

DIN EN 1264-2

ICS 91.140.10

Ersatz für
DIN EN 1264-2:2009-01

**Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit
Wasserdurchströmung –
Teil 2: Fußbodenheizung: Prüfverfahren für die Bestimmung der
Wärmeleistung unter Benutzung von Berechnungsmethoden und
experimentellen Methoden;
Deutsche Fassung EN 1264-2:2008+A1:2012**

Water based surface embedded heating and cooling systems –
Part 2: Floor heating: Prove methods for the determination of the thermal output using
calculation and test methods;
German version EN 1264-2:2008+A1:2012

Systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes hydrauliques intégrées –
Partie 2: Chauffage par le sol: Méthodes de démonstration pour la détermination de
l'émission thermique utilisant des méthodes par le calcul et à l'aide de méthodes d'essai;
Version allemande EN 1264-2:2008+A1:2012

Gesamtumfang 45 Seiten

Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument beinhaltet die deutsche Fassung der vom Technischen Komitee CEN/TC 130/WG 9 „Fußbodenheizung — Systeme und Komponenten“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN 1264-2:2008+A1:2012.

Der Arbeitskreis NA 041-01-69-15 AK „Integrierte Flächenheizungen und -kühlungen (SpA CEN/TC 130/WG 9)“ des Normenausschusses Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war an der Erarbeitung dieser Norm beteiligt.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1264-2:2009-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aufnahme von Anhang C zur Berechnung der Wärmeleistung bei laminarer Rohrströmung;
- b) Aktualisierung der Normativen Verweisungen.

Frühere Ausgaben

DIN 4725-2: 1992-05
DIN EN 1264-2: 1997-11, 2009-01
DIN 4725-200: 2001-03

Deutsche Fassung

Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit
Wasserdurchströmung —
Teil 2: Fußbodenheizung: Prüfverfahren für die Bestimmung der
Wärmeleistung unter Benutzung von Berechnungsmethoden
und experimentellen Methoden

Water based surface embedded heating and cooling
systems —
Part 2: Floor heating: Prove methods for the determination
of the thermal output using calculation and test methods

Systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes
hydrauliques intégrées —
Partie 2: Chauffage par le sol: Méthodes de démonstration
pour la détermination de l'émission thermique utilisant des
méthodes par le calcul et à l'aide de méthodes d'essai

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. September 2008 angenommen und schließt Änderung 1 ein, die am 1. Oktober 2012 vom CEN angenommen wurde.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole.....	5
4 Thermische Randbedingungen	5
5 Unterlagen für die Prüfung	6
6 Berechnung der spezifischen Wärmeleistung (Kennlinien und Grenzkurven).....	7
6.1 Allgemeiner Ansatz (siehe [2], [4])	7
6.2 Systeme mit Rohren innerhalb des Estrichs (Typ A und Typ C)	8
6.3 Systeme mit Rohren unter dem Estrich oder Holzfußboden (Typ B).....	9
6.4 Systeme mit Flächenelementen (Typ D).....	11
6.5 Grenzwerte der spezifischen Wärmeleistung	11
6.6 Einfluss von Rohrwerkstoff, Rohrwanddicke und Rohrummantelung auf die spezifische Wärmeleistung	13
6.7 Wärmeleitfähigkeit des Estrichs mit Einbauten	13
7 Wärmeleitfähigkeit der Werkstoffe.....	14
8 Wärmeverlust nach unten	14
9 Experimentelles Verfahren für die Bestimmung der Wärmeleistung von Systemen, die nicht nach Abschnitt 6 berechnet werden können	15
10 Experimentelles Verfahren zur Bestimmung des wirksamen Wärmewiderstands von Teppichen	17
11 Prüfbericht.....	19
12 Prüfsystem	20
12.1 Allgemeines	20
12.2 Master-Probekörper	20
12.3 Verifizierung der Prüfstände.....	20
12.4 Bestimmung der Werte s_m und $\phi_{M,s}$ ($q_{N,M,s}$, $q_{G,M,s}$ ($R_{\lambda,B} = 0,15$), $R_{\lambda,B,M,s}$) der ersten Master-Probekörper	21
12.5 Verifizierung der Software	21
Anhang A (normativ) Bilder und Tabellen	22
Anhang B (informativ) Experimentelles Verfahren für die Bestimmung von Parameter zur Anwendung in EN 15377-1:2005, Anhang C	39
Anhang C (informativ)  Einfluss der Wärmeübertragungskoeffizienten im Rohr auf die spezifische Wärmeleistung.....	42
Literaturhinweise	43

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1264-2:2008+A1:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 130 „Raumheizeinrichtungen ohne eingebaute Wärmequelle“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2013, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2013 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument enthält die Änderung 1, die von CEN am 2012-10-01 angenommen wurde.

Dieses Dokument ersetzt  EN 1264-2:2008 .

Der Beginn und das Ende eines Textes, der durch die Änderung eingefügt oder geändert wurde, wird im Text durch die Markierung   angezeigt.

Die Europäische Norm EN 1264, *Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung* besteht aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Definitionen und Symbole*
- *Teil 2: Fußbodenheizung: Prüfverfahren für die Bestimmung der Wärmeleistung unter Benutzung von Berechnungsmethoden und experimentellen Methoden*
- *Teil 3: Auslegung*
- *Teil 4: Installation*
- *Teil 5: Heiz- und Kühlflächen in Fußböden, Decken und Wänden — Bestimmung der Wärmeleistung und der Kühlleistung*

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Diese Europäische Norm beruht auf der Erkenntnis, dass im kommerziellen Handel die Wärme- bzw. Kühlleistung von Heiz- und Kühlsystemen die Bewertungsgrundlage darstellen. Um verschiedene Heiz- und/oder Kühlsysteme beurteilen und vergleichen zu können, ist es deshalb erforderlich, sich auf Werte zu beziehen, die nach einem einzigen, eindeutig definierten Verfahren bestimmt werden. Grundlage hierfür sind die in Teil 2 dieser Europäischen Norm festgelegten Prüfverfahren für die Bestimmung der Wärmeleistung von Fußbodenheizsystemen. In Analogie zu der Europäischen Norm EN 442-2 (Radiatoren und Konvektoren — Teil 2: Prüfverfahren und Leistungsabgabe) liefert dieses Prüfverfahren unter definierten Randbedingungen Teillastkennlinien sowie als systemcharakteristischen Leistungswert die Normwärmeleistung mit der zugehörigen Normdifferenz zwischen Heizmittel- und Raumtemperatur.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Randbedingungen und die Prüfverfahren für die Bestimmung der Wärmeleistung von Warmwasser-Fußbodenheizsystemen in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der Heizmittel- und der Raumtemperatur fest.

Die vorliegende Norm ist auf den kommerziellen Handel und das praktische Ingenieurwesen anzuwenden, sofern geprüfte und zertifizierbare Werte für die Wärmeleistung erforderlich sind.

Diese Europäische Norm gilt für Heiz- und Kühlsysteme, die in die Raumumschließungsflächen des zu heizenden oder zu kühlenden Raumes integriert sind. Der vorliegende Teil dieser Europäischen Norm gilt für Warmwasser-Fußbodenheizsysteme. Die Anwendung von Teil 5 dieser Europäischen Norm erfordert die vorherige Anwendung des vorliegenden Teils dieser Europäischen Norm. Teil 5 dieser Europäischen Norm behandelt die Umrechnung der in Teil 2 bestimmten Wärmeleistung der Fußbodenheizsysteme in die Wärmeleistung von Heizflächen in Wänden und Decken sowie in die Kühlleistung von Kühlflächen in Fußböden, Wänden und Decken.

Die Wärmeleistung wird durch ein Berechnungsverfahren (Abschnitt 6) und ein experimentelles Verfahren (Abschnitt 9) geprüft. Das Berechnungsverfahren ist auf Systeme anwendbar, die den Definitionen nach EN 1264-1 (Typ A, Typ B, Typ C, Typ D) entsprechen. Bei Systemen, die diesen Definitionen nicht entsprechen, ist das experimentelle Verfahren anzuwenden. Das Berechnungsverfahren und das experimentelle Verfahren entsprechen einander und liefern korrelierende, adäquate Prüfergebnisse.

Als Prüfergebnisse werden die spezifische Normwärmeleistung mit der zugehörigen Normdifferenz zwischen der Heizmittel- und der Raumtemperatur sowie Kennlinienfelder für die Beziehung zwischen der spezifischen Wärmeleistung und der Differenz zwischen der Heizmittel- und der Raumtemperatur in Abhängigkeit von weiteren Parametern angegeben.

2 Normative Verweisungen

[A1] Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 1264-1:2011, *Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung — Teil 1: Definitionen und Symbole*

EN 1264-3:2009, *Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung — Teil 3: Auslegung* **[A1]**

3 Begriffe und Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach **[A1]** EN 1264-1:2011 **[A1]**.

4 Thermische Randbedingungen

Eine Fußbodenheizfläche mit vorgegebener mittlerer Oberflächentemperatur gibt in beliebigen Räumen mit derselben Innentemperatur (Norm-Innentemperatur ϑ_i) dieselbe Wärmeleistung ab. Es ist deshalb möglich, eine vom Heizsystem unabhängige, für alle Fußbodenheizflächen (auch für solche mit stärker heizenden Randzonen) geltende Basiskennlinie für die Beziehung zwischen spezifischer Wärmeleistung und mittlerer Oberflächentemperatur anzugeben (siehe Bild A.1).

Demgegenüber existiert für jedes Fußbodenheizsystem eine systemeigene maximal zulässige spezifische Wärmeleistung, die spezifische Grenzwärmeleistung q_G . Diese Leistung wird für eine (Norm-)Innentemperatur $\vartheta_i = 20\text{ °C}$ berechnet. Die zweite Bedingung besteht darin, dass die maximale Oberflächentemperatur bei einer Temperaturspreizung von $\sigma = 0\text{ K}$ zwischen Heizmittel-Vorlauf und Heizmittel-Rücklauf $\vartheta_{F,\max} = 29\text{ °C}^{1)}$ beträgt. Die maximale spezifische Wärmeleistung für die Randzone wird bei einer maximalen Oberflächentemperatur $\vartheta_{F,\max} = 35\text{ °C}^{2)}$ und $\sigma = 0\text{ K}$ erreicht.

Für das Berechnungs- und das experimentelle Verfahren wird, unabhängig vom Typ des Systems, der Mittelpunkt der Heizfläche als Bezugspunkt für $\vartheta_{F,\max}$ verwendet.

Die mittlere Oberflächentemperatur $\vartheta_{F,m}$, die die spezifische Wärmeleistung bestimmt (siehe Basiskennlinie), steht mit der maximalen Oberflächentemperatur im Zusammenhang. Dabei gilt stets $\vartheta_{F,m} < \vartheta_{F,\max}$.

Der erreichbare Wert $\vartheta_{F,m}$ ist sowohl vom Fußbodenheizsystem als auch von den Betriebsbedingungen abhängig (Temperaturspreizung $\sigma = \vartheta_V - \vartheta_R$, Wärmeabgabe nach unten q_u und Wärmewiderstand des Fußbodenbelags $R_{\lambda,B}$).

Der Berechnung der spezifischen Wärmeleistung liegen folgende Bedingungen zugrunde:

- der Wärmeübergang an der Fußbodenoberfläche entspricht der Basiskennlinie;
- eine Temperaturspreizung des Heizmittels $\sigma = 0$; die Abhängigkeit der Kennlinie von der Temperaturspreizung wird durch Anwendung der logarithmisch bestimmten Differenz zwischen der Heizmittel- und der Raumtemperatur $\Delta\vartheta_H$ erfasst [3] (siehe Gleichung (1));
- turbulente Rohrströmung: $m_H/d_i > 4\,000\text{ kg}/(\text{h} \cdot \text{m})$;
- es findet kein seitlicher Wärmefluss statt;
- die Heizebene des Fußbodenheizsystems wird durch Wärmedämmung thermisch vom tragenden Untergrund des Gebäudes abgekoppelt.

ANMERKUNG Die vorstehend aufgeführte letzte Bedingung gilt nicht für das experimentelle Verfahren nach Abschnitt 9.

5 Unterlagen für die Prüfung

Für die Bestimmung der Wärmeleistung werden die Unterlagen des Lieferers des Systems zugrunde gelegt. Folgende Unterlagen sind bereitzustellen:

- Einbauzeichnung (Schnitt) des Fußbodenheizsystems über zwei Rohrteilungen, einschließlich der Randzone und mit Angabe der verwendeten Werkstoffe (erforderlichenfalls sind die Prüfergebnisse zur Wärmeleitfähigkeit der Werkstoffe vorzulegen);
- technische Unterlagen zum System.

Diese Angaben müssen sämtliche notwendigen Einzelheiten für die Berechnung des baustellenüblichen Aufbaus enthalten. Sie müssen in gleicher Form dem Installateur zur Verfügung gestellt werden.

In Anwesenheit eines Mitarbeiters der Prüfstelle wird eine Demonstrationsfläche von etwa $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ verlegt, die dem tatsächlichen Aufbau vor Ort entspricht.

1) Nationale Vorschriften können diese Temperatur auf einen niedrigeren Wert begrenzen.
2) Einige Fußbodenbelagmaterialien können niedrigere Temperaturen erforderlich machen.

6 Berechnung der spezifischen Wärmeleistung (Kennlinien und Grenzkurven)

6.1 Allgemeiner Ansatz (siehe [2], [4])

Die spezifische Wärmeleistung q an einer Fußbodenoberfläche wird durch folgende Parameter bestimmt:

- Rohrteilung T ;
- Dicke s_u und Wärmeleitfähigkeit λ_E der Schicht über dem Rohr;
- Wärmeleitwiderstand des Fußbodenbelags $R_{\lambda,B}$;
- Rohraußendurchmesser $D = d_a$, erforderlichenfalls mit Ummantelung ($D = d_M$), mit der Wärmeleitfähigkeit des Rohres λ_R bzw. der Ummantelung λ_M . Bei Rohren mit einem von der Kreisform abweichenden Querschnitt ist mit dem äquivalenten Durchmesser eines Rundrohres mit gleichem Umfang zu rechnen (die Estrichüberdeckung ist unverändert einzusetzen). Dicke und Wärmeleitfähigkeit fest angebrachter Diffusions-Sperrschichten mit einer Dicke bis zu 0,3 mm müssen bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden. In diesem Falle muss $D = d_a$ gesetzt werden.
- Wärmeleiteinrichtungen, die nach 6.3 durch die Kenngröße K_{WL} gekennzeichnet sind.
- Kontakt zwischen den Rohren und den Wärmeleiteinrichtungen oder dem Estrich, gekennzeichnet durch den Faktor a_K .

Die spezifische Wärmeleistung ist proportional zu $(\Delta \vartheta_H)^n$, wobei die Differenz zwischen Heizmittel- und Raumtemperatur wie folgt ist:

$$\Delta \vartheta_H = \frac{\vartheta_V - \vartheta_R}{\ln \frac{\vartheta_V - \vartheta_i}{\vartheta_R - \vartheta_i}} \quad (1)$$

und mit einem Exponenten n , für den experimentelle und theoretische Untersuchungen Folgendes ergeben haben:

$$1,0 < n < 1,05 \quad (2)$$

Innerhalb der Grenzen der erreichbaren Genauigkeit wird

$$n = 1$$

gesetzt.

Die spezifische Wärmeleistung wird nach Gleichung (3) berechnet.

$$q = B \cdot \prod_i (a_i^{m_i}) \cdot \Delta \vartheta_H \quad (3)$$

Dabei ist

- | | |
|-----------------------|--|
| B | ein systemabhängiger Koeffizient, in $W/(m^2 \cdot K)$; |
| $\prod_i (a_i^{m_i})$ | ein Potenzprodukt, das die Parameter des Fußbodenaufbaus miteinander verknüpft (siehe 6.2, 6.3 und 6.4). |

Es ist zwischen Systemen, bei denen die Rohre innerhalb oder unterhalb des Estrichs bzw. Holzfußbodens verlegt werden, und Systemen mit Flächenelementen zu unterscheiden. Bei üblichem Aufbau gilt Gleichung (3) unmittelbar. Bei Systemen mit zusätzlichen Einrichtungen für die Wärmeverteilung, bei mit Luft gefüllten Hohlprofilen oder bei sonstigen Bauteilen, die die Wärmeverteilung beeinflussen, erfolgt die Bestimmung der Wärmeleistung experimentell nach Abschnitt 9.

6.2 Systeme mit Rohren innerhalb des Estrichs (Typ A und Typ C)

Bei diesen Systemen (siehe Bild A.2) werden die Kennlinien nach Gleichung (4a) berechnet.

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^m \cdot a_u^m \cdot a_D^m \cdot \Delta \vartheta_H \quad (4a)$$

Das Potenzprodukt vor der Temperaturdifferenz $\Delta \vartheta_H$ wird als äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient K_H bezeichnet, wodurch sich folgende abgekürzte Form des Ausdrucks ergibt:

$$q = K_H \cdot \Delta \vartheta_H \quad (4b)$$

Dabei ist

$B = B_0 = 6,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ für eine Wärmeleitfähigkeit des Rohres $\lambda_R = \lambda_{R,0} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und eine Rohrwanddicke $s_R = s_{R,0} = (d_a - d_i)/2 = 0,002 \text{ m}$.

Für andere Werkstoffe mit abweichenden Wärmeleitfähigkeiten oder Rohrwanddicken sowie für ummantelte Rohre ist B nach 6.6 zu berechnen.

Für einen Heizestrich mit vermindertem Feuchtigkeitszusatz muss $\lambda_E = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ angesetzt werden. Dieser Wert gilt auch für Heizestriche. Wenn ein abweichender Wert verwendet wird, ist dessen Gültigkeit zu überprüfen.

a_B ist der Fußbodenbelag-Faktor nach folgender Gleichung:

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}} \quad (5)$$

Dabei ist

$\alpha = 10,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K});$

$\lambda_{u,0} = 1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K});$

$s_{u,0} = 0,045 \text{ m};$

$R_{\lambda,B}$ der Wärmeleitwiderstand des Fußbodenbelags, in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W};$

λ_E die Wärmeleitfähigkeit des Estrichs, in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K});$

a_T ein Teilungsfaktor nach Tabelle A.1, $a_T = f(R_{\lambda,B});$

a_u ein Überdeckungsfaktor nach Tabelle A.2, $a_u = f(T, R_{\lambda,B});$

a_D der Faktor für den Rohraußendurchmesser nach Tabelle A.3, $a_D = f(T, R_{\lambda,B}).$

$$m_T = 1 - \frac{T}{0,075} \quad \text{gilt für } 0,050 \text{ m} \leq T \leq 0,375 \text{ m} \quad (6)$$

$$m_u = 100(0,045 - s_u) \quad \text{gilt für } s_u \geq 0,010 \text{ m} \quad (7)$$

$$m_D = 250(D - 0,020) \quad \text{gilt für } 0,008 \text{ m} \leq D \leq 0,030 \text{ m} \quad (8)$$

In den Gleichungen (6), (7) und (8) ist

T die Rohrteilung;

D der Außendurchmesser des Rohres, gegebenenfalls einschließlich der Ummantelung;

s_u die Dicke der Estrichüberdeckung über dem Rohr.

Für eine Rohrteilung $T > 0,375$ m wird die spezifische Wärmeleistung näherungsweise nach folgender Gleichung berechnet

$$q = q_{0,375} \frac{0,375}{T} \quad (9)$$

Dabei ist

$q_{0,375}$ die spezifische Wärmeleistung, berechnet für eine Rohrteilung $T = 0,375$ m.

Für Rohrüberdeckungen $s_u \leq 0,065$ m sowie für Rohrüberdeckungen $0,065 \text{ m} < s_u \leq s_u^*$ (s_u^* siehe nachstehend) gilt Gleichung (4a) unmittelbar. Der Wert für s_u^* ist wie folgt von der Rohrteilung abhängig:

Beträgt die Teilung $T \leq 0,200$ m, so gilt $s_u^* = 0,100$ m.

Beträgt die Teilung $T > 0,200$ m, so gilt $s_u^* = 0,5 T$. In diese Beziehung ist stets die tatsächliche Teilung T einzusetzen, auch wenn die Berechnung nach Gleichung (9) erfolgt.

Für Rohrüberdeckungen $s_u > s_u^*$ ist Gleichung (4b) anzuwenden. In diesem Fall ist der äquivalente Wärmedurchgangskoeffizient nach der folgenden Gleichung zu bestimmen:

$$K_H = \frac{1}{\frac{1}{K_{H,s_u=s_u^*}} + \frac{s_u - s_u^*}{\lambda_E}} \quad (10)$$

In Gleichung (10) ist $K_{H,s_u=s_u^*}$ das Potenzprodukt aus Gleichung (4a), berechnet für die Rohrüberdeckung s_u^* .

Die Grenzkurven werden nach 6.5 berechnet.

6.3 Systeme mit Rohren unter dem Estrich oder Holzfußboden (Typ B)

Bei diesen Systemen (siehe Bild A.3) werden die variable Dicke s_u der Lastverteilschicht und deren variable Wärmeleitfähigkeit λ_E durch den Faktor a_u erfasst. Der Rohrdurchmesser hat keine Auswirkungen. Der Kontakt zwischen dem Heizrohr und der Wärmeleiteinrichtung oder einer anderen Wärmeverteilereinrichtung ist jedoch ein ausschlaggebender Parameter. Die Kennlinie wird dann wie folgt berechnet:

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_u \cdot a_{WL} \cdot a_K \cdot \Delta \vartheta_H \quad (11)$$

Dabei ist

$B = B_0 = 6,5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$, unter den für die Gleichungen (4a) und (4b) aufgeführten Bedingungen;

a_T der Rohrteilungsfaktor nach Tabelle A.6, $a_T = f(s_u/\lambda_E)$;

m_T siehe Gleichung (6);

a_u der Überdeckungsfaktor, berechnet nach folgender Gleichung:

$$a_u = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_u}{\lambda_E}} \quad (12)$$

Dabei ist

$$\alpha = 10,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K});$$

$$\lambda_{u,0} = 1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K});$$

$$s_{u,0} = 0,045 \text{ m};$$

$$a_{WL} \text{ der Wärmeleitfaktor (siehe Tabelle A.8), } a_{WL} = f(K_{WL}, T, D).$$

Für den Kennwert K_{WL} gilt Folgendes:

$$K_{WL} = \frac{s_{WL} \cdot \lambda_{WL} + b_u \cdot s_u \cdot \lambda_E}{0,125} \quad (13)$$

Dabei ist

$$b_u = f(T) \text{ Tabelle A.7 zu entnehmen};$$

$$s_{WL} \cdot \lambda_{WL} \text{ das Produkt aus Dicke und Wärmeleitfähigkeit der Wärmeleiteinrichtung};$$

$$s_u \cdot \lambda_E \text{ das Produkt aus Dicke und Wärmeleitfähigkeit der Estrich- oder Holz-Überdeckung.}$$

Wenn die Breite L der Wärmeleiteinrichtung kleiner als die Rohrteilung T ist, muss der nach Tabelle A.8 bestimmte Wert $a_{WL,L=T}$ wie folgt korrigiert werden:

$$a_{WL} = a_{WL,L=T} - \left(a_{WL,L=T} - a_{WL,L=0} \right) \left[1 - 3,2(L/T) + 3,4(L/T)^2 - 1,2(L/T)^3 \right] \quad (14)$$

Die Wärmeleitfaktoren $a_{WL,L=T}$ und $a_{WL,L=0}$ sind Tabelle A.8a bis Tabelle A.8f zu entnehmen. Für $L = T$ gelten die Tabellen mit K_{WL} nach Gleichung (13) unmittelbar; für $L = 0$ gelten die Tabellen mit K_{WL} nach Gleichung (13) mit $s_{WL} = 0$.

$$a_K \text{ ist der Korrekturfaktor für den Kontakt nach Tabelle A.9; } a_K = f(T).$$

Mit dem Korrekturfaktor für den Kontakt a_K werden zusätzliche Wärmedurchgangswiderstände infolge des nur punkt- oder linienförmigen Kontakts zwischen dem Heizrohr und der Wärmeleiteinrichtung erfasst. Diese Widerstände sind von den Fertigungstoleranzen der Rohre und der Wärmeleiteinrichtungen sowie von der Sorgfalt der Verlegung abhängig und daher in Einzelfällen Schwankungen unterworfen. Deshalb ist in Tabelle A.9 ein mittlerer Rechenwert für a_K angegeben.

$$a_B \text{ ist der Fußbodenbelag-Faktor:}$$

$$a_B = \frac{1}{1 + B \cdot a_u \cdot a_T^{\text{mT}} \cdot a_{WL} \cdot a_K \cdot R_{\lambda,B} \cdot f(T)} \quad (15)$$

$$\text{mit } f(T) = 1 + 0,44\sqrt{T}$$

Die Grenzkurven werden nach 6.5 berechnet.

6.4 Systeme mit Flächenelementen (Typ D)

Für Fußböden mit Flächenelementen (siehe Bild A.4) gilt folgende Gleichung:

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_u \cdot \Delta \vartheta_H \quad (16)$$

Dabei ist

$$B = B_0 = 6,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \text{ und}$$

$$a_T^{m_T} = 1,06;$$

a_u der Überdeckungsfaktor nach Gleichung (12);

a_B der Fußbodenbelag-Faktor:

$$a_B = \frac{1}{1 + B \cdot a_u \cdot a_T^{m_T} \cdot R_{\lambda, B}} \quad (17)$$

6.5 Grenzwerte der spezifischen Wärmeleistung

Das Prinzip des Verfahrens zur Bestimmung der Grenzwerte der spezifischen Wärmeleistung ist in Bild A.5 dargestellt.

Die Grenzkurve (siehe Bild A.5) gibt die Beziehung zwischen spezifischer Wärmeleistung und Temperaturdifferenz zwischen Heizmittel und Raum für den Fall an, dass die maximal zulässige Differenz zwischen Oberflächentemperatur und Innentemperatur (9 K bzw. 15 K) erreicht wird.

Die Grenzkurve wird aus folgendem Produktansatz berechnet:

$$q_G = \varphi \cdot B_G \cdot \left[\frac{\Delta \vartheta_H}{\varphi} \right]^{n_G} \quad (18)$$

Dabei ist

B_G ein Koeffizient nach Tabelle A.4a (gültig für $s_u/\lambda_E \leq 0,079 \text{ 2}$) und Tabelle A.4b (gültig für $s_u/\lambda_E > 0,079 \text{ 2}$) für Systeme vom Typ A und Typ C oder nach Tabelle A.10 für Systeme vom Typ B, bzw. $B_G = 100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ für Systeme mit Flächenelementen;

n_G ein Exponent nach Tabelle A.5a (gültig für $s_u/\lambda_E \leq 0,079 \text{ 2}$) und Tabelle A.5b (gültig für $s_u/\lambda_E > 0,079 \text{ 2}$) für Systeme vom Typ A und Typ C oder nach Tabelle A.11 für Systeme vom Typ B, bzw. $n_G = 0$ für Systeme mit Flächenelementen;

φ ein Faktor für die Umrechnung auf beliebige Werte der Temperaturen $\vartheta_{F, \max}$ und ϑ_i .

$$\varphi = \left[\frac{\vartheta_{F, \max} - \vartheta_i}{\Delta \vartheta_0} \right]^{1,1} \text{ mit } \Delta \vartheta_0 = 9 \text{ K} \quad (19)$$

Der Grenzwert der Temperaturdifferenz zwischen Heizmittel und Raum $\Delta \vartheta_{H, G}$ wird wie folgt aus dem Schnittpunkt der Kennlinie mit der Grenzkurve (siehe Bild A.5) berechnet:

$$\Delta \vartheta_{H, G} = \varphi \cdot \left[\frac{B_G}{B \cdot \prod_i a_i^{m_i}} \right]^{\frac{1}{1-n_G}} \quad (20)$$

Für Systeme vom Typ A und vom Typ C gelten die vorstehenden Gleichungen (18) und (20) bei Rohrteilungen $T \leq 0,375$ m unmittelbar. Ist die Teilung $T > 0,375$ m, so ist für diese Systeme folgende Umrechnung vorzunehmen:

$$q_G = q_{G;0,375} \cdot \frac{0,375}{T} \cdot f_G \quad (21)$$

$$\Delta \vartheta_{H,G} = \Delta \vartheta_{H,G;0,375} \cdot f_G \quad (22)$$

Dabei ist

$q_{G;0,375}$ der Grenzwert der spezifischen Wärmeleistung, berechnet für eine Teilung $T = 0,375$ m;

$\vartheta_{H,G;0,375}$ der Grenzwert der Temperaturdifferenz zwischen Heizmittel und Raum, berechnet für eine Teilung $T = 0,375$ m.

Der Faktor f_G ist in Abhängigkeit vom Verhältnis s_u/T wie folgt zu bestimmen:

Für $s_u/T \leq 0,173$ gilt $f_G = 1$.

Für $s_u/T > 0,173$ gilt folgende Gleichung:

$$f_G = \frac{q_{G,\max} - (q_{G,\max} - q_{G;0,375} \cdot \frac{0,375}{T}) \cdot e^{-20 \cdot (s_u/T - 0,173)^2}}{q_{G;0,375} \cdot \frac{0,375}{T}} \quad (23)$$

Dabei ist

$q_{G,\max}$ die maximal zulässige spezifische Wärmeleistung nach Tabelle A.12, berechnet bei isothermer Oberflächentemperaturverteilung aus der Basiskennlinie (Bild A.1), mit $(\vartheta_{F,m} - \vartheta_i) = (\vartheta_{F,\max} - \vartheta_i)$.

Für Systeme vom Typ B gelten die Gleichungen (18) und (20) unmittelbar, wenn die Rohrteilung T und die Breite der Wärmeleiteinrichtung L übereinstimmen. Im Falle $L < T$ ist der nach Gleichung (18) berechnete Wert der spezifischen Wärmeleistung $q_{G,L=T}$ nach folgender Gleichung zu korrigieren:

$$q_G = \frac{a_{WL}}{a_{WL,L=T}} \cdot q_{G,L=T} \quad (24)$$

Dabei ist

$a_{WL,L=T}$ der Wärmeleitfaktor nach Tabelle A.8;

a_{WL} der Wärmeleitfaktor, berechnet nach Gleichung (14).

Der Grenzwert der Temperaturdifferenz zwischen Heizmittel und Raum $\Delta \vartheta_{H,G}$ bleibt unverändert, wie für den Fall $L = T$.

Für $\vartheta_{F,\max} - \vartheta_i = 9$ K, $\varphi = 1$ und $R_{\lambda,B} = 0$ werden der Grenzwert der spezifischen Wärmeleistung q_G als spezifische Normwärmeleistung q_N und der zugehörige Grenzwert der Temperaturdifferenz zwischen Heizmittel und Raum $\Delta \vartheta_{H,G}$ als Normtemperaturdifferenz zwischen Heizmittel und Raum $\Delta \vartheta_N$ bezeichnet (siehe Bild A.5). Diese Werte dienen als Kenngrößen für den Systemvergleich.

Der maximal mögliche Wert der spezifischen Wärmeleistung $q_{G,\max}$ bei isothermer Oberflächentemperaturverteilung liegt auf der Basiskennlinie (siehe Bild A.1) als Ordinatenwert zu $\vartheta_{F,m} = \vartheta_{F,\max}$.