen. Nur abweichend von Eins zu berücksichtigen, wenn permanenter Sonnenschutz unabhängig von der Sonneneinstrahlung in Betrieb ist;
- F_F der Abminderungsfaktor für den Rahmenanteil, welcher dem Verhältnis der durchsichtigen Fläche zur Gesamtfläche der verglasten Einheit entspricht. Sofern keine genaueren Werte bekannt sind, wird $F_F = 0,7$ gesetzt;
- g der wirksame Gesamtenergiedurchlassgrad nach Gleichung (55).

Tabelle 9 — Teilbestrahlungsfaktoren F_h für verschiedene Horizontwinkel der Verbauung bei 45° und 55° nördlicher Breite

Verbauungs- winkel Himmels- richtung	45° nördlicher Breite			55° nördlicher Breite		
	Süd	Ost / West	Nord	Süd	Ost / West	Nord
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,95	1,00	0,94	0,92	0,99
20°	0,85	0,82	0,98	0,68	0,75	0,95
30°	0,62	0,70	0,94	0,49	0,62	0,92
40°	0,46	0,61	0,90	0,40	0,56	0,89

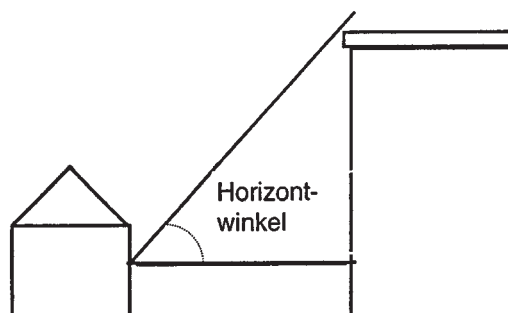
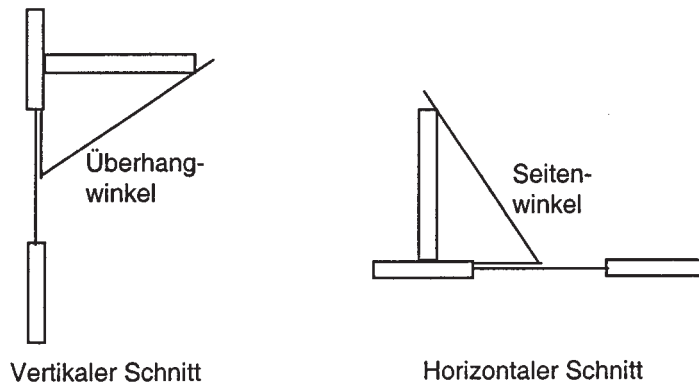


Tabelle 10 — Teilbestrahlungsfaktor F_h horizontale Überhänge

Überhang- winkel Himmels- richtung	45° nördlicher Breite			55° nördlicher Breite		
	Süd	Ost / West	Nord	Süd	Ost / West	Nord
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,90	0,89	0,91	0,93	0,91	0,91
45°	0,74	0,76	0,80	0,80	0,79	0,80
60°	0,50	0,58	0,66	0,60	0,61	0,65

Tabelle 11 — Teilbestrahlungsfaktor F_s für seitliche Abschattungsflächen

Seiten- /Über- hangwinkel Himmels- richtung	45° nördlicher Breite			55° nördlicher Breite		
	Süd	Ost / West	Nord	Süd	Ost / West	Nord
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,94	0,92	1,00	0,94	0,91	0,99
45°	0,84	0,84	1,00	0,86	0,83	0,99
60°	0,72	0,75	1,00	0,74	0,75	0,99



Da die Sonne nicht senkrecht auf die Verglasungsflächen fällt, sind die nach DIN EN 410 ermittelten $g_{\perp}$ -Werte für das hier anzuwendende Berechnungsverfahren um 15% zu reduzieren, um den effektiv wirksamen g -Wert nach Gleichung (55) zu ermitteln.

$$g = F_w g_{\perp} \quad (55)$$

Dabei ist:

F_w der Abminderungsfaktor infolge nicht senkrechten Strahlungseinfalls; $F_w = 0,85$
 $g_{\perp}$ der Gesamtenergiedurchlassgrad bei senkrechtem Strahlungseinfall nach Tabelle 6 oder Anhang B.

6.4.3 Solare Warmegewinne über transparente Außenbauteile

Die solaren Warmegewinne über transparente Bauteile, wie z.B. Fenster, werden nach den Gleichungen (56) bis (58) bestimmt (siehe 6.4.2).

Der Abminderungsfaktor F_s nach DIN EN 832, dessen Werte sich zwischen 0 und 1 bewegen, stellt die Abminderung der auftreffenden Sonnenstrahlung als Folge dauernder Verschattung der betroffenen Oberfläche dar, insoweit sie einen der folgenden Ursachen hat:

- Verschattung durch andere Gebäude, siehe Tabelle 9, F_n -Werte;
- Verschattung durch Topographie (Hügel, Bäume, usw.) in Anlehnung an Tabelle 9;
- Bauteilüberstände (F_o - und F_f -Werte, siehe Tabellen 10 und 11).

Die Abminderungsfaktoren F_c für Sonnenschutzvorrichtungen sind in Tabelle 7 angegeben.

Bei mehreren Einrichtungen an einem Bauteil ist das Produkt der Einzelwerte anzusetzen.

Die monatlichen Strahlungsintensitäten $I_{s,j}$ sind in Abhängigkeit der Orientierungen eines Bauteils und seiner Neigungen gegen die Horizontale für typische Regionen in der Bundesrepublik Deutschland in 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.

6.4.4 Solare Warmegewinne über unbeheizte Glasvorbauten

Im folgenden werden die solaren Warmegewinne von nicht beheizten, besonnten Räumen (Wintergärten) behandelt, die an einen beheizten Raum angrenzen, wobei eine Trennwand zwischen dem beheizten Bereich und dem Wintergarten (Glasvorbau) vorhanden ist (siehe Bild 1).

Beheizte Wintergärten oder Glasvorbauten ohne Trennwand zum beheizten Bereich werden wie beheizte Räume berechnet.