SAMMLUNG GÖSCHEN BAND 342

Heizung und Lüftung

Von

Ingenieur Johannes Körting VDI

und

Dipl.-Ing. Werner Körting VDI

I

Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen

Achte, neubearbeitete Auflage

Mit 29 Abbildungen und 18 Zahlentafeln

Walter de Gruyter & Co.
vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung · J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.
Berlin 1951

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlagsbuchhandlung vorbehalten

Archiv-Nr. 11 03 42

Druck von Walter de Gruyter & Co., Berlin W 35
Printed in Germany

Inhalt.

Seite

I. Teil. Wärmebedarf und Wärmeerzeugung.

Abschn. 1. Grundbegriffe 4
„ 2. Grundlagen der Wärmebedarfsrechnung 8
„ 3. Ansatz von Größe und Wärmedurchgangszahlen der Umrandungen 12
„ 4. Außen- und Innentemperaturen 13
„ 5. Zuschläge zum Wärmebedarf 18
„ 6. Beispiel einer Wärmebedarfsrechnung 22
„ 7. Ausnahmen bei der Wärmebedarfsrechnung 24
„ 8. Wärmeentwicklung durch Benutzung der zu beheizenden Räume 26
„ 9. Brennstoffe und Verbrennung 27
„ 10. Heizwert und Brennstoffausnutzung 31
„ 11. Der Schornstein 34
„ 12. Rauch und Ruß 37

II. Teil. Die Luft und ihre Beschaffenheit.

Abschn. 13. Allgemeines, Zusammensetzung der Luft 38
„ 14. Luftverschlechterung durch Kohlensäure 40
„ 15. Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen 42
„ 16. Gebräuchliche Luftmengen 45
„ 17. Staubgehalt der Luft 46

III. Teil. Die Heizung.

Abschn. 18. Allgemeines 47
„ 19. Einzel- oder Ofenheizung 49
„ 20. Wahl des Ofens 52
„ 21. Zentralheizung 53
„ 22. Feuerluftheizung 57
„ 23. Kraftluftheizungen 60
„ 24. Warmwasserheizung 62
„ 25. Strahlungsheizung 65
„ 26. Ausführung der Warmwasserheizungen 67
„ 27. Planung einer Warmwasserheizung 72
„ 28. Berechnung der Rohrleitungen von Warmwasserheizungen 75
„ 29. Erhöhung des Arbeitsdruckes in Warmwasserheizungen 86
„ 30. Temperaturen in Warmwasserheizungen 88
„ 31. Dampfheizung 91
„ 32. Hochdruckdampfheizung 92
„ 33. Berechnung der Hochdruckdampfleitung 93
„ 34. Niederdruckdampfheizung 97
„ 35. Berechnung der Niederdruckdampfheizungen 102
„ 36. Abwärmeheizung 106
„ 37. Warmwasserversorgung 108

IV. Teil. Die Lüftung.

Abschn. 38. Allgemeines 113
„ 39. Natürliche Lüftung 117
„ 40. Künstliche Lüftung 119
„ 41. Künstliche Lüftung mit Kraftbetrieb 122
„ 42. Berechnung der Lüftungskanäle 126
„ 43. Berechnung der Lüftungsanlagen mit Kraftbetrieb 134

Schrifttum des Heizungs- und Lüftungsfaches 138
Sachverzeichnis 139

I. Teil.

Wärmebedarf und Wärmeerzeugung.

Abschnitt 1. Grundbegriffe.

Das gesetzliche Maß des Wärmegrades oder der Temperatur ist die hundertteilige thermodynamische Skala; diese ist der Celsiusskala praktisch gleich. Ihre Festpunkte liegen beim Gefrierpunkt (0°) und beim Siedepunkt des Wassers (100°) bei einem Druck von 760 mm Quecksilbersäule (QS). Tiefere Temperaturen als der Gefrierpunkt heißen „Kältegrade" und erhalten das Vorzeichen —, höhere „Wärmegrade" das Vorzeichen +.

Alle im folgenden vorkommenden Temperaturangaben beziehen sich auf die Celsiusskala (° oder °C).

Zur Messung der Wärmemengen dient die gesetzliche Wärmeeinheit (Normblatt DIN 1309) oder Kilogrammkalorie (kcal), d. i. die Wärmemenge, durch die 1 kg Wasser bei einem Druck von 760 mm QS, von 14,5° auf 15,5° erwärmt wird. Diese Wärmemenge ist für den Temperaturbereich von 0° bis 100° annähernd gleich, so daß also Wasser von 100° rd. 100° kcal enthält. Soll aus warmem Wasser von 100° Dampf von der gleichen Temperatur entstehen, so ist dazu ein weiterer, nicht fühlbarer Wärmeaufwand, die (latente) Verdampfungswärme von 539,4 kcal für 1 kg Wasser erforderlich. Die Gesamtwärme, um Wasser von 0° in Dampf von 100° zu überführen, beträgt daher rd. 640 kcal.

Die Maßeinheit für die Messung des Druckes von Flüssigkeiten oder Gasen ist der atmosphärische Druck, kurz „Atmosphäre" genannt. Dieser lastet in Meereshöhe mit dem mittleren Druck einer 10,33 m hohen Wasser-

säule, gleich einer 760 mm hohen Quecksilbersäule, auf der Erdoberfläche.

Als Einheit benutzt man die dieser Druckhöhe nahekommende Wassersäule von 10 m = 735,5 mm Quecksilbersäule und nennt den entsprechenden Druck eine technische Atmosphäre (at), und zwar, da sie auf den luftleeren Raum bezogen ist, 1 at absolut (1 ata). Da nun alles auf der Erde von diesem absoluten Atmosphärendruck erfüllt ist, wird dieser nicht fühlbar. Man betrachtet ihn daher im praktischen Leben als Nullpunkt und nennt geringere Drücke Unterdruck bis zur Luftleere (Vacuum), höhere Überdruck (atü). 1 atü entspricht daher einem Druck von 2 ata.

Da eine Wassersäule von 10 m Höhe und 1 cm^2 Querschnitt 1 kg wiegt, ist 1 atü = 1 kg auf den cm^2 (1 kg/cm^2)
1 m WS = 0,1 atü
1 mm WS = 0,0001 atü = 1 kg/m^2.

Der Siedepunkt des Wassers liegt bei einem Druck über 1 ata höher, bei geringerem tiefer als 100°. Dementsprechend steigt und sinkt auch die in 1 kg Dampf enthaltene Gesamtwärme, während die Verdampfungswärme bei steigendem Druck sinkt.

Die zur Erwärmung von 1 kg eines Stoffes um 1° erforderliche Wärme ist seine spezifische Wärme. Sie beträgt für Luft 0,237 kcal. Da 1 m^3 Luft von 0° das Gewicht von 1,29 kg hat, so ist der Wärmebedarf, um die Temperatur von 1 m^3 Luft um 1° zu erhöhen, rd. 0,31 kcal.

Alle Körper dehnen sich bei Erwärmung aus; Wasser bildet dabei eine Ausnahme, da es sich von 0 bis + 4° zunächst zusammenzieht und erst darüber hinaus ausdehnt. Luft dehnt sich bei Erwärmung um 1° um $^1/_{273}$ = rd. 0,0037 ihres Raumes aus. Der Wärmebedarf für 1 m^3 Luft nimmt also bei steigender Temperatur ab, da ihre Dichte geringer wird.

Aus allen diesen Beziehungen sind nachstehende Zahlentafeln, die in den folgenden Abschnitten verwendet werden, abgeleitet worden.

Zahlentafel 1.

Siedetemperaturen, Wärmemengen, Rauminhalt und Gewichte von Wasserdampf bei verschiedenen Drücken.

ata	Druck atü (unter 1 atü als Luftleere)	Druck m WS bezogen auf 1 atü als Nullp.	Siedetemperatur °C	Gesamtwärmemenge von 1 kg Dampf kcal	Verdampfungswärmemenge von 1 kg Dampf kcal	1 m³ Dampf wiegt kg	1 kg Dampf = m³
0,1	—0,9		45,4	615,9	570,5	0,067	14,96
0,2	—0,8		59,7	622,3	562,7	0,128	7,80
0,3	—0,7		68,7	626,3	557,6	0,188	5,33
0,4	—0,6		75,4	629,2	553,8	0,246	4,07
0,5	—0,5		80,9	631,5	550,6	0,303	3,30
0,6	—0,4		85,5	633,4	548,0	0,359	2,76
0,7	—0,3		89,5	635,1	545,6	0,415	2,41
0,8	—0,2		93,0	636,5	543,6	0,470	2,13
0,9	—0,1		96,2	637,8	541,7	0,527	1,91
1,0	0	0	99,1	639,0	539,9	0,580	1,73
1,1	0,1	1	101,8	640,1	538,3	0,633	1,58
1,2	0,2	2	104,2	641,1	536,7	0,687	1,46
1,3	0,3	3	106,6	642,0	535,3	0,740	1,35
1,4	0,4	4	108,7	642,8	533,9	0,793	1,26
1,5	0,5	5	110,8	643,6	532,7	0,846	1,18
1,6	0,6	6	112,7	644,3	531,4	0,898	1,11
1,8	0,8	8	116,3	645,7	529,1	1,003	0,99
2,0	1,0	10	119,6	646,9	527,0	1,107	0,90
3,0	2,0	20	132,9	651,6	518,1	1,618	0,62
4,0	3,0	30	142,9	654,9	511,1	2,120	0,47
5,0	4,0	40	151,1	657,3	505,2	2,614	0,38
6,0	5,0	50	158,1	659,3	499,9	3,104	0,32
7,0	6,0	60	164,2	660,9	495,2	3,591	0,28
8,0	7,0	70	169,6	662,3	490,9	4,075	0,24
9,0	8,0	80	174,5	663,4	486,8	4,556	0,22
10,0	9,0	90	179,0	664,4	483,1	5,01	0,20
12,0	11,0	110	187,1	665,9	476,1	6,00	0,17
14,0	13,0	130	194,1	667,0	469,7	6,95	0,14
16,0	15,0	150	200,4	667,8	463,8	7,91	0,13
18,0	17,0	170	206,2	668,3	458,2	8,87	0,11
20,0	19,0	190	211,4	668,7	452,9	9,83	0,10

Zahlentafel 2.

Ausdehnung und Gewicht von Wasser bei verschiedenen Temperaturen.

Temperatur in ° C	Rauminhalt in 1 l	Gewicht kg	Temperatur in ° C	Rauminhalt in 1	Gewicht kg
	bezogen auf 1 l Wasser von 4°			bezogen auf 1 l Wasser von 4°	
4	1,000000	1,000000	80	1,0290	0,9718
10	1,00027	0,99973	90	1,0359	0,9653
20	1,00177	0,99823	100	1,0434	0,9584
30	1,00435	0,99567	120	1,0600	0,9435
40	1,00782	0,99224	140	1,0795	0,9263
50	1,0121	0,9881	160	1,1018	0,9076
60	1,0171	0,9832	180	1,1279	0,8866
70	1,0227	0,9778	200	1,1590	0,8628

Gewicht und Rauminhalt der Luft bei verschiedenen Temperaturen bezogen auf 1 m³ Luft bei 0°.

Temperatur °C	Gewicht von 1 m³ Luft bei 760 mm Barometerstand kg	Rauminhalt der Luft bei t° $1 + 0{,}0037\,t$ m³	Dichtigkeit der Luft bei t° $\frac{1}{1 + 0{,}0037\,t}$	Temperatur °C	Gewicht	Rauminhalt	Dichtigkeit
—25	1,424	0,908	1,101	+ 26	1,181	1,095	0,913
—20	1,396	0,927	1,097	+ 28	1,173	1,103	0,907
—15	1,368	0,945	1,058	+ 30	1,165	1,110	0,901
—10	1,342	0,963	1,038	+ 35	1,146	1,128	0,886
— 5	1,317	0,982	1,019	+ 40	1,128	1,147	0,872
0	1,293	1,000	1,000	+ 45	1,110	1,165	0,858
+ 5	1,270	1,018	0,982	+ 50	1,093	1,183	0,845
+10	1,247	1,037	0,965	+ 55	1,076	1,202	0,832
+12	1,239	1,044	0,958	+ 60	1,060	1,220	0,820
+14	1,230	1,050	0,951	+ 65	1,044	1,238	0,808
+16	1,222	1,059	0,945	+ 70	1,029	1,257	0,796
+18	1,213	1,066	0,939	+ 75	1,014	1,275	0,784
+20	1,205	1,073	0,932	+ 80	1,000	1,293	0,773
+22	1,197	1,081	0,925	+ 90	0,973	1,330	0,752
+24	1,189	1,088	0,919	+100	0,947	1,367	0,732

Abschnitt 2. Grundlagen der Wärmebedarfsrechnung.

Die Grundlage der Heizungstechnik bildet die Berechnung des Wärmebedarfs der zu erwärmenden Räume. Die Zeit, in der man gefühlsmäßig, etwa nach Rauminhalt und Lage der Räume, die Wärmequellen aussuchte, ist vorüber. Griff man z. B. bei diesem Verfahren mit der Wahl eines Ofens daneben, so begnügte man sich mit der Erklärung, der Raum heize sich schlecht, und suchte den Mangel durch übermäßiges Heizen zu beheben.

Heute sind die Ansprüche an die Heizung größer geworden. Übermäßiges Heizen bedeutet Brennstoffverschwendung und hat andere Nachteile. Bei einer Zentralheizung versagt dieses Mittel überhaupt, da sich die Leistung eines Heizkörpers nicht über ein festliegendes Höchstmaß steigern läßt. Deshalb verwirft die Heizungstechnik jegliche Überschlagsrechnung, sondern verlangt die genaue Berechnung des Wärmebedarfs eines jeden zu beheizenden Raumes.

Der Wärmebedarf eines Raumes setzt sich aus den Wärmemengen zusammen, die zur Erwärmung der Raumluft und der in dem Raum befindlichen Einrichtungsgegenstände, sowie zur Deckung der Wärmeverluste, die durch die Umwandungen (Wände, Böden, Fenster und Türen) verloren gehen, erforderlich sind.

Die zur Erwärmung der Luft aufzuwendende Wärmemenge läßt sich leicht berechnen. 1 m^3 Luft erfordert (vgl. S. 5) zur Temperaturerhöhung um 1^0 C rd. 0,31 kcal. Die zur Erwärmung der Einrichtungsgegenstände benötigte Wärmemenge entzieht sich jeder Berechnung, zumal im allgemeinen zur Zeit des Entwurfs einer Heizungsanlage noch nicht feststeht, welche Einrichtung der betreffende Raum erhält.

Für die Wärmemenge, die von den Umwandungen des Raumes aufgenommen wird, ist ihre Beschaffenheit und spezifische Wärme maßgebend. Bis auf einige Ausnahmen, die später behandelt werden, genügt aber die Kenntnis dieser

Wärmemenge nicht, da die Umwandungen Wärme an die Umgebung abgeben, die dauernd verloren geht. Man legt deshalb diese als den wichtigsten Teil des gesamten Wärmebedarfs der Wärmebedarfsberechnung zugrunde. Dabei geht man vom Beharrungszustand, also nach Erreichen der gewünschten Raumtemperatur, aus und macht für die Zeit des Anwärmens der Räume auf den gesamten, durch die Ausstrahlung der Umwandungen eintretenden Wärmeverlust geeignete Zuschläge, deren Höhe sich nach der Anheizzeit richtet.

Bekanntlich sind Fenster und Türen niemals so dicht, daß nicht durch ihre Undichtigkeiten ein Luftwechsel im Raume entsteht. Trotzdem berücksichtigt man den Wärmeaufwand zur Erwärmung der Raumluft bei Aufstellung der Wärmebedarfsberechnung nicht, sofern nicht durch eine Lüftungsanlage ein künstlicher Luftwechsel geschaffen wird. Die Anwesenheit zahlreicher Menschen und in Fabrikräumen die in diesen arbeitenden Maschinen kann die Heizung wesentlich beeinflussen. In solchen Fällen ist häufig sogar künstliche Kühlung erforderlich.

Das Normblatt DIN 4701

„Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden“[1])

enthält die Grundlagen zur Aufstellung einer Wärmebedarfsrechnung.

Gegenüber den früher vom Verband der Zentralheizungsindustrie aufgestellten „Regeln“ wurden Änderungen und Ergänzungen vorgenommen, durch die auch die Rechenarbeit vereinfacht wird. Die früher darin enthaltenen Regeln für die Berechnung der Kesselgrößen und Heizkörpergrößen sind jetzt in die Normblätter DIN 4702 und 4703 übernommen.

Der Wärmebedarf ist eine reine Gebäudeeigenschaft, die mit der Heizungsanlage selbst nichts zu tun hat. Diese hat lediglich die benötigte Wärme aufzubringen, während die Höhe des Wärmebedarfs von der Lage, sowie von der Be-

[1]) Beuth-Vertrieb Berlin W 15, Uhlandstraße 15 und Köln.

schaffenheit und Bauausführung des Gebäudes maßgeblich beeinflußt wird. Durch gute und sorgfältige Bauausführung kann der Wärmebedarf und damit der spätere Brennstoffverbrauch der Heizungsanlage erheblich im günstigen Sinne beeinflußt werden. Es ist daher unerläßlich, daß der Heizungsfachmann bereits beim Entwurf eines Gebäudes zugezogen wird — nicht nur, damit die Heizungsanlage in gutem Einklang mit dem zu errichtenden Gebäude steht, sondern auch, damit die Wirtschaftlichkeit möglichst günstig wird.

Zur Erzielung eines hinreichenden Wärmeschutzes sollen die Außenwände keinen größeren Wärmeverlust als den einer 38 cm starken Ziegelwand (=$1^1/_2$ Stein), beiderseits verputzt (Wärmedurchgangszahl $k = 1{,}34$ kcal/m²h°C) aufweisen. In kälteren Gegenden geht man sogar auf den Wärmeverlust einer zwei Stein starken Wand herauf. Bei den heute vielfach vorkommenden Leicht- und Behelfsbauweisen muß daher der Wärmeverlust durch Verwendung geeigneter Dämmstoffe auf die obigen Werte herabgesetzt werden.

Auf die Ausführung der Fenster und Türen ist ganz besonders zu achten, da ihre Wärmeverluste bei unzureichender und sorgloser Ausführung ein Vielfaches derjenigen massiver Wände erreichen.

Einfachfenster sind auch für Nebenräume grundsätzlich zu verwerfen.

Die „Regeln DIN 4701“ unterscheiden sich in der Berechnung des Wärmebedarfs zwischen „normalen“ und „Sonderfällen“. Als normale Fälle gelten Räume, welche folgende Bedingungen erfüllen:

1. Übliche Bauausführung, also weder außergewöhnlich schwere, noch außergewöhnlich leichte Bauausführung.
2. Durchgehende Beheizung oder periodische Beheizung mit keinen größeren täglichen Unterbrechungen als vierzehn Stunden.
3. Kein außergewöhnlich starker Windangriff.

4. Lichte Höhe nicht mehr als zwei Geschoßhöhen, also etwa 8 m.

Unter die normalen Fälle fallen im allgemeinen:

Wohngebäude und Bürogebäude aller Art,
Gaststätten, Hotelgebäude einschließlich der Säle üblicher Größe,
Krankenhäuser,
Schulen und Hörsäle, Turnhallen,
Werkstätten im Geschoßbau bei guter Bauausführung.

Damit dürften 80—90% aller vorkommenden Fälle erfaßt sein. Für die Sonderfälle, die im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt werden können, muß auf die Ausführungen S. 34—36 der Regeln DIN 4701 und das Fachschrifttum verwiesen werden.

Die Ermittlung des Wärmebedarfes eines Raumes erfolgt nach DIN 4701 durch Berechnung des stündlichen Wärmeverlustes q_0 aller Umwandungsteile (Wände, Böden, Decken, Türen und Fenster). Die Summe der Einzelverluste ist der „zuschlagsfreie Gesamtwärmeverlust" des Q_0 Raumes.

Durch Zuschläge z_U für Unterbrechung der Beheizung, z_A für Ausgleich der kalten Außenflächen, z_W für Windangriff und z_H für Himmelsrichtung auf den zuschlagsfreien Wärmeverlust wird der Gesamtwärmebedarf Q_h ermittelt.

Die grundlegende Gleichung zur Ermittlung des Wärmebedarfs eines einzelnen Umwandungsteiles lautet

$$q_0 = Fk(t_i - t_a) \qquad (1)$$

Hierin ist

q_0 der stündliche Wärmeverlust der Umwandung in kcal.,
F ihre Gesamtfläche in m²,
k die Wärmedurchgangszahl der Umwandung für 1 m², 1° Temperaturunterschied und 1 Stunde (h) in kcal.,
t_i die gewünschte Innentemperatur in °C ,
t_a die der Berechnung zugrunde gelegte Außentemperatur.

Zur Aufstellung der Wärmebedarfsberechnung müssen daher bekannt sein:

1. Grundriß und Schnitte des Gebäudes,
2. Bauweise der Umwandungen, also auch der Außentüren, Fenster u. a.,
3. Himmelsrichtung, sowie freie oder geschützte Lage,
4. Verwendungszweck der einzelnen Räume.

Die folgenden Abschnitte bringen Hinweise auf die der Berechnung zugrunde zu legenden Annahmen.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß der Heizungsfachmann Überschlagsrechnungen für den Wärmebedarf, d. h. Annahmen nach der Raumgröße oder nach Erfahrungswerten, grundsätzlich ablehnt. In Streitfällen kann sich der Heizungsfachmann nur auf die Richtigkeit seiner Berechnung berufen, wenn er die „Regeln" DIN 4701 ordnungsgemäß benutzt hat.

Die Wärmebedarfsberechnung bildet natürlich auch für die Beheizung mit Einzelöfen die gesicherte Grundlage. Muß man aber schnell den Wärmebedarf überschlagen, so kann man annehmen, daß für einen Kubikmeter Rauminhalt bei Dauerheizung

für Eckräume 60—70 kcal/m³,
für ungeschützt liegende Räume 40—50 kcal/m³,
für geschützt liegende Räume 30—40 kcal/m³,
für Treppenhäuser, Flure u. a. 15—25 kcal/m³ nötig sind.

Abschnitt 3. Ansatz von Größe und Wärmedurchgangszahlen der Umwandungen.

Die Größe der für die Ermittlung des Wärmebedarfes anzusetzenden Flächen ist den Bauzeichnungen zu entnehmen, und zwar werden für Länge und Breite die Innenmaße, für die Höhe die Stockwerkshöhe von Fußbodenoberkante bis Fußbodenoberkante angesetzt. Bei den Wänden werden von der Gesamtfläche die Fenster- und Türöffnungen in der vollen Größe der in der Wand vorhandenen Öffnung (Leibung) abgesetzt. Der Wärmeverlust von Türen und Fenstern wird dementsprechend mit den gleichen Flächen gesondert berechnet.

Für die Genauigkeit der Rechnung genügt ein Ansatz in

m und m^2 mit einer Stelle hinter dem Komma (Dezimeter). Die berechneten Wärmebedarfsmengen sind ohne Dezimalstellen anzusetzen und bei der Addition auf volle Zehner abzurunden.

Die Wärmebedarfszahl k, d. h. diejenige Wärmemenge, die stündlich durch 1 m² der Fläche bei einem Temperaturunterschied von 1° C hindurchgeht, ist für die meisten vorkommenden Bauarten aus den Regeln DIN 4701, Zahlentafel 3 bis 6, zu entnehmen. Für nicht aufgeführte Bauarten kann mit Hilfe der Zahlentafeln 7—9 und der „Anweisung über die Berechnung der Wärmedurchgangszahlen bei Bauweisen, die in vorstehenden Zahlentafeln nicht aufgeführt sind" (S. 33 der Regeln) die Wärmedurchgangszahl ermittelt werden.

Zahlentafel 3 gibt im Auszug eine Zusammenstellung der wichtigsten Wärmedurchgangszahlen k.

Abschnitt 4. Außen- und Innentemperaturen.

Bei der Annahme der Außentemperaturen für die Berechnung der Wärmeverluste ist es nicht nötig, von den in der betreffenden Gegend vorkommenden tiefsten Kältegraden auszugehen, da diese nur an wenigen Tagen und meist nur stundenweise vorzukommen pflegen und sich wegen der in den Gebäuden aufgespeicherten Wärmemengen auf deren Inneres nur beschränkt auswirken. Daher geht man bei der Annahme der Außentemperatur von den während längerer Zeiträume beobachteten mittleren Kältegraden aus.

Angaben über die mittleren Kältegrade sind für eine große Zahl deutscher Orte und für die angrenzenden Länder, die für deutsche Heizungsunternehmungen Bedeutung haben können, in den Regeln DIN 4701 (Zahlentafel 1a) zusammengestellt. Nach diesen Angaben sind in einer Abstufung von 3 zu 3° die Außentemperaturen festgelegt, die der Wärmebedarfsrechnung zugrunde zu legen sind. Auf diese Zusam-

in kcal für 1 h, 1° C Temperaturunterschied und 1 m² Fläche

Wände aus vollem Gestein	Wandstärke des Mauerwerks in cm ohne Putz						
	12	25	38	51	64	77	90
Ziegelstein MZ 150 (Reichsformat) DIN 105							
einseitig verputzt, Außenwand	2,6	1,8	1,38	1,11	0,93	0,80	0,70
beiderseits „ „	2,5	1,7	1,34	1,09	0,91	0,79	0,69
„ „ Innenwand	1,9	1,33	1,04	0,85	0,71	0,62	0,55
Schlackenstein DIN 400, Hüttenstein DIN 398							
beiderseits verputzt, Außenwand	2,3	1,5	1,15	0,92	0,76	0,66	0,58
„ „ Innenwand	1,9	1,33	1,04	0,85	0,71	0,62	0,55
Bimsbetonsteine, DIN 1059 Schwemmstein DIN 399							
beiderseits verputzt, Außenwand	2,0	1,25	0,93	0,73	0,60	—	—
„ „ Innenwand	1,7	1,12	0,85	0,68	0,57	—	—
Kalksandsteine DIN 106							
einseitig verputzt, Außenwand	2,9	2,0	1,6	1,27	1,08	0,93	0,82
beiderseits „ „	2,7	1,9	1,5	1,23	1,05	1,05	0,81
„ „ Innenwand	2,1	1,6	1,24	1,03	0,89	0,78	0,69
Porige Gesteine: Sandstein, weicher oder sandiger Kalkstein							
einseitig verputzt, Außenwand	2,4	2,0	1,8	1,6	1,45	1,33	1,22
beiderseitig „ „	2,3	2,0	1,8	1,6	1,41	1,30	1,19
Dichte Gesteine: Dolamitkalkstein, Marmor, Granit, Basalt							
einseitig verputzt, Außenwand	2,9	2,6	2,4	2,2	2,0	1,9	1,7
beiderseits „ „	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,7
Ziegelstein mit unter Putz an der Innenseite verlegter 3 cm Kork- oder Torfplatte	0,87	0,78	0,67	0,60	0,54	0,50	0,46

Kiesbeton cm	5	10	15	20	30	40	50
unverputzt, Außenwand	4,2	3,6	3,1	2,7	2,2	1,8	1,6
beiderseitig verputzt, Außenwand	3,5	3,0	2,7	2,4	2,0	1,7	1,44
Stahlbeton							
unverputzt, Außenwand	4,4	3,8	3,3	2,9	2,4	2,0	1,7
beiderseitig verputzt Außenwand	3,6	3,2	2,8	2,5	2,1	1,8	1,6

Holzwände	Wanddicke des Holzes in cm						
	2	3	4	5	7	10	15
Holzbohlen unverputzt, Außenwand	3,3	2,8	2,4	2,1	1,7	1,34	0,97
„ „ Innenwand	2,2	1,9	1,6	1,44	1,16	0,90	0,65
mit Innenputz, Außenwand	2,9	2,5	2,2	1,9	1,6	1,26	0,93
„ 3 cm Isolierplatte Außenwand	0,95	0,90	0,86	0,82	0,75	0,67	0,56
„ einer Luftschicht, 10 cm, Außenwand	—	—	1,49	1,37	1,15	0,93	0,58

Verschiedene Wände

Holzfachwerk 14 cmmit Ziegelstein ausgemauert innen verputzt, etwa 15% Holzquerschnitt	2,5
Schlackenbetonhohlsteinwand 25 cm stark, beiderseits verputzt	
mit einem Luftraum	1,5
mit zwei Lufträumen	1,40
Stahlfachwerk mit Ziegelsteinen ausgemauert 12 cm, ohne Putz	3,0
Wellblechwände	10,0

Auszug aus DIN 4701.

Dächer

Einfach, unverschalt, Ziegel, Well-, Zink- od. Kupferblech auf Latten ohne Fugendichtung	10,0
Ziegel auf Latten m. gedicht. Fugen	5,0
Glas mit gedichteten Fugen Glasstärke 3—5 mm	5,0
Einfache dichte Schalung auf Sparrenoberseite v. 2,5 cm Stärke mit Dachpappe, Zink- od. Kupferbl.	2,1
dgl. mit Ziegeln oder Wellblech ohne Fugendichtung	2,4
dgl. mit doppelter Dachpappe	2,0
Dichte Schalung 2,5 cm stark außerhalb, 1,8 cm starke Schalung mit Putz innerh. d. Sparren. Dachpappe-, Blech-, Ziegel- od. Schief.-Belag	1,20
dgl. innere Schalung aus 3 cm Gipsdielen	1,25
dgl. inn. Schalung aus 3 cm Kork- od. Torfplatte	0,68
Eisenbeton 5 cm mit Dachpappe	3,7
dgl. 10 cm mit Dachpappe	3,2
Schlackenbetonplatten 4 cm mit Dachpappe	3,0
7 cm „ „	2,60

Decken und Fußböden	Wenn der darüberliegende Raum kälter ist	Wenn der darüberliegende Raum wärmer ist
Balkenlage m. dichter Holzdielung von 2,5 cm Brettstärke	2,1	1,7
3,5 cm „	1,8	1,45
dgl. mit 3,5 cm Diele und Lehmwickel od. Sandschüttung 10 cm zw. den Balken	0,96	0,83
dgl. mit 10 cm Schlackenschüttung	0,68	0,61
dgl. unt. geputzt m. Hohlraum zwisch. d. Balken	1,22	1,04
dgl. im Hohlraum 10 cm Sandschüttung	0,77	0,67
Holzfußboden auf Erdreich hohl verlegt mit 3,5 cm Diele		1,1
dgl. in Asphalt verlegt		1,5
Eisenbetondecke, ohne Belag 10 cm stark	2,8	2,1
dgl. mit Linoleumbelag	2,6	2,0
dgl. ohne Belag 20 cm st.	2,2	1,8
dgl. mit Linoleumbelag	2,1	1,7
dgl. mit 3,5 cm Diele auf Lagerhölzern m. 10 cm Hohlraum	1,18	1,01
dgl. Hohlraum m. Kohlenschlacke gefüllt	0,78	0,71

Türen und Fenster

Türen Außentür, Holz	3,5
„ Eisen	6,5
Balkontür, Holz m. Glasfüllg. einf.	5,0
„ „ „ „ doppelt	2,5
Innentür	2,5
Außenfenster	
Holz Einfachfenster	6,0
Verbundfenster	3,0
Doppelfenster	2,8
Eisen und Stahl Einfachfenster	6,5
Verbundfenster	3,8
Doppelfenster	3,3
Oberlicht — einfach	6,5
„ — doppelt	3,0
Große Schaufenster, Hallenwände	6,5
„ „ bei starkem Windanfall	7,5
Fenster aus Glashohlsteinen	2,5
Innenfenster	
Gegen Nebenraum, einfach	3,0
„ „ doppelt	2,0
Gegen Dachraum, einfach	3,5
„ „ doppelt	2,0

menstellung der Außentemperaturen in den Regeln DIN 4701 muß besonders hingewiesen werden, da in allen Gegenden Ausnahmen von den sonst allgemein herrschenden Temperaturen vorkommen.

Auch über die Raumtemperaturen enthalten die Regeln DIN 4701 ausführliche Angaben. Sie sind anzunehmen, wenn nicht andere Vorschriften gemacht werden. Diese sind stets sorgfältig zu prüfen, da es vorkommen kann, daß der Verwendungszweck der Räume wechselt und zu kleine Heizkörper durch größere ersetzt werden müssen, was häufig Schwierigkeiten macht.

Die Regeln DIN 4701 geben in Zahlentafel 1b die anzusetzenden Raumtemperaturen. Gegenüber den früheren Ausgaben wurden Angaben für Krankenhäuser usw. fortgelassen. Sie seien jedoch nachstehend als Anhalt mit aufgeführt:

Zahlentafel 4.

Raumtemperaturen.

a) Raumtemperaturen nach DIN 4701:

	°C
1. Wohnhäuser:	
Wohnräume, Badezimmer, Küchen	+ 20
Vorräume, Flure, Aborte	+ 15
Treppenhäuser	+ 10
2. Geschäfts- und Verwaltungsgebäude:	
Geschäfts- und Büroräume, Gaststätten, Hotelzimmer, Läden	+ 20
Flure, Treppenhäuser	+ 20
Aborte	+ 15
3. Schulen:	
Klassenzimmer, Hörsäle, Aulen, Amtsräume	+ 20
Wasch- und Baderäume, Treppenhäuser	+ 20
Sammlungsräume, Aborte	+ 15

b) Raumtemperaturen für sonstige Räume (früher in den Regeln enthalten):

Krankenhäuser:	
Kranken- und Baderäume	+ 22°
Operationsräume	+ 25° bis 35°