

Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden

Grundlagen der Berechnung

DIN
4701
Teil 1

Rules for calculating the heat requirement of buildings, Basic rules for calculation

Mit DIN 4701 T 2/03.83
Ersatz für DIN 4701/01.59

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab 1. März 1983.

Einführungsfrist

Ab 1. 6. 1984 müssen Wärmebedarfsrechnungen bei Bezugnahme auf DIN 4701 nach der vorliegenden Norm durchgeführt werden.

Das in DIN 4701, Ausgabe Januar 1959, enthaltene Verfahren für die Wärmebedarfsberechnung wird in den physikalischen Grundlagen im wesentlichen beibehalten, jedoch um neue Erkenntnisse bezüglich der Gebäudedurchströmung und der Sonneneinwirkung erweitert. Außerdem machte die Weiterentwicklung der Bautechnik sowie der Heiz- und Raumlufttechnik eine Reihe von Änderungen und Ergänzungen möglich bzw. erforderlich:

Der bisherige Zuschlag z_U für Betriebsunterbrechung wird nicht beibehalten, da seine Notwendigkeit durch die heutige Steuerungstechnik entfallen ist. Sie erlaubt es, das Wiederanheizen nach Betriebspausen zu beliebigen Zeiten automatisch vorzunehmen. Die Gleichmäßigkeit der Raumtemperaturen in einem Gebäude bei durchgehendem Betrieb wird dadurch verbessert.

Der Ausgleich für kalte Außenflächen, der bisher durch den Zuschlag z_A auf den gesamten Transmissionswärmebedarf des Raumes erfolgte, wird jetzt nur für Außenbauteile mit hohem Wärmedurchgangskoeffizienten vorgenommen, und zwar durch Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten.

Die Berechnung des Wärmebedarfes von Flächen, die an das Erdreich grenzen, ist nicht mehr unter den Sonderfällen behandelt, sondern unter den üblichen Fällen. Die Berechnung für wärmedämmte erdberührte Flächen wurde geändert.

Die Norm enthält jetzt auch ein Berechnungsverfahren für den Gesamt-Wärmebedarf des Gebäudes, der zur Auslegung der Wärmeerzeugungsanlage und zur Berechnung des Jahreswärmebedarfes benötigt wird.

Der von O. Krischer eingeführte D-Wert hat sich international als wichtige Kenngröße durchgesetzt. Die vorgesehene Folgeausgabe der Norm soll deshalb zum Anlaß genommen werden, hierfür in Würdigung der Verdienste von Herrn Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. O. Krischer, dem früheren Obmann des Ausschusses DIN 4701, die Bezeichnung „Krischer-Wert D “ einzuführen.

Die Berechnung des Lüftungswärmebedarfs gilt jetzt auch für Hochhäuser, Gebäude bzw. Räume mit maschineller Lüftung sowie für innenliegende Sanitärräume mit freier Lüftung. Das Berechnungsverfahren berücksichtigt jetzt für Gebäude über 10 m Höhe auch Auftriebseinflüsse. Die Angaben über Fugendurchlaßkoeffizienten sind erweitert. Insbesondere sind Rechenwerte für nicht zu öffnende Fenster und für Fugen bei Fertigbauten aufgenommen worden.

Die wesentlichen Änderungen bei den Sonderfällen umfassen eine Begrenzung der Aufheizzeiten für selten beheizte Gebäude, eine Überarbeitung der Wärmedurchgangswiderstände bei hohen Hallen und eine Erweiterung der Berechnungsmethoden auf Gewächshäuser.

Außerdem wurde eine Reihe z. T. wesentlicher formaler Änderungen vorgenommen: Mit Rücksicht auf die große Vielfalt moderner Mehrschichtbauweisen wurde auf die Tabellierung von Wärmedurchgangskoeffizienten k mit Ausnahme der von Türen verzichtet.

Statt dessen ist der Wärmedurchgangswiderstand $R = 1/k$ jeweils aus der Summe der Wärmeleit- und Wärmeübergangswiderstände zu ermitteln. Die Werte für die Wärmeleitfähigkeiten bzw. Wärmeleitwiderstände sind in dieser Norm nicht mehr enthalten. Sie sind direkt DIN 4108 Teil 4 zu entnehmen.

Die Norm wurde auf die gesetzlich vorgeschriebenen SI-Einheiten umgestellt. Es sind lediglich Umrechnungsgleichungen auf die bisherigen Einheiten angegeben.

Die Handhabung der Norm wird durch die vorgenommene Unterteilung verbessert.

DIN 4701 Teil 1 Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden; Grundlagen der Berechnung

DIN 4701 Teil 2 Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden; Tabellen, Bilder, Algorithmen

Fortsetzung Seite 2 bis 28

Normenausschuß Heiz- und Raumlufttechnik (NHR) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	2	5.4.3 Innenliegende Sanitärräume	10
2 Formelzeichen	3	5.5 Norm-Gebäudewärmebedarf	10
3 Umrechnung wichtiger Einheiten	3	5.6 Durchführung der Berechnung	10
4 Übersicht über die Berechnungsverfahren und ihre Grundlagen	4	5.6.1 Unterlagen für die Berechnung	10
4.1 Übliche Fälle	4	5.6.2 Berechnungsgang	10
4.2 Sonderfälle	4	5.6.3 Beispiel einer Wärmebedarfsrechnung für ein Gebäude mit einer Höhe unter 10 m	11
4.3 Grundzüge des Berechnungsverfahrens für übliche Fälle	4	5.6.4 Zur Berechnung des Norm-Lüftungswärmebedarfs bei Gebäuden über 10 m Höhe	21
4.3.1 Ausreichende Beheizung	4	5.6.4.1 Festlegung des ungünstigsten Windangriffs	21
4.3.2 Gleichmäßige Beheizung	4	5.6.4.2 Festlegung der Raumkennzahlen	21
5 Berechnung des Norm-Wärmebedarfs für übliche Fälle	5	5.6.4.3 Festlegung der Höhenkorrekturfaktoren	21
5.1 Aufbau der Berechnung	5	6 Berechnung des Wärmedurchgangswiderstandes	21
5.2 Temperaturen	5	6.1 Bauteile mit hintereinanderliegenden Schichten	22
5.2.1 Norm-Außentemperatur	5	6.2 Bauteile mit nebeneinanderliegenden Elementen	22
5.2.2 Norm-Innentemperatur	5	6.3 Wärmebrücken	22
5.3 Norm-Transmissionswärmebedarf	5	6.3.1 I-Träger bündig in einer Außenwand	22
5.3.1 Norm-Wärmedurchgangskoeffizient	6	6.3.2 Bauelement mit allseitig geschlossener metallischer Ummantelung	22
5.3.2 Außenbauteile	6	7 Hinweise für die Berechnung des Wärmebedarfs in besonderen Fällen	22
5.3.3 Innenbauteile	6	7.1 Wärmebedarf selten beheizter Räume	22
5.3.4 Erdreichberührte Bauteile	6	7.2 Wärmebedarf bei sehr schwerer Bauart	23
5.3.5 Krischer-Wert D	7	7.3 Wärmebedarf von Hallen und ähnlichen Räumen	23
5.4 Norm-Lüftungswärmebedarf	7	7.4 Wärmebedarf von Gewächshäusern	23
5.4.1 Lüftungswärmebedarf bei freier Lüftung	7	7.4.1 Transmissionswärmebedarf	23
5.4.1.1 Grundlagen	7	7.4.2 Lüftungswärmebedarf	23
5.4.1.2 Berechnungsansätze	8	7.5 Das instationäre thermische Verhalten von Räumen unterschiedlicher Schwere	24
5.4.1.3 Luftdurchlässigkeit des Bauwerks	8	7.6 Temperaturen unbeheizter Nebenräume	24
5.4.1.4 Hauskenngröße	8	Anhang A	25
5.4.1.5 Höhenkorrekturfaktoren	9	Zitierte Normen	26
5.4.1.6 Raumkennzahl	9	Weitere Normen und andere Unterlagen	26
5.4.1.7 Temperaturdifferenz	9	Erläuterungen	27
5.4.1.8 Mindestwert des Norm-Lüftungswärmebedarfs	9		
5.4.2 Lüftungswärmebedarf bei maschineller Lüftung	9		
5.4.2.1 Anlagen ohne Abluftüberschuß	9		
5.4.2.2 Anlagen mit Abluftüberschuß	9		

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Räume in durchgehend und voll bzw. teilweise eingeschränkt beheizten Gebäuden. Als vollbeheizt sind dabei solche Häuser anzusehen, bei denen mit Ausnahme weniger Nebenräume alle Räume mit üblicher Temperatur beheizt werden. Als teilweise eingeschränkt beheizt sind dabei solche Häuser anzusehen, bei denen in Nachbarräumen niedrigere Temperaturen auftreten können.

Heiztechnische Anlagen, die entsprechend dem nach dieser Norm ermittelten Wärmebedarf ausgelegt sind, können bei mildereren Witterungsbedingungen, als sie der Normberechnung zugrunde liegen, auch dann eine befriedigende Beheizung ermöglichen, wenn sie zeitweise (z. B. nachts) mit gewissen Einschränkungen oder Unterbrechungen betrieben werden. Für selten beheizte Gebäude ist unter den Sonderfällen ein Berechnungsverfahren angegeben.

Soweit bei Heizungsprojekten in Ausnahmefällen von den Angaben in dieser Norm abgewichen wird, muß dies zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer besonders vereinbart werden.

2 Formelzeichen

Im folgenden sind die wichtigsten Formelzeichen, die in dieser Norm verwendet werden, alphabetisch zusammengestellt und erläutert.

Weiterhin ist die jeweils zu verwendende Einheit angegeben.

Zeichen	Bedeutung	Einheit
A	Fläche	m^2
a	Fugendurchlaßkoeffizient	$m^3/(m \cdot h \cdot Pa^{2/3})$
b	Breite	m
c	spezifische Wärmekapazität	$J/(kg \cdot K)$
D	Krischer-Wert	$W/(m^2 \cdot K)$
d	Dicke	m
H	Hauskenngroße	$W \cdot h \cdot Pa^{2/3}/(m^3 \cdot K)$
h	Höhe	m
k	Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K)$
k_N	Norm-Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K)$
l	Länge	m
$\frac{m}{\sum A_a}$	außenflächenbezogene Speichermasse	kg/m^2
p	Luftdruck	Pa
$\dot{Q}$	Wärmestrom	W
$\dot{Q}_{FL}$	Lüftungswärmebedarf für freie Lüftung	W
$\dot{Q}_L$	Norm-Lüftungswärmebedarf	W
$\dot{Q}_{L \min}$	Mindestlüftungswärmebedarf	W
$\dot{Q}_N$	Norm-Wärmebedarf	W
$\dot{Q}_{N, \text{Geb}}$	Norm-Gebäudewärmebedarf	W
$\dot{Q}_T$	Norm-Transmissionswärmebedarf	W
$\dot{q}$	Wärmestromdichte	W/m^2
$R_k = 1/k$	Wärmedurchgangswiderstand	$m^2 \cdot K/W$
$R_a = 1/\alpha_a$	äußerer Wärmeübergangswiderstand	$m^2 \cdot K/W$
$R_i = 1/\alpha_i$	innerer Wärmeübergangswiderstand	$m^2 \cdot K/W$
R_L	äquivalenter Wärmedurchgangswiderstand für Fugenlüftung	$m^2 \cdot K/W$
R_Z	Aufheizwiderstand	$m^2 \cdot K/W$
R_λ	Wärmeleitwiderstand (auch Wärmedurchlaßwiderstand)	$m^2 \cdot K/W$
r	Raumkennzahl	—

Zeichen	Bedeutung	Einheit
ϑ	Temperatur	$^{\circ}C$
ϑ_a	Norm-Außentemperatur	$^{\circ}C$
ϑ_a'	Außentemperatur	$^{\circ}C$
ϑ_i	Norm-Innentemperatur	$^{\circ}C$
ϑ_i'	Temperatur im Nachbarraum	$^{\circ}C$
$\dot{V}$	Volumenstrom	m^3/s
V_R	Raumvolumen	m^3
α_a	äußerer Wärmeübergangskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K)$
α_i	innerer Wärmeübergangskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K)$
β	Luftwechsel	$m^3/(h \cdot m^3)$
Δk_A	Außenflächenkorrektur für Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K)$
Δk_S	Sonnenkorrektur für Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K)$
$\Delta \dot{Q}_{RLT}$	zusätzlicher Lüftungswärmebedarf für nachströmende Luft infolge maschineller Abluftanlagen	W
$\Delta \vartheta$	Temperaturdifferenz	K
$\Delta \vartheta_a$	Außentemperaturkorrektur	K
ζ	gleichzeitig wirksamer Lüftungswärmeanteil	—
ε	Höhenkorrektur	—
λ	Wärmeleitfähigkeit	$W/(m \cdot K)$
ρ	Dichte	kg/m^3

3 Umrechnung wichtiger Einheiten

Nachfolgend sind die Umrechnungen der wichtigsten SI-Einheiten zu den Einheiten, die bislang in der Wärmebedarfsrechnung verwendet wurden, angegeben:

- für Wärmeströme ($\dot{Q}$, $\dot{Q}_N$, $\dot{Q}_L$, $\dot{Q}_T$):
 $1 W = 0,860 \text{ kcal/h}$
- für Wärmedurchgangs- und Wärmeübergangskoeffizienten (k , k_N , α_i , α_a):
 $1 W/(m^2 \cdot K) = 0,860 \text{ kcal}/(h \cdot m^2 \cdot \text{grad})$
- für Wärmeleitfähigkeiten (λ):
 $1 W/(m \cdot K) = 0,860 \text{ kcal}/(h \cdot m \cdot \text{grad})$
- für Drücke (p):
 $1 Pa = 0,102 \text{ kp}/m^2 \approx 0,102 \text{ mmWS}$
- für Fugendurchlaßkoeffizienten (a):
 $1 m^3/(m \cdot h \cdot Pa^{2/3}) = 4,58 m^3/(m \cdot h \cdot (kp/m^2)^{2/3})$
- für Hauskenngroßen (H):
 $1 W \cdot h \cdot Pa^{2/3}/(m^3 \cdot K) = 0,188 \text{ kcal}/(kp/m^2)^{2/3}/(m^3 \text{ grad})$
- für spezifische Wärmekapazitäten (c):
 $1 kJ/kg K = 0,239 \text{ kcal/kg grad}$

Eine wichtige Identität ist gegeben durch:

$$1 J \equiv 1 W \cdot s \equiv 1 Nm$$

4 Übersicht über die Berechnungsverfahren und ihre Grundlagen

Es wird unterschieden zwischen dem Berechnungsverfahren für übliche Fälle und denen für Sonderfälle:

4.1 Übliche Fälle

Das Verfahren für übliche Fälle ist auf die überwiegende Mehrzahl aller in der Praxis vorkommenden Gebäude anwendbar. Als Beispiele seien genannt: Wohngebäude, Büro- und Verwaltungsgebäude, Schulen, Bibliotheken, Krankenhäuser, Pflegeheime, Aufenthaltsgebäude in Justizvollzugsanstalten, Gebäude des Gaststättengewerbes, Waren- und sonstige Geschäftshäuser, Betriebsgebäude.

4.2 Sonderfälle

Es sind Berechnungsverfahren für folgende Sonderfälle angegeben:

- a) Selten beheizte Räume
- b) Räume mit sehr schwerer Bauart
- c) Hallenbauten mit großen Raumhöhen
- d) Gewächshäuser

4.3 Grundzüge des Berechnungsverfahrens für übliche Fälle

Als Norm-Wärmebedarf eines Raumes wird die Wärmeleistung bezeichnet, die dem Raum unter Norm-Witterungsbedingungen zugeführt werden muß, damit sich die geforderten thermischen Norm-Innenraumbedingungen einstellen.

Für die Berechnung wird stationärer Zustand, d. h. zeitliche Konstanz aller Berechnungsgrößen, vorausgesetzt. Es wird ferner angenommen, daß die Oberflächentemperatur der Umgrenzungsflächen zu beheizten Nachbarräumen der Lufttemperatur gleich sind und daß die Außenwände nur mit den inneren Raumumgrenzungsflächen im Strahlungsaustausch stehen.

Der Norm-Wärmebedarf ist unter diesen Voraussetzungen eine Gebäudeeigenschaft. Er kann mit hinreichender Genauigkeit der Auslegung üblicher Heizeinrichtungen zugrunde gelegt werden, auch wenn deren Wärmeübertragung an den Raum gewisse Abweichungen von den obigen Voraussetzungen ergibt. (Siehe Erläuterungen zu DIN 4701 Teil 2*), Tabelle 2.)

Die Aufstellung von Heizflächen mit nennenswertem Strahlungsanteil (z. B. Radiatoren, Plattenheizkörper) vor Glasflächen führt dagegen beispielsweise zu so erheblichen Abweichungen, daß die Auslegung der Heizeinrichtungen nicht nach dem Norm-Wärmebedarf vorgenommen werden kann. Mit Rücksicht auf den erhöhten Energieverbrauch sollten solche Anordnungen vermieden werden. Gegebenenfalls sind Hinweise für die Dimensionierung dem Schrifttum zu entnehmen¹⁾.

Der Norm-Wärmebedarf eines Raumes setzt sich aus dem Norm-Transmissionswärmebedarf (Wärmeverluste durch Wärmeleitung über die Umschließungsflächen) und dem Norm-Lüftungswärmebedarf (Wärmebedarf für die Aufheizung eindringender Außenluft) zusammen.

Der Norm-Transmissionswärmebedarf muß für alle Teilflächen mit unterschiedlichen Wärmedurchgangskoeffizienten bzw. Temperaturdifferenzen getrennt berechnet werden. Dabei werden behaglichkeitsmindernde Einflüsse kalter Außenflächen und die Auswirkung der Sonneneinstrahlung durch Korrekturen für die Wärmedurchgangskoeffizienten berücksichtigt. (Siehe Erläuterungen zu DIN 4701 Teil 2*), Tabelle 2.)

Die Berechnung des Norm-Lüftungswärmebedarfs geht von einer vereinfachten Ermittlung der Luftmengen aus, die über die Fugendichtheiten des Raumes unter be-

stimmten Bedingungen einströmen können. Sie berücksichtigt die wirksamen Druckdifferenzen am Gebäude für die bei Norm-Außentemperaturen anzusetzenden Windverhältnisse und die thermischen Drücke sowie die Widerstände in den durchströmten Fugen der Außen- und Innenbauteile des Gebäudes. Bei Räumen mit maschineller Lüftung wird der zusätzliche Lüftungswärmebedarf für die infolge Abluftüberschuß eindringende Außenluftmenge berücksichtigt.

4.3.1 Ausreichende Beheizung

Eine ausreichende Bemessung der Heizungsanlagen wird dadurch sichergestellt, daß der Berechnung des Norm-Wärmebedarfs angemessen niedrige Außentemperaturen und zugehörige Windgeschwindigkeiten sowie hinreichend sichere Stoffwerte für die Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe zugrunde gelegt werden. Sie berücksichtigen bei porösen Materialien mittlere Baufeuchtigkeiten.

Von besonderer Bedeutung für die ausreichende Beheizung eines Raumes ist eine genügende Luftdichtigkeit der Außenbauteile. Es muß bauseits sichergestellt sein, daß die der Berechnung zugrunde gelegten Fugendurchlässigkeiten – auch unter Berücksichtigung der Einbaufugen zwischen Fenstern bzw. Türen und der Baukonstruktion – in der Ausführung nicht überschritten werden. Bei den Fugendurchlaßkoeffizienten für Fenster wird nach den Beanspruchungsgruppen in DIN 18 055 unterschieden.

4.3.2 Gleichmäßige Beheizung

Ziel der Wärmebedarfsrechnung ist es, neben einer ausreichenden Beheizung auch eine hinreichend gleichmäßige Beheizung der Räume eines mit einer zentral geregelten Heizungsanlage oder -gruppe ausgerüsteten Gebäudes auf die der Berechnung zugrunde gelegten Temperaturen zu erreichen. Dies ist jedoch nur innerhalb gewisser Grenzen möglich.

Selbstverständliche Voraussetzung für das Erreichen der gewünschten Temperaturen ist, daß alle Räume des Gebäudes berechnungsgemäß beheizt werden. Die Temperaturen, die sich in den einzelnen Räumen im Beharrungszustand einstellen, ergeben sich aufgrund des Gleichgewichtes zwischen der Leistung der Heizflächen und den Wärmeverlusten der Räume.

Theoretische Untersuchungen haben gezeigt²⁾, daß auch bei Beachtung dieser Gegebenheiten eine zentrale Regelung für Gebäude oder Gebäudezonen nur deshalb eine ausreichende Temperaturgleichmäßigkeit ergibt, weil die thermische Kopplung der Räume untereinander über Innenwände, Decken bzw. Fußböden und durch Luftaustausch wesentlich hierzu beiträgt. Bei Räumen oder Gebäudeteilen mit schlechter thermischer Ankopplung an das übrige Gebäude (z. B. Anbauten o. ä.) ist daher die Frage einer sinnvollen Zonierung der Heizungsanlagen besonders sorgfältig zu prüfen.

Um den Nutzern der Heizungsanlagen in Wohngebäuden möglichst weitgehend die Möglichkeit einzuräumen, den Heizenergieverbrauch durch eingeschränkte Beheizung eines Teils der beheizbaren Räume zu senken, ist es zweckmäßig, die Heizflächen und gegebenenfalls einen Teil des Rohrnetzes der Räume so zu bemessen, daß eine ausreichende Beheizung auch dann erreicht wird, wenn angrenzende Räume (entsprechend DIN 4701 Teil 2, Tabelle 2) nur

*) Ausgabe März 1983

1) Esdorn, H., Kast, W., Schauß, H. und Zöllner, G.: Der Einfluß der Rückwandtemperatur auf die Leistung von Plattenheizkörpern. wkt 24 (1972), Nr 9, S. 251–253

2) Esdorn, H.: Einfluß der Bauweise und des Anlagensystems auf die Temperaturverteilung in Gebäuden mit zentral geregelten Heizungs- und Klimaanlage. VDI-Bericht Nr 162, VDI-Verlag Düsseldorf 1971

mit eingeschränkten Temperaturen betrieben werden. Die Heizflächen und gegebenenfalls ein Teil des Rohrnetzes ergeben sich dabei entsprechend größer. Der Frage einer gleichmäßigen Beheizung aller Räume des Gebäudes unter allen Betriebsbedingungen ist dabei besondere Aufmerksamkeit zu widmen (z. B. Einzelraumregelung).

Bei Erweiterung von zentral geregelten Heizungsanlagen, die nach früheren Ausgaben der DIN 4701 berechnet wurden, ist es empfehlenswert – wenn für die Erweiterung keine getrennte Regelzone vorgesehen wird –, den Erweiterungsteil nach der gleichen Ausgabe der Norm zu berechnen, nach der der Hauptteil bemessen wurde.

5 Berechnung des Norm-Wärmebedarfs für übliche Fälle

5.1 Aufbau der Berechnung

Der Norm-Wärmebedarf $\dot{Q}_N$ setzt sich aus dem Norm-Transmissionswärmebedarf $\dot{Q}_T$ und dem Norm-Lüftungswärmebedarf $\dot{Q}_L$ zusammen:

$$\dot{Q}_N = \dot{Q}_T + \dot{Q}_L \quad (1)$$

5.2 Temperaturen

5.2.1 Norm-Außentemperatur

Der Berechnung des Norm-Wärmebedarfs wird für die Außentemperatur eines Ortes der niedrigste Zweitagesmittelwert zugrunde gelegt, der im Zeitraum von 1951 bis 1970 zehnmal erreicht oder unterschritten wurde. Diese Außentemperaturen ϑ_a' sind für alle Orte mit mehr als 20 000 Einwohnern und für solche mit einer Wetterstation, deren Daten mit ausgewertet wurden, in DIN 4701 Teil 2*), Tabelle 1, aufgeführt. Die Isothermenkarte in DIN 4701 Teil 2*), Bild 1, dient lediglich zur Orientierung bei Orten, die selbst in der Tabelle nicht enthalten sind.

Für die kurze Andauer der Norm-Witterungsbedingungen wird ein Absinken der Innentemperatur um 1 K als tragbar angesehen. Damit wird der einzusetzende Rechenwert für die Norm-Außentemperatur von der Speicherefähigkeit des Gebäudes abhängig. Man berücksichtigt dieses durch eine Außentemperatur-Korrektur $\Delta \vartheta_a$ 3):

$$\vartheta_a = \vartheta_a' + \Delta \vartheta_a \quad (2)$$

Hierin bedeutet:

ϑ_a Norm-Außentemperatur

Die Außentemperatur-Korrektur $\Delta \vartheta_a$ ergibt sich, abhängig von der Schwere der Bauart, zu:

Leichte Bauart: $\Delta \vartheta_a = 0 \text{ K}$

Schwere Bauart: $\Delta \vartheta_a = 2 \text{ K}$

Sehr schwere Bauart: $\Delta \vartheta_a = 4 \text{ K}$

Den genannten Bauarten liegt folgende bauphysikalische Zuordnung zugrunde:

$$\text{Leichte Bauart 4): } \frac{m}{\sum A_a} < 600 \text{ kg/m}^2 \quad (3)$$

$$\text{Schwere Bauart: } 600 \leq \frac{m}{\sum A_a} \leq 1400 \text{ kg/m}^2 \quad (4)$$

$$\text{Sehr schwere Bauart: } \frac{m}{\sum A_a} > 1400 \text{ kg/m}^2 \quad (5)$$

Hierin bedeuten:

m Speichermasse des Raumes

$\sum A_a$ Summe aller Außenflächen des Raumes (Fenster und Außenwände)

Die Außentemperatur-Korrektur wird einheitlich für das gesamte Gebäude festgelegt.

Die außenflächenbezogene Speichermasse wird deshalb nur für den ungünstigsten Raum mit maximal 2 Außenwänden ermittelt (niedrigster Wert) 5):

$$m = \sum (0,5 \cdot m_{\text{Stahl}} + 2,5 \cdot m_{\text{Holz}} + m_{\text{Rest}})_a + 0,5 \cdot \sum (0,5 \cdot m_{\text{Stahl}} + 2,5 \cdot m_{\text{Holz}} + m_{\text{Rest}})_i \quad (6)$$

Hierin bedeuten:

m Masse des Bauteils

Indizes:

... Stahl Bauteile aus Stahl

... Holz Bauteile aus Holz

... Rest Bauteile aus sonstigen Baustoffen

... a Massen der Außenflächen

... i Massen der Innenflächen

Die Zuordnung des Gebäudes zu der gewählten Bauarten-Gruppe muß nicht im Rahmen der Wärmebedarfsrechnung nachgewiesen werden, da sie in der überwiegenden Zahl der Fälle nach Erfahrung hinreichend sicher abgeschätzt werden kann.

5.2.2 Norm-Innentemperatur

Als Norm-Innentemperatur wird eine „empfundene Temperatur“ eingesetzt, die sowohl die Lufttemperatur als auch die mittlere Umgebungsflächentemperatur berücksichtigt. Die Norm-Innentemperaturen sind in DIN 4701 Teil 2*), Tabelle 2, für Räume unterschiedlicher Nutzung festgelegt.

5.3 Norm-Transmissionswärmebedarf

Der Norm-Transmissionswärmebedarf ist die Summe der Wärmeströme, die der Raum durch Wärmeleitung über Wände, Fenster, Türen, Decken, Fußboden abgibt:

$$\dot{Q}_T = \sum_j A_j \cdot \dot{q}_j \quad (7)$$

Hierin bedeuten:

A_j Fläche des Bauteils j

$\dot{q}_j$ Wärmestromdichte des Bauteils j

Für Bauteile, die an die Außenluft oder an Nachbarräume grenzen, ergibt sich:

$$\dot{q} = k_N \cdot \Delta \vartheta \quad (8)$$

Hierin bedeuten:

k_N Norm-Wärmedurchgangskoeffizient

$\Delta \vartheta$ Temperaturdifferenz

*) Ausgabe März 1983

3) Esdorn, H. und Wentzlaff, G.: Neuverschlüsse zum Entwurf DIN 4701 „Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden“.

Teil II: Zum Einfluß der Gebäudespeicherefähigkeit auf die Norm-Außentemperatur. HLH 32 (1981), Nr 10, S. 394 – 401

4) Bei Räumen mit $\frac{m}{\sum A_a} < 600 \text{ kg/m}^2$ und mittlerem Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenflächen (Wände und Fenster) von $k_{W+F} \leq 0,8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ kann ohne diesen gesonderten Nachweis eine Außentemperaturkorrektur von $\Delta \vartheta_a = 2 \text{ K}$ angesetzt werden (siehe Erläuterungen).

5) Der rechnerische Nachweis für die Außentemperaturkorrektur kann (z.B. bei Serienbauten) auch mit Hilfe stationärer Berechnungsmethoden geführt werden, die den Wärmeaustausch im Raum einschließlich der langwelligen Strahlung, den Lüftungswärmebedarf und schichtweise die Wärmekapazitäten berücksichtigen. Dabei gelten entsprechend der in Fußnote 3 genannten Veröffentlichung folgende Voraussetzungen:

a) Auswertung nach dem der Normrechnung zugrunde liegenden Verfahren (siehe genannte Veröffentlichung).

b) Sprungtemperatur nach Tabelle 2 dieser Veröffentlichung.

c) $\Delta t_{i \text{ zul}} = 1,0$ für Räume mit einer bzw. zwei Außenflächen.

d) Δt_{aN} nach Tabelle 6 dieser Veröffentlichung.

5.3.1 Norm-Wärmedurchgangskoeffizient

Für den Wärmedurchgangswiderstand R_k eines Bauteils gilt:

$$R_k = R_i + \sum_j R_{\lambda j} + R_a = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_a} \quad (9)$$

Hierin bedeuten:

- R_i innerer Wärmeübergangswiderstand
- R_a äußerer Wärmeübergangswiderstand
- $R_{\lambda j}$ Wärmeleitwiderstand (auch: Wärmedurchlaßwiderstand) der Schicht j
- α_i innerer Wärmeübergangskoeffizient
- α_a äußerer Wärmeübergangskoeffizient
- d_j Dicke der Bauteilschicht j
- λ_j Wärmeleitfähigkeit der Schicht j

Den Wärmedurchgangskoeffizienten k erhält man aus:

$$k = \frac{1}{R_k} \quad (10)$$

An den Wärmedurchgangskoeffizienten sind bei Außenbauteilen Korrekturen zum Ausgleich der behaglichkeitsmindernden niedrigen Oberflächentemperaturen⁶⁾ und bei Fenstern außerdem solche zum Ausgleich der Sonneneinstrahlung⁷⁾ anzubringen. Mit diesen Korrekturen ergibt sich der Norm-Wärmedurchgangskoeffizient k_N zu:

$$k_N = k + \Delta k_A + \Delta k_S \quad (11)$$

Hierin bedeuten:

Δk_A Außenflächenkorrektur für Wärmedurchgangskoeffizienten

Δk_S Sonnenkorrektur für Wärmedurchgangskoeffizienten
Die Außenflächenkorrektur Δk_A ist, abhängig vom Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenfläche nach DIN 4701 Teil 2^{*)}, Tabelle 3, zu ermitteln.

Die Sonnenkorrektur berücksichtigt den Wärmegewinn durch diffuse Strahlung (bedeckter Himmel). Sie ist daher immer negativ und unabhängig von der Himmelsrichtungsorientierung (siehe DIN 4701 Teil 2^{*)}, Tabelle 4). Für Fenster mit Klarglas (Gesamtenergiedurchlaßgrad $g_v = 0,85$) ergibt sich:

$$\Delta k_S = -0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (12)$$

Für Spezialverglasungen mit stark abweichendem Gesamtenergiedurchlaßgrad g_v gilt:

$$\Delta k_S = -0,35 \cdot g_v \text{ in W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (13)$$

5.3.2 Außenbauteile

Die Wärmestromdichte $\dot{q}$ in Gleichung (8) ist für Außenbauteile zu ermitteln nach:

$$\dot{q} = k_N \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) \quad (14)$$

5.3.3 Innenbauteile

Für Innenbauteile ergibt sich die Wärmestromdichte q zu:

$$\dot{q} = k \cdot (\vartheta_i - \vartheta_i') \quad (15)$$

Hierin bedeutet:

ϑ_i' Norm-Innentemperatur im Nachbarraum

5.3.4 Erdreichberührte Bauteile⁸⁾

Bei Bauteilen, die mit dem Erdreich in Berührung stehen, tritt ein Wärmeverlust nicht nur über das Erdreich an die Außenluft, sondern auch an das Grundwasser auf.

Bei der Bestimmung des ersten Anteils ist jedoch wegen der großen Wärmespeicherefähigkeit des Bodens nicht die für kurze Kälteperioden gültige Norm-Außentemperatur einzusetzen, sondern eine mittlere Außentemperatur über eine längere Kälteperiode. Der Wärmeleitwiderstand durch das Erdreich bis zur Außenluft ist von der Größe der Bodenfläche und ihrem Seitenverhältnis sowie von der Tiefe bis zum Grundwasser abhängig.

Der Wärmeverlust an das Grundwasser wird vereinfachend nach dem üblichen Ansatz für planparallele Platten berechnet. Als Temperaturdifferenz ist die Differenz zwischen Innentemperatur und der mittleren Grundwassertemperatur einzusetzen. Der Wärmedurchgangswiderstand vom Raum bis zum Grundwasser setzt sich aus dem inneren Wärmeübergangswiderstand und den Wärmeleitwiderständen des Bauteils und des Erdreichs zusammen.

Für alle erdreichberührten Flächen (vertikale und horizontale) errechnet sich die Wärmestromdichte $\dot{q}$ aus:

$$\dot{q} = \frac{\vartheta_i - \vartheta_{AL}}{R_{AL}} + \frac{\vartheta_i - \vartheta_{GW}}{R_{GW}} \quad (16)$$

mit:

$$R_{AL} = R_i + R_{\lambda B} + R_{\lambda A} + R_a \quad (17)$$

$$R_{GW} = R_i + R_{\lambda B} + R_{\lambda E} \quad (18)$$

$$R_{\lambda E} = \frac{T}{\lambda_E} \quad (19)$$

Hierin bedeuten:

- ϑ_{AL} mittlere Außentemperatur über eine längere Kälteperiode
- ϑ_{GW} mittlere Grundwassertemperatur
- R_{AL} äquivalenter Wärmedurchgangswiderstand Raum-Außenluft
- R_{GW} äquivalenter Wärmedurchgangswiderstand Raum-Grundwasser
- $R_{\lambda B}$ Wärmeleitwiderstand des Bauteils
- $R_{\lambda A}$ äquivalenter Wärmeleitwiderstand des Erdreichs zur Außenluft (nach DIN 4701 Teil 2^{*)}, Bild 2)
- $R_{\lambda E}$ Wärmeleitwiderstand des Erdreichs zum Grundwasser
- R_i innerer Wärmeübergangswiderstand (nach DIN 4701 Teil 2^{*)}, Tabelle 16)
- R_a äußerer Wärmeübergangswiderstand (nach DIN 4701 Teil 2^{*)}, Tabelle 16)
- λ_E Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs
- T Tiefe bis zum Grundwasser (nach DIN 4701 Teil 2^{*)}, Bild 2)

In der Regel kann von folgenden Zahlenwerten ausgegangen werden:

$$\vartheta_{AL} = \vartheta_a + 15 \text{ in } ^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_{GW} = +10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_E = 1,2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Für die Bestimmung des Wärmeleitwiderstandes $R_{\lambda A}$ nach DIN 4701 Teil 2^{*)}, Bild 2, wird dabei stets die gesamte Bodenfläche eingesetzt; als Tiefe bis zum Grundwasser T gilt ebenfalls – auch bei höherreichenden vertikalen Flächen – das auf die Bodenfläche bezogene Maß nach DIN 4701 Teil 2^{*)}, Bild 2.

^{*)} Ausgabe März 1983

⁶⁾ Esdorn, H. und Schmidt, P.: Zum Außenflächenzuschlag bei der Wärmebedarfsberechnung. HLH 31 (1980), Nr 5, S. 163–171

⁷⁾ Esdorn, H. und Wentzlaff, G.: Neuvorschläge zum Entwurf DIN 4701 „Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden“. Teil I: Zur Berücksichtigung der Sonnenstrahlung bei der Wärmebedarfsberechnung. HLH 32 (1981), Nr 9, S. 349–357

⁸⁾ Krischer, O.: Die Wärmeaufnahme der Grundflächen nicht unterkellerten Räume (Kühlkeller, Gewächshäuser und dergleichen). Ges. Ing. 57 (1939), Nr 39, S. 513–521

Sind die Bodenflächen wärmegeklämmt, die vertikalen Flächen dagegen nicht, so ist für den Wärmeleitwiderstand $R_{\lambda A}$ der vertikalen an das Erdreich grenzenden Flächen nur 50% des Wertes $R_{\lambda A}$ nach DIN 4701 Teil 2*), Bild 2 (Parameter wie vor), einzusetzen.

Bei einzelnen beheizten Kellerräumen sind zur Bestimmung von $R_{\lambda A}$ anstelle der Gebäudemasse l und b nach DIN 4701 Teil 2*), Bild 2, die entsprechenden Maße des Fußbodens des Kellerraumes einzusetzen. Bei zusammenhängenden Kellerräumen, die keinen rechteckigen Grundriß haben, ist ein flächengleiches Rechteck anzusetzen, dessen eine Seite der größten Länge im tatsächlichen Grundriß entspricht.

5.3.5 Krischer-Wert D

Der Krischer-Wert D ist ein Kennwert für die mittlere Oberflächen-temperatur aller Umschließungsflächen eines Raumes, für ihn gilt:

$$D = \frac{\dot{Q}_T}{A_{\text{ges}} (\vartheta_i - \vartheta_a)} \quad (20)$$

Hierin bedeutet:

A_{ges} Summe aller Innen- und Außenflächen des Raumes

Der Krischer-Wert D wird zur Ermittlung der rechnerischen Raumlufttemperatur bei gegebener Norm-Innentemperatur benötigt (siehe Erläuterungen zu DIN 4701 Teil 2*), Tabelle 2, Seite 27).

5.4 Norm-Lüftungswärmebedarf

Für den Norm-Lüftungswärmebedarf $\dot{Q}_L$ gilt:

$$\dot{Q}_L = \dot{Q}_{\text{FL}} + \Delta \dot{Q}_{\text{RLT}} \quad (21)$$

bzw.

$$\dot{Q}_L = \dot{Q}_{L \text{ min}} \quad (22)$$

Hierin bedeuten:

$\dot{Q}_{\text{FL}}$ Lüftungswärmebedarf für freie Lüftung nach Gleichung (26) oder (27)

$\Delta \dot{Q}_{\text{RLT}}$ zusätzlicher Lüftungswärmebedarf für nachströmende Luft infolge maschineller Abluftanlagen nach Gleichung (30)

$\dot{Q}_{L \text{ min}}$ Mindestwert des Norm-Lüftungswärmebedarfs nach Gleichung (28)

5.4.1 Lüftungswärmebedarf bei freier Lüftung^{9) 10)}

5.4.1.1 Grundlagen

Gebäude üblicher Bauart sind in begrenztem Rahmen luftdurchlässig. Die eindringende Außenluft muß auf Raumlufttemperatur (näherungsweise Norm-Innentemperatur) erwärmt werden.

Für diesen Wärmebedarf, den Lüftungswärmebedarf, gilt allgemein:

$$\dot{Q}_{\text{FL}} = \dot{V} c \varrho (\vartheta_i - \vartheta_a) \quad (23)$$

Hierin bedeuten:

$\dot{V}$ Luftvolumenstrom

c spez. Wärmekapazität

ϱ Dichte

Für die Luftströmung durch Fugen kann angesetzt werden:

$$\dot{V} = \sum (a \cdot l) \cdot (p_a - p_i)^n \quad (24)$$

Hierin bedeuten:

a Fugendurchlaßkoeffizient

l Fugenlänge

p_a Druck, außen

p_i Druck, innen

Bei Fugen in Bauteilen kann der Exponent n für die Druckdifferenz mit hinreichender Genauigkeit mit $\frac{2}{3}$ eingesetzt werden.

Die Druckdifferenz ($p_a - p_i$) kann durch Wind- und Auftriebskräfte entstehen. Für niedrige Gebäude (Höhe < 10 m) sind dabei die Auftriebskräfte vernachlässigbar.

a) Winddrücke

Durch Windanströmung eines Gebäudes entstehen auf den angeströmten Fassaden im allgemeinen Überdrücke, auf den nicht angeströmten Seiten Unterdrücke, die von der Windgeschwindigkeit, von der Gebäudeform und von den Anströmverhältnissen abhängig sind. Entsprechend strömt ohne Auftriebseinflüsse nur auf den angeblasenen Seiten Außenluft ein und hat einen Lüftungswärmebedarf zur Folge, während sie auf den anderen Seiten als erwärmte Innenluft wieder auströmt. Mit der Höhe über dem Erdboden nehmen die Windgeschwindigkeit und entsprechend die äußeren Winddrücke zu.

b) Auftriebsdrücke

Infolge der Dichteunterschiede zwischen der kalten Außenluft und der warmen Innenluft ergeben sich in durchgehenden vertikalen Schächten hoher Gebäude (z.B. Aufzugsschächte, Treppenhäuser) thermische Differenzdrücke gegenüber der Außenluft, die der Höhe der Schächte und dem Dichteunterschied – entsprechend dem Temperaturunterschied – proportional sind. Ohne Windeinflüsse wirkt sich dieses bei etwa gleichmäßiger Verteilung der Gebäudeundichtigkeiten über die Höhe so aus, daß im Winter im unteren Teil der Gebäude gegenüber außen Unterdruck herrscht und im oberen Teil Überdruck. Entsprechend strömt unten über alle Fassaden kalte Außenluft ein, oben dagegen strömt sie als erwärmte Innenluft wieder aus. Ein Lüftungswärmebedarf entsteht ohne Windeinfluß demnach nur im unteren Gebäudeteil, und zwar auf allen Fassaden.

c) Überlagerte Wirkung von Wind und Auftrieb

Bei gleichzeitiger Wirkung von Wind- und Auftriebseinflüssen läßt sich die Durchströmung eines Gebäudes nur mit aufwendigen Rechenprogrammen beschreiben, da die Innendrucke in komplizierter Weise von der Verteilung aller äußeren und inneren Strömungswiderstände des Gebäudes abhängen. Mit einem für die Zwecke dieser Norm vertretbaren Aufwand läßt sich nur der Lüftungswärmebedarf für einige Grenzfälle ermitteln, aus denen jeweils der ungünstigste für den Normwärmebedarf zugrunde gelegt werden muß.

Es hängt z.B. von der Windgeschwindigkeit ab, ob auf der angeblasenen Seite eines hohen Gebäudes oben Luft infolge des äußeren Windüberdruckes einströmt oder ob dort infolge des inneren thermischen Überdruckes Luft austritt. Ebenso kann man nicht allgemein sagen, ob im unteren Teil eines hohen Gebäudes auf den nicht vom Wind angeströmten Seiten Luft aufgrund des äußeren Windunterdruckes auströmt oder ob der innere thermische Unterdruck überwiegt und damit auch dort – und nicht nur auf den angeströmten Fassaden – Außenluft einströmt.

Man unterscheidet zweckmäßig (siehe DIN 4701 Teil 2*), Bild 3) zwischen Gebäuden vom Schachttyp (ohne innere Unterteilung) und solchen vom Geschoßtyp (mit luftdichten Geschoßtrennflächen).

Schachttyp-Gebäude unterliegen gleichzeitig Wind- und Auftriebswirkungen. Der für die Durchströmung

*) Ausgabe März 1983

9) Krischer, O. und Beck, H.: Die Durchlüftung von Räumen durch Windangriff und der Wärmebedarf für die Lüftung. VDI-Berichte, Band 18, 1957

10) Esdorn, H. und Brinkmann, W.: Der Lüftungswärmebedarf von Gebäuden unter Wind- und Auftriebseinflüssen. Ges. Ing. 99 (1978), Heft 4, S. 81–94 und S. 103–105

wesentliche Parameter ist jedoch nur das Verhältnis der Durchlässigkeiten $\sum (a \cdot l)_A$ der angeströmten zu den Durchlässigkeiten $\sum (a \cdot l)_N$ der nicht angeströmten Fassaden, den man relativ einfach bestimmten Grundrissarten (siehe DIN 4701 Teil 2*), Bild 4) zuordnen kann, die den bisherigen (siehe DIN 4701, Ausgabe Januar 1959) Häuserarten „Einzelhaus“ und „Reihenhaus“ entsprechen:

$$\text{Grundrissart I (Einzelhaustyp)} \quad \frac{\sum (a \cdot l)_A}{\sum (a \cdot l)_N} = \frac{1}{3}$$

$$\text{Grundrissart II (Reihenhaustyp)} \quad \frac{\sum (a \cdot l)_A}{\sum (a \cdot l)_N} = 1$$

Schachttyp-Gebäude stellen im unteren Gebäudeteil immer den ungünstigsten Grenzfall dar.

Geschoßtyp-Gebäude unterliegen nur Windeinflüssen. Sie haben demnach im oberen Gebäudeteil immer einen größeren Lüftungswärmebedarf als Schachttyp-Gebäude und stellen hier den ungünstigsten Grenzfall dar.

5.4.1.2 Berechnungsansätze

Man setzt in den Gleichungen (23) und (24):

$$c \cdot \rho \cdot (p_a - p_i)^{2/3} = H_h = \varepsilon_h \cdot H \quad (25)$$

mit

H_h Hauskenngroße in der Höhe h

H Hauskenngroße für Windeinfluß bezogen auf 10 m Höhe

ε_h Höhenkorrekturfaktor für Wind- und Auftriebseinflüsse in der Höhe h

Für den Lüftungswärmebedarf der beschriebenen Grenzfälle erhält man damit:

Für Schachttyp-Gebäude (Gültigkeitsbereich: $\varepsilon_{SN} \geq 0$):

$$\dot{Q}_{FLS} = [\varepsilon_{SA} \cdot \sum (a \cdot l)_A + \varepsilon_{SN} \cdot \sum (a \cdot l)_N] \cdot H \cdot r \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) \quad (26)$$

Für Geschoßtyp-Gebäude:

$$\dot{Q}_{FLG} = \varepsilon_{GA} \cdot \sum (a \cdot l)_A \cdot H \cdot r \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) \quad (27)$$

Hierin bedeuten:

H Hauskenngroße (nach DIN 4701 Teil 2*), Tabelle 10)

ε Höhenkorrekturfaktor (nach DIN 4701 Teil 2*), Tabellen 11, 12)

a Fugendurchlaßkoeffizient (nach DIN 4701 Teil 2*), Tabelle 9)

l Fugenlänge

ϑ_i Norm-Innentemperatur¹¹⁾

ϑ_a Norm-Außentemperatur¹¹⁾

r Raumkennzahl (nach DIN 4701 Teil 2*), Tabelle 13)

Indizes

S Schachttyp-Gebäude

G Geschoßtyp-Gebäude

A angeströmt (Wind)

N nicht angeströmt (Wind)

Der größere der beiden Grenzwerte nach Gleichung (26) oder (27) gilt als Lüftungswärmebedarf $\dot{Q}_{FL}$ bei freier Lüftung.

5.4.1.3 Luftdurchlässigkeit des Bauwerks

Die maßgeblichen Luftdurchlässigkeiten liegen in den Schließfugen der zu öffnenden Fenster und Türen sowie in den Einbaufugen zwischen Fensterrahmen und Wandkonstruktion bzw. zwischen einzelnen Außenwandelementen, insbesondere bei vorgefertigten Bauteilen.

Die Durchlässigkeit $\sum (a \cdot l)_A$ ist jeweils für den ungünstigsten Fall der Windanströmung einzusetzen und zwar:

bei Eckräumen:

Für die beiden aneinanderstoßenden Außenflächen mit den größten Durchlässigkeiten

bei eingebauten Räumen mit gegenüberliegenden Außenwänden:

Beim Geschoßtyp-Gebäude für die Wand mit der größten Durchlässigkeit.

Beim Schachttyp-Gebäude ist die Wand mit der größeren Durchlässigkeit für die angeströmte Seite einzusetzen und die andere für die nicht angeströmte Seite.

In DIN 4701 Teil 2*), Tabelle 9, sind die Fugendurchlaßkoeffizienten für Türen, Fenster und sonstige Bauteile angegeben.

5.4.1.4 Hauskenngroße

Die Hauskenngroße ist abhängig von der Windgeschwindigkeit. Diese wird von der geographischen Lage des Gebäudes und von seiner Lage in der Umgebung bestimmt (Rechenwerte siehe DIN 4701 Teil 2*), Tabelle 10).

Hinsichtlich der Windstärke unterscheidet man **wind-schwache** und **windstarke** Gegenden. Die windstarke Gegend umfaßt das Gebiet von der Küste etwa bis zum Rand der Mittelgebirge. Das Gebiet südlich davon gilt für niedrige Lagen als windstarke Gegend. Von bestimmten Höhenlagen an, die zu den Alpen hin ansteigen, sind auch diese Regionen als windstark anzusehen (siehe Isothermen-Karte DIN 4701 Teil 2*), Bild 1 und Tabelle 1).

Bei der Lage eines Hauses ist zu bedenken, daß nahe über dem Erdboden oder dicht über eng beieinander stehenden gleich hohen Gebäuden die Windgeschwindigkeit geringer ist als in größerer Höhe. Erst in einer gewissen Höhe über dem Erdboden oder über den Gebäuden herrscht Wind in voller Stärke.

Es werden unterschieden:

Normale Lage

für Häuser in dicht besiedelten Gebieten (Stadtkerngebiete) und in Gebieten mit aufgelockerter Bebauung.

Freie Lage

für Häuser auf Inseln, unmittelbar an der Küste, an großen Binnenseen, auf Berggipfeln und in freien Kammlagen.

Der Einfluß des Haustyps auf die Durchströmung und damit auf die Hauskenngroße ergibt sich aus der Winddruckverteilung am Gebäude (Überdruck auf den angeblasenen, Unterdruck auf den nicht angeblasenen Flächen) und aus der Verteilung der Durchlässigkeiten $\sum (a \cdot l)$ auf die angeblasenen und die nicht angeblasenen Flächen. Je größer die Durchlässigkeit $\sum (a \cdot l)_N$ der nicht angeblasenen Flächen im Verhältnis zu der angeblasenen $\sum (a \cdot l)_A$ ist, desto niedriger stellt sich in einem Haus ohne Innenwiderstände der Innendruck p_i ein, d. h. um so größer wird nach Gleichung (24) das einströmende Luftvolumen auf der angeblasenen Seite.

Grundsätzlich unterschiedlich verhalten sich in dieser Beziehung Einzelhäuser und Reihenhäuser. In einem Einzelhaus (siehe DIN 4701 Teil 2*), Bild 4) kann die Luft bei senkrechter Anströmung einer Seite auf drei Seiten des Gebäudes wieder abströmen. Der Innendruck liegt daher in der Nähe des Unterdruckes auf den nicht angeblasenen Flächen. Die Druckdifferenz zwischen innen und außen an den angeblasenen Flächen und damit der auf $\sum (a \cdot l)_A$ bezogene Luftvolumenstrom erreicht maximale Werte.

Bei einem Reihnhaus (siehe DIN 4701 Teil 2*), Bild 4) steht unter gleichen Anströmbedingungen nur **eine** Abströmfläche zur Verfügung.

*) Ausgabe März 1983

¹¹⁾ Im Hinblick auf die begrenzte Genauigkeit des Norm-Lüftungswärmebedarfs werden hier vereinfachend die Normtemperaturen anstelle der Lufttemperaturen eingesetzt.

Der Innendruck stellt sich entsprechend höher ein, und das durchströmende Luftvolumen wird geringer.

Als Häuser vom Grundrißtyp I (Einzelhaustyp) gelten solche, bei denen Luft über zwei oder mehr Außenflächen abströmen kann.

Beispiel für Grundrißtyp I:

Allseitig freistehende Häuser nach DIN 4701 Teil 2*), Bild 4a (Ausnahmen siehe Grundrißtyp II)
dreiseitig freistehende Häuser nach DIN 4701 Teil 2*), Bild 4b und 4c (Eckreihen Häuser) bzw. Hausteile.

Als Häuser vom Grundrißtyp II (Reihenhaustyp) gelten solche, die durch Trennwände so unterteilt sind, daß Luft im wesentlichen nur über eine Außenfläche abströmen kann.

Beispiel für Grundrißtyp II:

Eingebaute Reihenhäuser nach DIN 4701 Teil 2*), Bild 4d.
Eingebaute Wohnungen in Wohnblöcken nach DIN 4701 Teil 2*), Bild 4e.
Allseitig freistehende Häuser mit einem Seitenverhältnis über 5 nach DIN 4701 Teil 2*), Bild 4f.
Allseitig oder dreiseitig freistehende Häuser mit zwei Außenflächen ohne nennenswerte Durchlässigkeiten nach DIN 4701 Teil 2*), Bild 4g und 4h.

5.4.1.5 Höhenkorrekturfaktor

Die Höhenkorrekturfaktoren ε berücksichtigen die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe und die thermischen Druckwirkungen. Sie sind von der Höhe des betrachteten Raumes über dem Erdboden, vom Gebäudetyp nach DIN 4701 Teil 2*), Bild 3 (Schachttyp-Gebäude, Geschoßtyp-Gebäude) sowie vom Grundrißtyp (Einzelhaustyp: I, Reihenhaustyp: II) abhängig.

Im allgemeinen läßt sich aus den Werten ε_{SA} , ε_{SN} und ε_{GA} unter Berücksichtigung der Durchlässigkeiten $\sum (a \cdot l)_A$ und $\sum (a \cdot l)_N$ schon ohne Rechnung erkennen, ob Gleichung (26) oder Gleichung (27) den höheren Lüftungswärmebedarf ergibt. Anderenfalls müssen beide Gleichungen ausgewertet und danach der Maximalwert ausgewählt werden.

Für Gebäudehöhen bis 10 m werden keine Auftriebseinflüsse berücksichtigt. Ebenso wird in diesem Höhenbereich konstant die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe vorausgesetzt. Für Gebäude bis 10 m Höhe gilt daher $\varepsilon_{GA} = \varepsilon_{SA} = 1,0$ und $\varepsilon_{SN} = 0$.

Die Tabellen 11 und 12 nach DIN 4701 Teil 2*) enthalten die Höhenkorrekturfaktoren für die genannten Varianten.

5.4.1.6 Raumkennzahl

Die Raumkennzahl r ist ein Reduktionsfaktor, der die Verminderung der Gebäudedurchströmung durch Innenwiderstände (Innenwände mit Türen) berücksichtigt. Er ist – ähnlich wie die Hauskenngröße für das gesamte Gebäude – von dem Verhältnis der Durchlässigkeiten der angeströmten Außenflächen $\sum (a \cdot l)_A$ zu denen der Innentüren und eventuell Fenster auf den nicht angeblasenen Gebäudeseiten $\sum (a \cdot l)_N$ für den betrachteten Raum abhängig, durch die die Luft abströmen kann. Je geringer die Durchlässigkeit der Abströmwege im Verhältnis zu der der Einströmwege ist, desto niedriger wird die Raumkennzahl.

Wegen der großen Schwankungsbreite der Durchlässigkeiten genügt es, die Raumkennzahl grob zu staffeln.

Für den häufigsten Fall, daß die Luft nur über Innentüren abströmt, ist in DIN 4701 Teil 2*), Tabelle 13, die Raumkennzahl r in Abhängigkeit von Anzahl und Güte der Innentüren und von der auch für den übrigen Rechnungsgang (Gleichung (26) oder (27)) erforderlichen Größe $\sum (a \cdot l)_A$ in Stufen ($r = 0,7$ bzw. $r = 0,9$) angegeben. Für Räume ohne Innentüren zwischen An- und Abströmseite (z. B. Säle, Großraumbüros; durchgehende Wohnräume, Flure über Haustiefe) gilt $r = 1,0$.

5.4.1.7 Temperaturdifferenz

Für Räume, bei denen ein Einströmen der Luft direkt von außen angenommen wird, ist die gleiche Temperaturdifferenz einzusetzen wie bei der Berechnung des Transmissionswärmebedarfs von Außenflächen, für innenliegende Sanitärräume nach Maßgabe der Einströmverhältnisse (siehe Abschnitt 5.4.3).

5.4.1.8 Mindestwert des Norm-Lüftungswärmebedarfs

Für Daueraufenthaltsräume (Wohnräume, Schlafräume, Büros u. ä.) muß ein aus hygienischen Gründen erforderlicher Mindestwert für die Lüfterneuerung vorausgesetzt werden. Man geht dabei für den Mindestluftvolumenstrom zweckmäßig von einem bestimmten Vielfachen des Raumvolumens aus (Mindestluftwechsel).

Für den Mindestwert des Norm-Lüftungswärmebedarfs gilt:

$$\dot{Q}_{L \min} = \beta_{\min} \cdot V_R \cdot c \cdot \rho (\vartheta_i - \vartheta_a) \quad (28)$$

Hierin bedeuten:

$\beta_{\min}$ Mindestluftwechsel
 V_R Raumvolumen
 c spez. Wärmekapazität der Luft
 ρ Dichte der Luft

Bei Daueraufenthaltsräumen ergibt sich unter der Annahme eines 0,5fachen stündlichen Raumlüftungswechsels für den Mindestwert des Norm-Lüftungswärmebedarfs:

$$\dot{Q}_{L \min} = 0,17 \cdot V_R (\vartheta_i - \vartheta_a) \text{ in W} \quad (29)$$

mit

V_R in m^3 ,

$\vartheta_i - \vartheta_a$ in K

Bei anderen Räumen und bei Räumen, deren Raumhöhe 3 m wesentlich übersteigt, ist ein angemessener Luftwechsel festzulegen.

Für Räume in Gebäuden unter 10 m Höhe in windschwacher Gegend und normaler Lage liefert Gleichung (29) unter folgenden Voraussetzungen in der Regel höhere Werte für den Norm-Lüftungswärmebedarf als Gleichung (26) bzw. (27): Raumtiefe > 3 m, Fenster nur in einer Außenwand, keine Außentüren, Fenster mit normaler Fugenlänge ($\sum (a \cdot l)_A / V_R < 0,17 / (H \cdot r)$).

5.4.2 Lüftungswärmebedarf bei maschineller Lüftung

Bei maschineller Lüftung werden die Druckverhältnisse im Gebäude und damit die durch die Undichtigkeiten eindringenden Außenluftmengen durch die raumlufttechnischen Anlagen beeinflusst.

Hierbei sind Anlagen mit und ohne Abluftüberschuß zu unterscheiden.

5.4.2.1 Anlagen ohne Abluftüberschuß

Die erreichbaren Überdrücke bei Zuluftüberschuß sind gegenüber den auftretenden Wind- oder Auftriebsdrücken in der Regel gering. Aus diesem Grunde wird bei solchen Anlagen der Lüftungswärmebedarf in gleicher Weise ermittelt wie bei freier Lüftung (Abschnitt 5.4.1); d. h. es gilt $\Delta \dot{Q}_{RLT} = 0$.

5.4.2.2 Anlagen mit Abluftüberschuß

Hier wird außer dem Lüftungswärmebedarf bei freier Lüftung (Abschnitt 5.4.1) der Wärmebedarf berücksichtigt, der für das Aufheizen der aus der Umgebung nachströmenden Luft erforderlich ist.

Es gilt:

$$\Delta \dot{Q}_{RLT} = (\dot{V}_{AB} - \dot{V}_{ZU}) \cdot c \cdot \rho (\vartheta_i - \vartheta_U) \text{ in W} \quad (30)$$

Hierin bedeuten:

$\Delta \dot{Q}_{RLT}$ zusätzlicher Lüftungswärmebedarf für nachströmende Luft infolge maschineller Abluftanlagen

*) Ausgabe März 1983