

Heizungen

Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden

DIN
4701

Inhalt	Seite
Vorwort	2
1. Einleitung	
1.1 Geltungsbereich	2
1.2 Wärmebedarf und Wärmeverbrauch	2
1.3 Temperaturgleichmäßigkeit in zentralbeheizten Gebäuden	2
1.4 Dichtigkeit der Fenster und Außentüren	3
1.5 Neuerungen bei den Zahlenwerten und beim Berechnungsverfahren gegenüber der früheren Ausgabe	3
2. Berechnung des Wärmebedarfs (für normale Fälle)	
2.1 Aufbau der Berechnung	3
2.2 Transmissions-Wärmebedarf	4
2.21 Transmissions-Wärmeverlust	4
2.22 Zuschläge z_U , z_A und z_H	4
2.3 Lüftungs-Wärmebedarf	5
2.31 Durchlässigkeit der Fenster und Türen $\Sigma (al)$	5
2.32 Raumkenngroße R	5
2.33 Hauskenngroße H	6
2.34 Temperaturdifferenz $(t_i - t_a)$	6
2.35 Eckfensterzuschlagsfaktor Z_E	6
2.4 Durchführung der Berechnung	6
2.5 Unterlagen für die Berechnung	7
2.6 Beispiel einer Wärmebedarfsberechnung	7
3. Zahlenwerte für die Berechnung	
Tabelle 1a. Tiefste Außentemperaturen	12
Klimazonen-Karte	13
Tabelle 1b	
und 1c. Raumtemperaturen	15
Tabelle 2a.	
und 2b. Zuschläge	15
Tabelle 3. Wärmedurchgangszahlen k für Fenster und Türen	16
Tabelle 4a. Fugendurchlässigkeit	16
Tabelle 4b. Verhältnis Fugenlänge zu Fenster- bzw. Türfläche	16
Tabelle 4c. Raumkenngroße R	17
Tabelle 4d. Hauskenngroße H	17
Wärmedurchgangszahlen. Vorbemerkung zu den k -Tabellen	17
Tabellen 5 Wärmedurchgangszahlen k für Mauerwerk, Innen- bis 12. wände, Decken und Dächer	18 bis 25
4. Berechnung der Wärmedurchgangszahlen für nicht in der Norm aufgeführte Bauarten	
4.1 Grundbegriffe, Formeln und Rechenwerte	25
Tabelle 13. Wärmeübergangszahlen	25
Tabelle 14. Wärmeleitzahlen von Bau- und Dämmstoffen, Rechenwerte	26
Tabelle 15. Wärmedurchlaßwiderstände von Luftschichten	28
4.2 Beispiel einer k -Zahl-Berechnung	28
5. Anhang: Hinweise für die Berechnung besonderer Fälle	
5.1 Wärmebedarf selten beheizter Gebäude	28
5.2 Wärmebedarf bei sehr schwerer und sehr leichter Bauart	30
5.3 Wärmeverluste großer an das Erdreich angrenzender Flächen	30
5.4 Wärmebedarf von Hallen und ähnlichen großen Räumen über 8 m Höhe	31
5.5 Windeinfluß bei Hochhäusern	31
5.6 Temperaturen unbeheizter Nebenräume	32

Fortsetzung Seite 2 bis 32

Fachnormenausschuß Heizung und Lüftung im Deutschen Normenausschuß (DNA)



Documents

Document Sharing Hub

Vorwort

In der vorliegenden Ausgabe der Regeln DIN 4701 ist die schon im Jahre 1944 begonnene Umstellung des Berechnungsverfahrens für den Wärmebedarf von Gebäuden fortgeführt worden.

Die Ausgabe 1944 trug den physikalischen Gesetzmäßigkeiten weitergehend Rechnung als die vorhergehenden Ausgaben, deren Stütze, je weiter man in der Zeit zurückgeht, immer stärker in der Empirie zu suchen ist. Es war damals jedoch noch nicht möglich, die neuesten Erkenntnisse über das tatsächliche Verhalten von Baustoffen unter Berücksichtigung des bleibenden Feuchtigkeitsgehaltes bei der Festsetzung der Wärmeleitzahlen und damit der Wärmedurchgangszahlen der Baustoffe zu berücksichtigen. In dieser Ausgabe ist das geschehen. Ferner wurden die in den letzten Jahren entwickelten Bauweisen für Wände, Decken und Dächer in ihren k -Werten bestimmt und die Norm damit dem jetzigen Stand der Bautechnik angeglichen. Durch diese Änderungen wird eine ziemlich weitgehende Übereinstimmung mit der in der Zwischenzeit als Richtlinie für die Bauaufsicht eingeführten Norm DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ hergestellt. Dagegen konnte bei der Einteilung der Klimazonen I, II und III keine restlose Übereinstimmung erzielt werden, weil bei der Festsetzung der Wärmedämmgebiete in DIN 4108 die Bauepflogeneheiten in den verschiedenen Gegenden mit berücksichtigt wurden, während für die Auslegung von Heizungen allein klimatische Bedingungen maßgebend sind.

Eine wesentliche Änderung des Berechnungsverfahrens liegt in der getrennten Berechnung des Lüftungswärmebedarfs der Gebäude infolge Windanfalls vor, der bisher in sogenannten Windzuschlägen berücksichtigt worden war. So konnte auch in diesem Punkt die Berechnung auf physikalische Gesetzmäßigkeiten zurückgeführt werden.

Die Wärmedurchgangszahlen für Fenster und Türen und das gesamte übrige Tabellenwerk wurden eingehend überprüft und soweit notwendig geändert und ergänzt.

Im ganzen wurde die Einteilung der Norm beibehalten. Für „normale“ Fälle ist das Berechnungsverfahren eindeutig klar gestellt. Für die Behandlung von „besonderen Fällen“ sind Anweisungen und Berechnungsrichtlinien im Anhang angegeben. Durch die getrennte Ermittlung von Transmissions- und Lüftungswärmebedarf kann jetzt aber ein wesentlich größerer Teil aller praktisch vorkommenden Fälle unter die „normalen“ Fälle eingeordnet werden. Die vorliegende endgültige Fassung von DIN 4701 wurde von dem Arbeitsausschuß Wärmebedarfsberechnung im Fachnormenausschuß Heizung und Lüftung des Deutschen Normenausschusses erarbeitet. Im Arbeitsausschuß waren folgende Organisationen, Behörden und wissenschaftliche Institute vertreten:

1. Baubehörden der Länder Bayern, Hessen und Nordrhein-Westfalen
2. Fachgemeinschaft der Hersteller von gußeisernen Kesseln und gußeisernen Radiatoren, Wetzlar
3. Forschungsbau Tutzing (Dr.-Ing. Cammerer)
4. Hochschule für Architektur, Weimar
5. Ministerium für Aufbau (Institut für Typung), Berlin W 8
6. Oberfinanzdirektion Frankfurt/Main
7. Posttechnisches Zentralamt Darmstadt
8. Technische Hochschule Darmstadt
9. Technische Universität Berlin
10. VDI-Fachgruppe Heizung und Lüftung, Düsseldorf
11. Wohnungsbauministerium Bonn
12. Zentralverband Wärme-, Lüftungs- und Gesundheitstechnik, Düsseldorf.

Die vorliegende Fassung wurde in der Schlußsitzung im Dezember 1957 genehmigt.

Der Obmann
Prof. Dr.-Ing. Krischer

1. Einleitung

1.1 Geltungsbereich

Die vorliegenden Regeln gelten in der Hauptsache für zentral-beheizte Gebäude, können jedoch sinngemäß auch für Gebäude mit anderen Heizungsarten angewendet werden. Sie schaffen einheitliche Unterlagen für die Bemessung von Heizungseinrichtungen.

Soweit bei Heizungsprojekten in Ausnahmefällen von einer Angabe in DIN 4701 abgewichen wird, muß dies zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer ausdrücklich vereinbart werden.

1.2 Wärmebedarf und Wärmeverbrauch

Der „Wärmebedarf“ eines Gebäudes ist eine Gebäudeeigenschaft, die unter Benutzung vereinbarter Stoffwerte („Rechenwerte“ der Wärmeleitzahlen, Wärmeübergangszahlen, Fugendurchlässigkeit usw.) nach dieser Norm aus den Plänen des Gebäudes entsprechend den verwendeten Baustoffen errechnet wird. Der Wärmebedarf des Gebäudes ist die Grundlage für die Bemessung der Heizflächen einer Heizungsanlage. Die Heizflächen müssen so bemessen werden, daß sie den Wärmebedarf unter den vorgegebenen Temperaturverhältnissen decken können. Der Wärmebedarf eines Gebäudes ist nicht identisch mit dem „Wärmeverbrauch“ beim Beheizen eines Gebäudes bei den Temperaturen, die der Berechnung des Wärmebedarfes zugrunde gelegt werden. Beim Wärmeverbrauch zeigen sich Unterschiede zwischen den tatsächlichen Stoffwerten der einzelnen Bauelemente und den „Rechenwerten“. Letztere müssen daher so gewählt sein, daß sie im allgemeinen eine gewisse Sicherheit enthalten, und es müssen Zuschläge zur Abstimmung der Heizflächen der einzelnen Räume aufeinander gegeben werden. Durch beide Maßnahmen führt die Wärmebedarfsrechnung stets zu Heizungsanlagen, die eine gewisse Reserve enthalten und dadurch den wechselnden klimatischen Bedingungen gerecht werden können.

1.3 Gleichmäßigkeit der Temperaturen in zentralbeheizten Gebäuden

Die Norm verfolgt das Ziel, für den Wärmebedarf der einzelnen Räume eines zentralbeheizten Gebäudes solche Werte zu ermitteln, daß die auf dieser Grundlage berechneten Heizkörper (Heizflächen) in den Räumen möglichst gleiche oder gewünscht unterschiedliche Temperaturen erbringen.

Durch die klimatisch bedingten Verschiedenheiten der Sonneneinstrahlung, der Windstärke und -richtung ist es grundsätzlich nicht möglich, jederzeit in allen Räumen genau gleiche Temperaturen zu erreichen. Für diese Norm kann es sich nur um die Erzielung möglichst gleicher „Mitteltemperaturen“ über längere Zeiträume handeln. Es ist Sache des projektierenden Ingenieurs, u.U. technische Maßnahmen vorzusehen, die eine unterschiedliche Beheizung der nach verschiedenen Himmelsrichtungen gelegenen Räume gestatten.

Die gewünschte Raumtemperatur und eine gewisse Gleichmäßigkeit der Temperatur in allen Räumen eines zentralbeheizten Gebäudes können nur erreicht werden, wenn einmal alle Räume so beheizt werden, wie es bei der Wärmebedarfsberechnung vorgesehen wurde, zum anderen die Bauausführung ordnungsgemäß und das Haus heiztechnisch sinnvoll vom Architekten geplant ist.

Durch die Norm DIN 4108 (Wärmeschutz im Hochbau) ist der Mindestwärmeschutz von Aufenthaltsräumen (gestaffelt nach Wärmedämmgebieten) festgelegt. Bei Einhaltung dieses Mindestwärmeschutzes ist für dauernd beheizte Gebäude im allgemeinen die Gefahr einer fortschreitenden Durchfeuchtung der Baustoffe vermieden. Als Bemessungsgrundlage für den Mindestwärmeschutz der Außenwände gilt, daß bei relativen Luftfeuchtigkeiten bis zu 60% in den Räumen die Temperatur der inneren Wandoberfläche über dem Taupunkt der Luft liegen muß.

Die Beachtung der Norm DIN 4108 ist daher Voraussetzung dafür, daß eine ausreichende und gleichmäßige Erwärmung der Räume erzielt werden kann.

Fensterflächen, besonders bei Verwendung von Einfachfenstern, haben immer sehr viel niedrigere innere Oberflächentemperaturen als die nach DIN 4108 ausgeführten Wandbauteile. Daher ist bei Verwendung großer Fensterflächen stets mit einer Ungleichmäßigkeit des Raumklimas zu rechnen.

In diesem Zusammenhang ist folgendes zu sagen: Je besser der Wärmeschutz eines Bauteils ist, um so geringer wird der Temperaturunterschied zwischen der inneren Oberfläche des Bauteils und der Raumluft. Luft- und Wandtemperatur zusammen aber sind neben der Luftfeuchtigkeit maßgebend für das Raumklima, das um so ausgeglichener ist, je weniger sich Wand- und Lufttemperaturen unterscheiden. Die Verbesserung des Wärmeschutzes bedeutet weiterhin Verringerung des Brennstoffverbrauchs und Verkleinerung der Heizanlage.

1.4 Dichtheit der Fenster und Außentüren

Für die Ungleichmäßigkeiten des Raumklimas kann außerdem der Kaltlufteinfluß durch die Fenster- und Außentürfugen von Einfluß sein, der von der Windstärke und der Luftdurchlässigkeit der Fenster abhängt. Bisher gibt es keine Norm, die für die Begrenzung der Luftdurchlässigkeit bei verschiedenen Fensterbauarten bestimmte Anweisungen enthält. Hier kommt es in hohem Maße auf die Güte der Bauausführung (auch insbesondere die Abdichtung des Fensterrahmens und eines etwa vorhandenen Rolladenkastens gegen die Wand) und die Instandhaltung der Fenster an. Die an ausgeführten Fensterkonstruktionen festgestellten Luftdurchlässigkeiten schwanken sehr stark. Für die Luftdurchlässigkeiten wurden deshalb Mittelwerte festgelegt, die mit Laboratoriumsmessungen und dem praktisch erprobten Verhalten einwandfreier Fensterkonstruktionen übereinstimmen. Sie führen weder zu einem so großen Lüftungswärmebedarf, daß eine hinreichend gleichmäßige Beheizung eines Gebäudes bei wechselndem Wind (nach Stärke und Richtung) unmöglich erscheint, noch zu so niedrigen Werten, daß ein gewisser Mindestwert der Lufterneuerung nicht mehr gewährleistet ist. Wenn es sich in manchen Fällen (z. B. bei Hochhäusern) empfiehlt, besonders dichte – u. U. nicht zu öffnende – Fensterkonstruktionen zu verwenden, so muß in solchen Fällen mit dem Abnehmer der Heizungsanlage vereinbart werden, mit welchem Lüftungswärmebedarf bei Bemessung der Heizanlage zu rechnen ist¹⁾.

Bei den Fenstern unterscheidet man zwischen Einfachfenstern, doppelt verglasten Fenstern, Verbundfenstern und Doppel-fenstern. Man spricht von doppelt verglasten Fenstern, wenn zwei Scheiben in denselben Rahmen fest eingesetzt sind. Beim Verbundfenster ist die eine Scheibe in den Hauptflügel, die andere in den Putzflügel eingesetzt. Die Flügel können zum Reinigen der Scheiben getrennt geöffnet werden, im allgemeinen werden sie wie ein Flügel geöffnet.

Man unterscheidet ferner nach dem Baustoff der Rahmen und Flügel zwischen Holz-, Kunststoff-, Stahl- und Metallfenstern. In Hinblick auf die Dichtheit können wie beim Wärmeschutz für Holz- und Kunststoffenster einerseits und für Stahl- und Metallfenster andererseits gleiche Werte gewählt werden.

Die vorstehenden Ausführungen über Fenster gelten sinngemäß auch für Außentüren.

¹⁾ Besonders bei Hochhäusern müssen Windverhältnisse vorausgesetzt werden, die bei normalen Fensterkonstruktionen u. U. zu erheblichen Unterschieden in den Temperaturen der vom Wind betroffenen und der nicht betroffenen Räume führen. Beim Verwenden nicht zu öffnender Fenster muß das Gebäude mechanisch belüftet werden. Dann hat die Lüftungs- oder Klimaanlage den Lüftungswärmebedarf zu decken.

1.5 Die Neuerungen bei den Zahlenwerten und beim Berechnungsverfahren

Die in DIN 4108 im Jahre 1952 zusammengestellten „Rechenwerte“ der Wärmeleitzahlen der verschiedenen Baustoffe tragen den neuesten Erkenntnissen Rechnung. Sie sind daher in die vorliegende Norm aufgenommen und zum Ausgangspunkt für die hier mitgeteilten k-Werte gemacht worden. Die k-Werte für die heutigen Normbauarten sowie die älteren üblichen Bauarten sind auf dieser Grundlage berechnet.

Sowohl aus grundsätzlichen Erwägungen heraus als auch in Anpassung an die im allgemeinen reduzierten k-Werte der Wände mußten auch die k-Werte für Fenster und Türen einer Korrektur unterworfen werden, in dem die innere Wärmeübergangszahl in Übereinstimmung mit derjenigen der Wände zu $7 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grd}$ (gegenüber 10 in der Fassung von 1944) angesetzt wurde.

Eine entscheidende Neuerung im Berechnungsverfahren ist die getrennte Berechnung von Transmissionswärmebedarf und Lüftungswärmebedarf, wie sie in manchen anderen Ländern seit langem üblich ist. Diese Berechnung enthebt von der Berücksichtigung der Lüftungswärme in der immer sehr problematischen Form von Zuschlägen, soweit sie nicht auf physikalischen Daten aufgebaut sind, und gibt eine Handhabe zur Beurteilung der Windanfälligkeit eines Raumes. Andererseits wird der Gültigkeitsbereich der Norm erweitert, weil Gebäude bei außergewöhnlich starkem Windangriff nicht mehr gesondert zu berechnen sind, wie es nach der letzten Fassung der Regeln noch geschehen mußte.

Unter die normalen Aufgaben, die mit Hilfe dieser Norm berechnet werden können, fallen also

Wohngebäude, Bürogebäude, Geschäftshäuser, Kasernen usw.

Gaststätten, Hotelgebäude einschließlich der Säle, sofern diese nicht als selten beheizte Räume betrieben werden sollen, Krankenhäuser, Schulen und Hörsäle, Turnhallen, Werkstätten im Geschoßbau, wobei der Wärmebedarf zum Aufheizen der zeitweise eingebrachten Gegenstände zu berücksichtigen ist.

Damit werden wohl die meisten der in der Praxis vorkommenden Aufgaben erfaßt.

Abweichungen in der Wärmebedarfsberechnung werden bei folgenden besonderen Fällen notwendig:

1. Selten beheizte Gebäude (Kirchen usw.), (siehe Abschnitt 5.1),
2. Gebäude mit außergewöhnlich schwerer Bauart (Bunker über und unter der Erde und dgl.) und Gebäude sehr leichter Bauart (siehe Abschnitt 5.2),
3. Räume, die vorwiegend oder mit großen Flächen an Erdreich angrenzen (siehe Abschnitt 5.3),
4. Hallenbauten mit lichten Höhen über 8 m (siehe Abschnitt 5.4),
5. Hochhäuser (Hinweis auf Windeinfluß) siehe Abschnitt 5.5.

Soll eine vorhandene, nach der früheren Norm berechnete Zentralheizungsanlage erweitert werden, so ist zu prüfen, ob die Erweiterung nach der früheren oder nach dieser Norm zu berechnen ist, damit hinreichend gleichmäßige Temperaturverhältnisse erzielt werden.

2. Berechnung des Wärmebedarfs (für normale Fälle)

2.1 Der Aufbau der Berechnung

Der stündliche Wärmebedarf (Gesamtwärmebedarf) Q_h setzt sich zusammen aus dem Transmissionswärmebedarf Q_T und dem Lüftungswärmebedarf Q_L :

$$Q_h = Q_T + Q_L$$

Der Transmissionswärmebedarf eines Raumes wird ermittelt aus dem Transmissionswärmeverlust Q_0 des Raumes (Wärmedurchgang durch alle Wandbauteile) — früher „zuschlagfreier Wärmeverlust“. Die Kenntnis von Q_0 ist für manche Zwecke, so z. B. für die Ermittlung des jährlichen Heizwärmeverbrauchs (Heizkosten) von Bedeutung. Den Transmissionswärmebedarf Q_T gewinnt man aus dem Transmissionswärmeverlust Q_0 durch Multiplikation von Q_0 mit einem Zuschlagsfaktor Z , in dem folgende Einzelzuschläge enthalten sind:

- z_U für Unterbrechung der Heizung,
- z_A für Ausgleich der kalten Außenflächen,
- z_H für Himmelsrichtung.

Der Zuschlagsfaktor Z ist also $= 1 + z_U + z_A + z_H$

Der Lüftungwärmebedarf Q_L berücksichtigt die Aufheizung der durch die Fugen der Fenster und Außentüren einströmenden Kaltluft von der Außentemperatur auf die Raumtemperatur.

2.2 Der Transmissionswärmebedarf

2.21 Der Transmissionswärmeverlust

Der Transmissionswärmeverlust Q_0 eines Raumes setzt sich zusammen aus den Wärmeverlusten q_0 von Fenstern und Türen, Außenwänden, Innenwänden, Fußboden und Decke. Für jeden Bauteil gilt die Gleichung:

$$q_0 = k \cdot F \cdot (t_i - t_a) \text{ in kcal/h}$$

Dabei ist:

- F die Fläche des Bauteiles in m^2 ,
- k die Wärmedurchgangszahl in $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h grad}}$
- t_i die Lufttemperatur des zu erwärmenden Raumes in $^\circ\text{C}$
- t_a die Lufttemperatur im Freien oder im benachbarten Raum in $^\circ\text{C}$.

Ist $t_a > t_i$, also die Lufttemperatur im Nachbarraum höher, so ergibt die Rechnung für q_0 einen negativen Wert, d. h. einen Wärmegewinn, um den sich der Wärmeverlust Q_0 des Raumes vermindert.

2.22 Die Zuschläge

Alle Zuschläge werden auf den Transmissionswärmeverlust des ganzen Raumes gerechnet. Das wichtigste Kennzeichen für die heizungstechnischen Eigenschaften der Räume ist der mittlere Wärmedurchgangswert (genannt der D -Wert) der gesamten Raumumgrenzung, ausgedrückt durch eine Größe von der Einheit einer Wärmedurchgangszahl.

Zu seiner Ermittlung werden folgende Größen verwendet:

1. Der Transmissionswärmeverlust Q_0 ,
2. Die Raumumgrenzung F_{ges} in m^2 , d. h. die gesamte innere Oberfläche des Raumes (also die Summe aller Außenwände mit ihren Fensterflächen, aller Innenwände mit ihren Türflächen, Fußboden und Decke). Als Höhe eines Raumes ist die Geschosshöhe anzusetzen,
3. Die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft.

Der D -Wert ist gegeben durch:

$$D = \frac{Q_0}{F_{\text{ges}} \cdot (t_i - t_a)} \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$$

2.221 Die Zuschläge z_U für Unterbrechung

Nach Betriebseinschränkungen und Betriebsunterbrechungen ist ein Wiederhochheizen des Gebäudes nur durch vorübergehend vermehrte Wärmezufuhr möglich. Wegen der verschiedenen Eigenschaften der Räume eines Gebäudes ist zu einem gleichmäßigen Hochheizen eine etwas andere Abstimmung der Heizflächen auf die einzelnen Räume notwendig,

als dies bei durchgehendem Betrieb der Fall wäre. Dies zu erreichen, ist der Zweck der Zuschläge z_U . Sie gewährleisten jedoch keineswegs einen periodischen Heizbetrieb bei niedrigsten Außentemperaturen. Vielmehr wird bei niedrigen Temperaturen stets länger geheizt werden müssen. Außer dem durchgehenden Betrieb, der natürlich keine Unterbrechungszuschläge erfordert, sind folgende drei Betriebsweisen zu unterscheiden.

Betriebsweise I:

Ununterbrochener Betrieb mit Einschränkung der Wärmelieferung bei Nacht;

Betriebsweise II:

täglich 8- bis 12stündige Unterbrechung der Wärmelieferung;

Betriebsweise III:

täglich 12- bis 16stündige Unterbrechung der Wärmelieferung.

Wie Bild 1 zeigt, hängen die Zuschläge z_U sowohl von der Dauer der Unterbrechung als auch vom D -Wert ab.

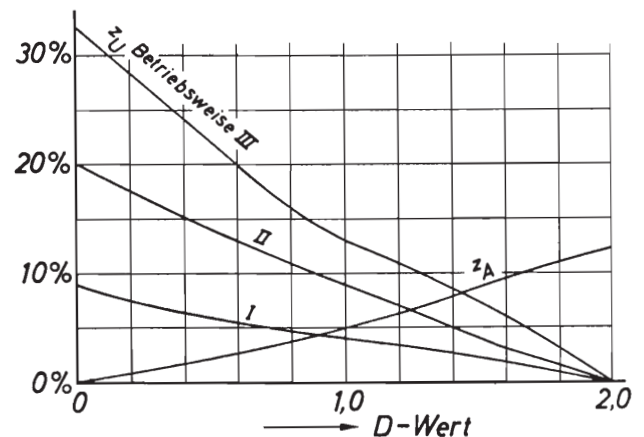


Bild 1. Zuschläge z_U und z_A

Auch die Schwere der Bauart (kg/m^2 Raumumgrenzung) ist von Einfluß auf die Wärmehaltung der Räume. Die hier gegebenen Zuschläge gelten für Bauarten von 150 bis 500 kg/m^2 , wie sie meistens vorliegen. Für besonders schwere Bauarten oder die Kombination sehr stark verschiedener Bauarten sind besondere Überlegungen anzustellen (siehe Anhang Abschnitt 5).

2.222 Zuschläge z_A zum Ausgleich der kalten Außenflächen

Da das Befinden des Menschen in einem Raum nicht nur von der Lufttemperatur, sondern auch von der mittleren Temperatur der Raumumgrenzung abhängt, sind Räume mit großen oder wenig wärmedämmenden Außenwänden oder mit großen Fenstern in raumklimatischer Hinsicht ungünstiger als solche mit dicken Wänden oder kleinen Fenstern; auch Eckräume sind ungünstiger als dreiseitig eingebaute Räume. Die mittlere Temperatur der Raumumgrenzung spiegelt sich im D -Wert wieder, denn dieser hängt von der mittleren k -Zahl der Außenflächen und vom Verhältnis der Größe der Außenflächen zur ganzen Raumumgrenzung ab. Es sind deshalb auch die Zuschläge z_A nach den D -Werten abzustufen (Bild 1). Wird durchgehender Betrieb ohne nächtliche Einschränkung angenommen, so sind die Werte z_A aus Bild 1 anzusetzen.

2.223 Zusammenfassung der Zuschläge z_U und z_A

Die beiden Zuschläge z_A und z_U hängen in der Hauptsache vom D -Wert ab und lassen sich deshalb in der ganz verschiedenen physikalischen Bedeutung rechnerisch

zu einem Zuschlag z_D zusammenfassen. Da der Zuschlag z_U mit wachsendem D fällt, der Zuschlag z_A aber steigt, ist der zusammengefaßte Zuschlag z_D viel weniger mit dem D -Wert veränderlich als seine Bestandteile (vgl. Bild 2). Aus diesem Bild ist Tabelle 2a abgeleitet. Da die Zuschläge z_D bei Betriebsweise I als vom D -Wert unabhängig angenommen werden können, braucht in diesem häufigst vorkommenden Fall der D -Wert gar nicht ermittelt zu werden.

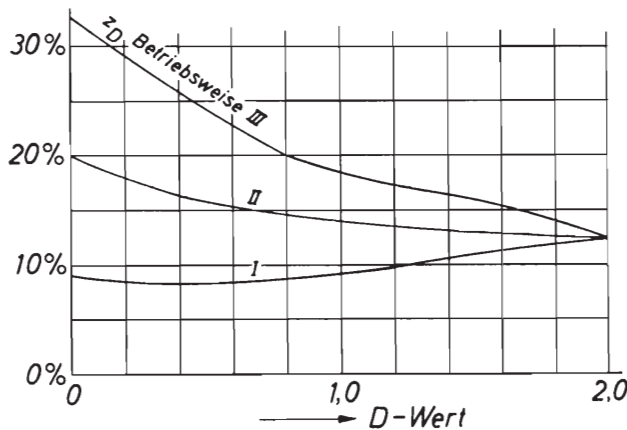


Bild 2. Zusammengefaßte Zuschläge $z_D = z_U + z_A$

2.224 Zuschläge z_H für die Himmelsrichtung

Die Höhe der Zuschläge z_H , deren physikalische Begründung in der nach Himmelsrichtung verschiedenen mittleren Sonneneinstrahlung liegt, ist aus Tabelle 2b zu ersehen. Für die Lage eines Raumes in bezug auf die Himmelsrichtung ist bei dreiseitig eingebauten Räumen die Lage der Außenwand, bei Eckräumen die Richtung der Hausecke maßgebend. Bei Räumen mit 3 oder 4 Außenflächen ist der jeweils höchste Zuschlag zu nehmen.

Falls Gebäudeteile der unmittelbaren Sonneneinstrahlung nicht ausgesetzt sind (Lichtschächte usw.), fällt der Zuschlag für Himmelsrichtung weg.

2.3 Der Lüftungswärmebedarf *)

Der Lüftungswärmebedarf dient der Sicherstellung der Erwärmung der Luftmengen, die bei Windanfall durch die Undichtheiten der Fenster und Türen in einen Raum einströmen können. Er ist daher einerseits von der Größe der Undichtheiten der angeblasenen Öffnungen des Raumes (Fensterfugen) abhängig, andererseits von dem Druckunterschied, der sich bei Windangriff zu beiden Seiten der Fensterfuge ausbildet. Während auf der angeblasenen Außenwand der Winddruck (bei senkrechtem Anblasen der „Staudruck“) herrscht, stellt sich im Innern der Räume ein Druck ein, der bestimmt ist

- durch die Durchlässigkeiten der angeblasenen Außenwände, welche den Lufteintritt bedingen,
- durch die Durchlässigkeiten aller Öffnungen, welche den Luftaustritt gestatten (Innentüren, Fenster und Außentüren der nicht angeblasenen Seiten des Hauses),
- durch den an den nicht angeblasenen Seiten des Hauses herrschenden Unterdruck.

Die Differenz zwischen Staudruck und Unterdruck ist von der Windstärke abhängig, die je nach Gegend (normal, windstark) und Lage des Hauses (windgeschützt, frei oder außergewöhnlich frei) unterschiedlich ist.

Bei einem Haus ohne Innenwände ist die Druckdifferenz zwischen angeblasener Hausfront und dem Hausinnern nur von dem Verhältnis der Luftdurchlässigkeiten auf der angeblasenen Seite zu denen auf den nicht angeblasenen Seiten des Hauses abhängig. Je leichter die Luft abströmen kann, um so mehr strömt auch ein. Aus diesem Grunde unter-

scheidet man bei den Häuserarten zwischen Einzelhaus und Reihenhäuser. Beim Einzelhaus, das von einer Seite angeblasen ist, kann die Luft nach drei Seiten hin abströmen; bei Häusern mit mehreren Wohnungen auf einer Etage und Reihenhäusern mit einer oder mehreren Wohnungen auf einer Etage, wobei die einzelnen Wohnungen bzw. das Reihenhäuser von den benachbarten Reihenhäusern durch Trennwände ohne Zwischentüren voneinander getrennt sind, ist der Abfluß der Luft nur an einer Seite möglich.

Alle Eigentümlichkeiten, die sich aus Lage, Gegend und Bauart des Hauses ergeben, lassen sich in einer sogen. „Hauskenngroße“ H zusammenfassen. Sie stellt das Produkt aus spez. Wärme ($0,31 \text{ kcal/m}^3 \text{ grad}$) und derjenigen Luftmenge dar, die je Durchlässigkeitseinheit der angeblasenen Öffnungen durch den Raum strömt, wenn keine Innentüren den Strom verringern. Die Widerstände, die sich beim Durchströmen der Innentüren einstellen, werden in der „Raumkenngroße“ R berücksichtigt, die von dem Verhältnis der Durchlässigkeiten der Einströmöffnungen (Fenster) zu denen der Abströmöffnungen (Türen) abhängt.

Gerechnet wird nach der Formel:

$$Q_L = \sum (a l)_A \cdot R \cdot H \cdot (t_i - t_a) \cdot Z_E \text{ in kcal/h}$$

Darin bedeutet:

a	die Durchlässigkeit je m Fugenlänge im m^3/h bei 1 kg/m^2 Druckunterschied,
l	die Fugenlänge der angeblasenen Fenster und Türen,
$\sum (a l)_A$	die Durchlässigkeit der angeblasenen Fenster und Türen,
R	die Raumkenngroße,
H	die Hauskenngroße,
$t_i - t_a$	die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft,
Z_E	den Eckfensterzuschlagsfaktor.

2.31 Die Durchlässigkeit der Fenster und Türen $\sum (a l)$

$\sum (a l)_A$ ist die Summe der Produkte aus der Luftdurchlässigkeit a je m Fugenlänge und der Fugenlänge l m der bei ungünstigstem Windanfall angeblasenen Fenster und Türen. Z. B. sind für $\sum (a l)_A$ bei Eckräumen mit Fenstern in zwei aneinanderstoßenden Außenwänden alle Fenster, bei Räumen mit Fenstern nur in gegenüberliegenden Wänden die Wand mit der größeren Luftdurchlässigkeit einzusetzen.

Entsprechend bedeutet $\sum (a l)_N$ die Summe der Produkte aus Fugendurchlässigkeit a und Fugenlänge l der (nicht angeblasenen) Fenster und Türen, durch die die Luft bei dem ungünstigsten Windeinfall abströmen kann.

In Tabelle 4a sind die Luftdurchlässigkeiten a je m Fugenlänge für Fenster und Türen angegeben.

Sollte bei der Ausarbeitung des Heizungsprojektes die Fensterkonstruktion noch nicht festliegen, so kann für eine vorläufige Wärmebedarfsrechnung auch ein aus Fenstergröße und Flügelzahl sich ergebendes Maß ω für das Verhältnis von Fugenlänge l zu Fensterfläche F angenommen werden (siehe Tabelle 4b). Bei einer später evtl. notwendig werdenden Nachrechnung ist dann nur die vorläufig ermittelte Lüftungswärme mit einem konstanten Faktor zu multiplizieren, soweit gleichartige Fenster verwendet sind.

2.32 Die Raumkenngroße R

Die Raumkenngroße R gibt den Einfluß aller Widerstände, die auf das Abströmen der Luft aus dem betrachteten Raum

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

einwirken (Innentüren und evtl. gegenüberliegende Außenfenster usw.), wieder. Sie ist also abhängig von den Durchlässigkeiten der im ungünstigsten Fall angeblasenen Fenster und Türen: $\sum (a l)_A$ und den Durchlässigkeiten der Fenster und Türen, durch die die Luft abströmen kann: $\sum (a l)_N$. Mit diesen Größen bestimmt man die Raumkenngröße als

$$R = \frac{1}{\frac{\sum (a l)_A}{\sum (a l)_N} + 1}$$

Sie ist demnach von dem Verhältnis der Durchlässigkeiten der angeströmten Öffnungen zu den Durchlässigkeiten der Abströmöffnungen eines Raumes abhängig.

Obwohl es recht einfach ist, die Raumkenngröße nach vorstehender Gleichung für jeden Raum zu berechnen, kann im allgemeinen auch dieser Zeitaufwand gespart werden; denn bei den meisten Wohn- und Bürogebäuden, bei denen Fenster und Türen üblicher Bauart verwendet werden, ist die Raumkenngröße der einzelnen Räume im allgemeinen nicht sehr verschieden. In Anbetracht der Genauigkeit, die für die Wärmebedarfsrechnung zu fordern ist, kann die Raumkenngröße relativ grob gestaffelt werden, womit erreicht wird, daß für große Gruppen von Räumen mit dem gleichen Zahlenwert gerechnet werden kann. Tabelle 4c gibt diejenigen Bedingungen an, unter denen die Raumkenngröße entweder zwischen 1 und 0,8 oder zwischen 0,8 und 0,6 liegt, so daß sie im Mittel zu 0,9 oder zu 0,7 eingesetzt werden kann. Dabei ist folgendes zu bedenken: Bei der Mehrzahl der Fälle strömt die Luft nur durch Innentüren ab (bei allen eingebauten Räumen sowie Eckräumen mit Fenstern in zwei Außenwänden). Für diesen Fall kann man mit den Werten aus Tabelle 4a und 4b die Raumkenngröße von dem Verhältnis von Außenfensterfläche zu Türfläche abhängig machen. Die Grenzen dieses Verhältnisses sind in 4c angegeben; man wird aus ihnen ersehen, in welchen Fällen man auf eine gesonderte Bestimmung der Raumkenngröße verzichten kann.

Für Räume mit sehr großen Fugenlängen der Fenster gegenüber denen der Innentüren (z. B. Räume mit sehr vielen oder sehr großen Fenstern oder Außentüren, Hallen, Ateliers, Ladenräume usw.) muß jedoch die Raumkenngröße aus obiger Gleichung bestimmt werden. Hierzu muß durch eine kleine Zwischenrechnung erst noch $\sum (a l)_N$ der Fenster und Türen, durch die die Luft abströmen kann, gebildet werden.

Für Gebäude ohne Innenwände, z. B. freigebaute Säle, müßte die Durchlässigkeit $\sum (a l)_N = \infty$ gesetzt werden; die Raumkenngröße wird dann gleich 1.

2.33 Die Hauskenngröße H

Die Hauskenngröße H berücksichtigt Lage, Gegend und Bauweise (Reihen- oder Einzelhaus) eines Hauses (Tabelle 4d). Als Reihenhäuser werden Häuser bezeichnet, die durch durchgehende Trennwände in einzelne Hauseinheiten aufgeteilt sind. Auch für die Eckwohnungen solcher Häuser sowie für Doppelhäuser gilt die gleiche Hauskenngröße. Für Häuser mit mehreren Wohnungen auf einer Etage ist ebenfalls die Hauskenngröße für Reihenhäuser einzusetzen.

Die Hauskenngröße ist je nach der Windstärke der Gegend und der Lage des Hauses zum Windzutritt für Reihen- und Einzelhäuser gestaffelt.

Hinsichtlich der Windstärke unterscheidet man normale Gegenden und windstarke Gegenden. Die windstarke Gegend umfaßt hauptsächlich die norddeutsche Tiefebene, die in Tabelle 1a durch den Buchstaben W hinter dem Städtenamen gekennzeichnet ist.

Bei der Lage eines Hauses in Hinblick auf Windanfall 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. Die Windlage eines Hauses ist also abzustufen nach der Größe der Windgeschwindigkeit. Häuser, bei denen der Windanfall durch ihre Lage stark vermindert ist, bezeichnet man als „geschützt gelegen“; Häuser, die der vollen Windgeschwindigkeit ausgesetzt sind, als „außergewöhnlich frei gelegen“. Zwischen diesen beiden Fällen wird es eine Lage geben, bei der die Windgeschwindigkeit zwar vermindert ist, aber nicht so stark wie bei den geschützten gelegenen Häusern; diese Lage wird als „frei“ bezeichnet.

Es empfiehlt sich folgende Unterscheidung:

Geschützte Lage

für das Innere von Städten (den Stadtkern mit üblich breiten Straßen und geschlossener Bauweise), soweit die Häuser ihre Nachbarschaft nicht wesentlich überragen;

Freie Lage

für Häuser z. B. in Siedlungen und ähnlich weiträumiger Anordnung sowie bei höheren Häusern in einer Stadt, die ihre Nachbarschaft wesentlich überragen;

Außergewöhnlich freie Lage

für einzelstehende Häuser an Ufern des Meeres, größerer Binnenseen und breiter Flüsse, baumlosen Küstenstreifen, auf Anhöhen und dgl.

Bei einem Gebäude mit einseitig freier Lage erhalten nur die betroffenen Räume die Hauskenngröße für freie Lage. Liegt das Gebäude nach mehreren Richtungen frei, so erhalten nur die nach N, NO und O freiliegenden Räume die höhere Hauskenngröße, die übrigen Räume erhalten die für geschützte Lage. Entsprechend gilt für außergewöhnlich freie Lage, daß nur die betroffenen bzw. die nach N, NO und O gelegenen Räume die Hauskenngröße für außergewöhnlich freie Lage erhalten, die übrigen die für freie Lage.

Man wird im einzelnen Fall aus der Lage eines Gebäudes zu seiner Umgebung die einzusetzende Windlage nach obigen Gesichtspunkten bestimmen müssen.

Der Windeinfluß bei Hochhäusern wird im Anhang Abschnitt 5.5 behandelt.

Die Berechnung der Hauskenngröße basiert auf Windgeschwindigkeiten, die für normale Gegend – geschützte Lage zu 4 m/sec, für normale Gegend – freie Lage bzw. windstarke Gegend – geschützte Lage zu 6 m/sec, für normale Gegend – außergewöhnlich freie Lage bzw. windstarke Gegend – freie Lage zu 8 m/sec und für windstarke Gegend – außergewöhnlich freie Lage zu 10 m/sec angenommen sind.

2.34 Die Temperaturdifferenz ($t_i - t_a$)

Dies ist die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft; sie ist aus der Berechnung des Transmissionswärmeverlustes bekannt.

2.35 Der Eckfensterzuschlagsfaktor Z_E

Dieser Faktor ist nur für Fenster oder Türen, die unmittelbar in der Ecke zweier aufeinanderstoßender Außenwände liegen, einzusetzen. Er beträgt

$$Z_E = 1,2;$$

für alle übrigen Fenster oder Türen entfällt er.

2.4 Durchführung der Berechnung

Die Berechnung ist nach der Gleichung

$$Q_h \text{ in kcal/h} = Q_0 \cdot (1 + z_D + z_H) + Q_L = Q_0 \cdot Z + Q_L$$

wobei $Q_L = \sum (a l)_A \cdot R \cdot H \cdot (t_i - t_a) \cdot Z_E$ in kcal/h durchzuführen, also: Wärmebedarf gleich Transmissionswärmeverlust mal Zuschlagsfaktor plus Lüftungswärmebedarf. Zur Durchführung der Rechnungen dienen die auf Seite 10 und 11 dargestellten Formblätter.

2.41 Transmissionswärmebedarf

Zur Kennzeichnung der Bauteile in den einzelnen Zeilen des Formblattes sind folgende Kurzbezeichnungen anzuwenden:

EF	Einfachfenster	AT	Außentür
VF	Verbundfenster	IW	Innenwand
DF	Doppelfenster	AW	Außenwand
ZF	Doppelt verglaste Fenster	FB	Fußboden
EO	Einfaches Oberlicht	De	Decke
DO	Doppeltes Oberlicht	Da	Dach
IT	Innentür		

Bei den Abmessungen der Wände, der Fußböden und Decken gelten als Länge und Breite die lichten Raummaße; als Höhe der Wände ist aber nicht die lichte Raumhöhe, sondern die Stockwerkhöhe von Fußbodenoberfläche bis zu Fußbodenoberfläche einzusetzen. Dies gilt auch für die Berechnung des Wertes F_{ges} bei Ermittlung des D -Wertes. Für die Bestimmung der Fenster- und Türgröße ist nicht die Glasfläche oder der Rahmen, sondern das größte Rohbaumaß der Öffnung anzusetzen.

Die Längen- und Flächenmaße sind in m und m² einzusetzen und auf eine Stelle hinter dem Komma zu runden. (Beim Rechnen genügt die Genauigkeit der kleinen, oberen Teilungen des 25 cm langen Rechenschiebers.) Es ist ferner zweckmäßig, das Ergebnis jeder einzelnen Zeile der Rechnung auf volle 10 kcal/h nach oben oder unten zu runden (siehe auch DIN 1333).

Wird kein Wert auf die getrennte Bestimmung der Transmissionswärmeverluste der Fenster gelegt, so empfiehlt es sich, zur Vereinfachung der Rechnung zunächst den Transmissionswärmeverlust der gesamten Wandfläche einschließlich Fenster mit der Wärmedurchgangszahl der Wandfläche k_W zu berechnen und zu diesem den zusätzlich durch die gesamte Fensterfläche bewirkten Transmissionswärmeverlust $F_F(k_F - k_W) \cdot (t_i - t_a)$ hinzuzufügen.

2.42 Lüftungswärmebedarf

Die Rechnung beginnt mit der Festlegung des ungünstigsten Windanfalls für jeden Raum, wobei die in die Rechnung einzusetzenden angeblasenen Fenster und Außentüren (mit dem Index A gekennzeichnet, während N die Abströmöffnungen bezeichnet) bestimmt werden. Für diese wird die Fugenlänge l aus einer Zeichnung der Fenster oder – falls die Fensterkonstruktion noch nicht genau festliegt – aus dem Verhältnis $\omega = \frac{l}{F}$ nach Tabelle 4b bestimmt. Mit

der Fugendurchlässigkeit a (Tabelle 4a) ergibt sich dann die Größe $\sum (a l)_A$ für alle angeblasenen Fenster und Außentüren des betrachteten Raumes. Als Fugenlänge eines Fensters oder einer Tür ist die gesamte Länge aller Luftspalte (auch derjenigen der eingesetzten Lüftungsflügel) einzusetzen.

Alles nähere ist aus dem Berechnungsbeispiel (Seite 7 bis 11) ersichtlich.

Will man aus dem Lüftungswärmebedarf den für den Raum berücksichtigten Luftwechsel berechnen, so ist von der Gleichung

$$Q_L = V_L \cdot C_p (t_i - t_a)$$

auszugehen, worin V_L in m³/h die durchströmende Luftmenge bedeutet und $C_p = 0,31$ kcal/m³ grd die spezifische Wärme der Luft ist. Es gilt also

$$V_L = \frac{Q_L}{0,31 (t_i - t_a)}$$

Für $t_i = 20^\circ\text{C}$, $t_a = -12^\circ\text{C}$ wird $V_L = \frac{Q_L}{10}$

2.5 Unterlagen für die Berechnung

Zur Berechnung des Wärmebedarfs werden folgende Unterlagen benötigt:

Lageplan des Gebäudes. Aus diesem müssen die Himmelsrichtung sowie die Möglichkeit des Windzutritts zu erkennen sein. Es müssen also auch Angaben über die Höhe der Nachbargebäude und über andere Einflüsse vorliegen.

Grundrisse des Gebäudes (mindestens im Maßstab 1 : 100) mit eingetragenen Baumaßen einschließlich der Fenster- und Türmaße (größte Rohbaumaße).

Schnitte des Gebäudes, aus denen die lichten Raumhöhen, die Geschoßhöhen von Fußbodenoberfläche zu Fußbodenoberfläche und die Höhen der Fensterbrüstungen, Fenster und Türen zu ersehen sind.

Angaben über die Bauart der Wände, Decken und Dächer (Dicke der einzelnen Schichten, eindeutige Benennung der Baustoffe und ihrer Rohwichte).

Angaben über die Fenster: Einfach-, Verbund-, Doppelfenster, doppelt verglaste Fenster, Werkstoff der Fenster (Holz, Kunststoff, Stahl, Metall), Größe der zu öffnenden Fensterflügel oder der Fugenlänge.

Angaben über Türen: mit oder ohne Schwelle.

Angaben über die Zweckbestimmung der Räume und eine Aufstellung über die Benutzungsstunden (Vollerwärmungsstunden), da danach die Zuschläge in der Wärmebedarfsberechnung festzusetzen sind.

Bei der Wahl der Temperatur sind maßgebend:

für die tiefsten Außentemperaturen die Tabelle 1 a,

für die Innentemperaturen die Tabelle 1 b,

für die Temperaturen unbeheizter Nebenräume die Tabelle 1 c.

2.6 Beispiel einer Wärmebedarfsberechnung

Es sei der Wärmebedarf der Räume 401, 402 und des Ateliers 501 zu ermitteln. Die Angaben über die Abmessungen der Räume einschließlich ihrer Lage zur Himmelsrichtung sind aus der Zeichnung zu entnehmen. Die zur Berechnung weiterhin notwendigen Angaben über die verwendeten Baustoffe, Ausführung der Fenster und Türen, Windlage und Betriebsweise sind im folgenden zusammengestellt.

Notwendige Angaben zur Wärmebedarfsberechnung

Außenwände: Vollziegel 36,5 cm, Rohwichte = 1400, $k = 1,06$ (siehe Tabelle 5, Zeile 3, Spalte 5)

Innenwände: Vollziegel 24 cm, Rohwichte = 1800, $k = 1,47$ (siehe Tabelle 5, Zeile 4, Spalte 10)

Dachdecke: Massivdecke mit 30 mm Korkplatte, $k = 0,99$ (siehe Tabelle 12A, Zeile 1, Spalte 15)

Fenster: Metallverbundfenster, $k = 3,0$, $a = 1,5$

Fugenlänge der Fenster

2,01 · 1,01; $l = 6,1$ m (einflügelig)

2,01 · 1,38; $l = 8,2$ m (zweiflügelig)

2,76 · 2,38; $l = 17,4$ m (dreiflügelig)

1,01 · 2,38; $l = 7,8$ m (einflügelig mit Lüftungsklappe)

Außentür: Metall, $k = 5,0$, $a = 1,5$, Fugenlänge $l = 7,4$ m

Innentüren: ohne Schwelle, $k = 2,0$, $a = 40$

Fugenlänge für Türen 1,635 · 2,26; $l = 7,8$ m
1,01 · 2,01; $l = 6,0$ m

Windlage: Normale Gegend, freie Lage, Reihenhäuser

$H = 0,24$ für die nach SO, S, W und NW gelegenen Räume,
 $H = 0,41$ für die nach N, NO und O gelegenen Räume (siehe Abschnitt 2.33)

Betriebsweise: II

Außentemperatur: $t_a = -15^\circ\text{C}$



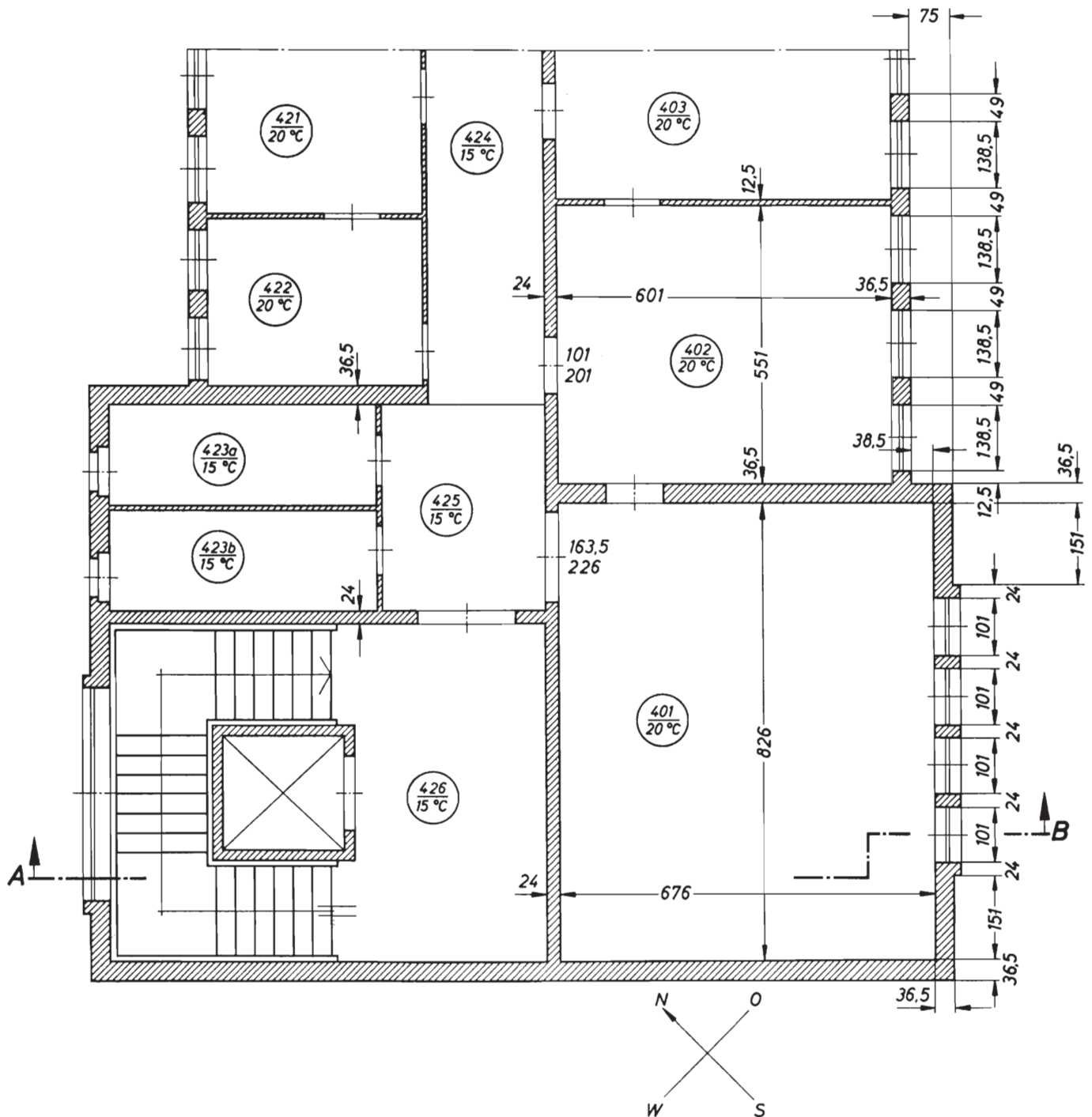
Documents

Document Sharing Hub

Bauzeichnung zum Berechnungsbeispiel Seite 10 und 11

Teilgrundriß eines Bürogebäudes

3. Obergeschoß



Berechnungsbeispiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Kurzbezeichnung *) (s. Abschn. 2.41)	Himmelsrichtung	Wanddicke cm	Flächenberechnung					Wärmeverlust-Berechnung					Zuschläge			Wärme- bedarf $Q_T + Q_L = Q_h$ $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
			Länge bzw. Breite m	Höhe m	Fläche m ²	Anzahl	Abzug m ²	in Rechnung gestellt m ²	k-Zahl $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h} \text{grd}}$	Temperatur- Unterschied Δt grd	$\Delta t \cdot k$ $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}}$	Transmissions- Wärmeverlust Q_0 $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	$z_U + z_A$ z_D %	Himmels- richtung z_H %	Zuschlags- faktor Z 1 + %	
			Büro 401					20 °C	$V \approx 195 \text{ m}^3$							
VF	SO	—	1,01	2,01	2,03	4	—	8,1	3,0	35	105			850		
AW	SO	36,5	8,26	3,50	28,91	1	8,1	20,8	1,06	35	37			770		
AW	NO	36,5	0,38	3,50	1,35	1	—	1,35	1,06	35	37			50		
AW	SW	36,5	6,76	3,50	23,7	1	—	23,7	1,06	35	37			880		
JT	—	—	1,63	2,26	3,7	1	—	3,7	2,0	5	10			40		
JW	—	24	8,26	3,50	28,91	1	3,7	25,2	1,47	5	7,4			190		
														2780		
Lüftungswärmebedarf																
$Q_L = \sum (a \cdot l)_A \cdot H \cdot R \cdot (t_i - t_a)$																
$= 1,5 \cdot (4 \cdot 6,1) \cdot 0,24 \cdot 0,9 \cdot [+20 - (-15)]$																
$= 1,5 \cdot 24,4 \cdot 0,24 \cdot 0,9 \cdot 35 = 276,69$																
			Büro 402					20 °C	$V \approx 116 \text{ m}^3$							
Da	—	—	5,51	6,01	33,1	1	—	33,1	0,99	35	35			1160		
VF	—	—	1,38	2,01	2,8	3	—	8,4	3,0	35	105			880		
AW	SO	36,5	5,51	3,50	19,3	1	8,4	10,9	1,06	35	37			400		
JT	—	—	1,01	2,01	2,03	1	—	2,0	2,0	5	10			20		
JW	—	24	5,51	3,50	19,3	1	2,0	17,3	1,47	5	7,3			130		
														2590		
Lüftungswärmebedarf																
$Q_L = \sum (a \cdot l)_A \cdot H \cdot R \cdot (t_i - t_a)$																
$= 1,5 \cdot (3 \cdot 8,2) \cdot 0,24 \cdot 0,9 \cdot [+20 - (-15)]$																
$= 1,5 \cdot 24,6 \cdot 0,24 \cdot 0,9 \cdot 35 = 278,9$																

$D = \frac{Q_0}{F_{\text{Ges}} \cdot (t_i - t_a)}$ $D = \frac{2780}{217 \cdot 35}$ $D = 0,36$

$Q_T = 3060$ $Q_L = 280$ $Q_h = 3340$

$D = \frac{Q_0}{F_{\text{Ges}} \cdot (t_i - t_a)}$ $D = \frac{2590}{148 \cdot 35}$ $D = 0,50$

$Q_T = 2850$ $Q_L = 280$ $Q_h = 3130$

*) Kurzbezeichnungen für Wände, Decken, Fenster, Türen siehe Abschnitt 2.41