

DIN EN 1264-2

ICS 91.140.10

Ersatz für
DIN EN 1264-2:2013-03

**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 1264-2:2021**

Water based surface embedded heating and cooling systems –
Part 2: Floor heating: Methods for the determination of the thermal output using calculations
and experimental tests;
German version EN 1264-2:2021

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 1264-2:2021

Gesamtumfang 44 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1264-2:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 130 „Raumheiz- oder -kühleinrichtungen ohne eingebaute thermische Quelle“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI (Italien) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitskreis NA 041-01-69-15 AK „Integrierte Flächenheizungen und -kühlungen (SpA CEN/TC 130/WG 9 und ISO/TC 205/WG 8)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS).

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1264-2:2013-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel modifiziert;
- b) Anwendungsbereich präzisiert;
- c) Wortlaut verbessert, insbesondere für den Begriff „Prüfverfahren“;
- d) Abschnitt 9 modifiziert;
- e) Abschnitt 10 „Experimentelles Verfahren zur Bestimmung des wirksamen Wärmewiderstands von Teppichen“ und alle Verweisungen auf diesen Abschnitt gestrichen;
- f) Bild A.9, Bild A.10 und Bild A.11 entfernt;
- g) Tabelle A.13 „Wärmeleitfähigkeitswerte von Werkstoffen für Warmwasser-Fußbodenheizsystemen“ in Anhang C verschoben und erweitert;
- h) Anhang B „Experimentelles Verfahren für die Bestimmung von Parameter zur Anwendung in EN 15377-1:2005, Anhang C“ gestrichen;
- i) neuer Abschnitt 12 „Berechnung der spezifischen Wärmekapazität (C-Wert)“ hinzugefügt.

Frühere Ausgaben

DIN 4725-2: 1992-05

DIN 4725-200: 2001-03

DIN EN 1264-2: 1997-11, 2009-01, 2013-03

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: Methods for the determination
of the thermal output using calculations and
experimental tests

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 12. April 2021 angenommen.

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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, 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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Thermische Randbedingungen	7
5 Unterlagen für die Prüfung	8
6 Berechnung der spezifischen Wärmeleistung (Kennlinien und Grenzkurven)	8
6.1 Allgemeiner Ansatz	8
6.2 Systeme mit Rohren innerhalb des Estrichs (Typ A, C, H, I, J)	10
6.3 Systeme mit Rohren unter dem Estrich oder Holzfußboden (Typ B)	11
6.4 Systeme mit Flächenelementen (Typ D)	13
6.5 Grenzwerte der spezifischen Wärmeleistung	13
6.6 Einfluss von Rohrwerkstoff, Rohrwanddicke und Rohrummantelung auf die spezifische Wärmeleistung	15
6.7 Wärmeleitfähigkeit des Estrichs mit Einbauten	15
7 Wärmeleitfähigkeit der Werkstoffe	15
8 Wärmeverlust nach unten	16
9 Experimentelles Verfahren für die Bestimmung der Wärmeleistung von Systemen, die nicht nach Abschnitt 6 berechnet werden können	16
10 Prüfbericht	19
11 Prüfsystem	19
11.1 Allgemeines	19
11.2 Master-Probekörper	20
11.3 Verifizierung der Prüfstände	20
11.4 Bestimmung der Werte s_m und $\phi_{M,S} (q_{N,M,S}, q_{G,M,S} (R_{\lambda;B} = 0,15))$ der ersten Master-Probekörper	20
11.5 Verifizierung der Software	21
12 Berechnung der spezifischen Wärmekapazität des Systems (C-Wert)	22
Anhang A (normativ) Bilder und Tabellen	23
Anhang B (normativ) Einfluss der Wärmeübertragungskoeffizienten im Rohr auf die spezifische Wärmeleistung	39
Anhang C (normativ) Werkstoffdaten	40
Literaturhinweise	42

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 1264-2:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 130 „Raumheiz- oder -kühleinrichtungen ohne eingebaute thermische Quelle“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2021 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 1264-2:2008+A1:2012.

Die hauptsächlichen Änderungen gegenüber der vorherigen Ausgabe sind im Folgenden aufgeführt:

- a) Titel modifiziert;
- b) Anwendungsbereich präzisiert;
- c) Wortlaut verbessert, insbesondere für den Begriff „Prüfverfahren“;
- d) Abschnitt 9 modifiziert;
- e) Abschnitt 10 „Experimentelles Verfahren zur Bestimmung des wirksamen Wärmewiderstands von Teppichen“ und alle Verweisungen auf diesen Abschnitt gestrichen;
- f) Bild A.9, Bild A.10 und Bild A.11 entfernt;
- g) Tabelle A.13 „Wärmeleitfähigkeitswerte von Werkstoffen für Warmwasser-Fußbodenheizsystemen“ in Anhang C verschoben und überarbeitet;
- h) Anhang B „Experimentelles Verfahren für die Bestimmung von Parameter zur Anwendung in EN 15377-1:2005, Anhang C“ gestrichen;
- i) neuer Abschnitt 12 „Berechnung der spezifischen Wärmekapazität (C-Wert) des Systems“ hinzugefügt.

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: Bestimmung der Wärmeleistung von Wand- und Deckenheizung sowie Kühlleistung von Fußboden-, Wand- und Deckenkühlung.*

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

Einleitung

Die Normenreihe EN 1264 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 EN 1264-2 festgelegten Prüfverfahren für die Bestimmung der Wärmeleistung von Fußbodenheizsystemen. Analog zu EN 442-2, *Radiatoren und Konvektoren — Teil 2: Prüfverfahren und Leistungsangabe* liefern diese Prüfverfahren unter definierten Randbedingungen Teillastkennlinien sowie als systemcharakteristischen Leistungswert die Norm-Wärmeleistung mit der zugehörigen Norm-Differenz zwischen Heizmittel und Raumtemperatur.

1 Anwendungsbereich

EN 1264 gibt Leitlinien für in Wohn- und anderen Gebäuden (z. B. Bürogebäuden, öffentlichen Gebäuden sowie Gewerbe- und Industriegebäuden) installierte raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme und legt einen Schwerpunkt auf Systeme, die für den Zweck der thermischen Behaglichkeit installiert werden.

Die Normenreihe EN 1264 gibt Leitlinien für Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung, die in die Raumumschließungsflächen des zu heizenden oder des zu kühlenden Raumes eingebettet sind. Sie legt ggf. auch die entsprechende Verwendung anderer Heizmittel als Wasser fest.

Die Normenreihe EN 1264 legt die Identifizierung standardisierter Produktmerkmale durch Berechnung und Prüfung der Wärmeleistung der Heizung für technische Spezifikationen und die Zertifizierung fest. Für das Design, den Bau und den Betrieb dieser Anlagen siehe EN 1264-3 und EN 1264-4 für die Typen A, B, C, D, H, I und J. Für die Typen E, F und G siehe Normenreihe EN ISO 11855.

Die in der Normenreihe EN 1264 festgelegten Systeme grenzen an den tragenden Untergrund der Umschließungsflächen des Gebäudes an und werden direkt oder mit Befestigungshalterungen angebracht. Die Normenreihe EN 1264 trifft keine Festlegungen für in abgehängten Decken montierte Deckensysteme mit einem auslegungsgemäßen offenen Luftspalt zwischen dem System und der Gebäudestruktur, der eine thermisch induzierte Umwälzung der Luft erlaubt. Die Wärmeleistung dieser Systeme kann nach der Normenreihe EN 14037 und EN 14240 bestimmt werden.

EN 1264-2 legt Warmwasser-Fußbodenheizsysteme fest. Die Anwendung von EN 1264-5 erfordert die vorherige Anwendung von EN 1264-2. EN 1264-5 legt die Umrechnung der in EN 1264-2 bestimmten Wärmeleistung der Fußbodenheizsysteme in die Wärmeleistung von Heizflächen in Wänden und Decken sowie in die Kühlleistung von Kühlflächen in Fußböden, Wänden und Decken fest.

EN 1264-2 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 Wärmeleistung wird durch ein Berechnungsverfahren und ein Messverfahren geprüft. Das Berechnungsverfahren ist auf Systeme anwendbar, die den Definitionen nach EN 1264-1 (Typ A, B, C, D, H, I und J) entsprechen. Bei Systemen, die diesen Definitionen nicht entsprechen, gibt das Messverfahren Leitlinien. Das Berechnungsverfahren und das Messverfahren entsprechen einander und liefern korrelierende, adäquate Prüfergebnisse.

Als Prüfergebnisse werden die spezifische Norm-Wärmeleistung mit der zugehörigen Norm-Differenz 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

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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, *Raumflächenintegrierte Heiz und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung — Teil 1: Definitionen und Symbole*

EN 1264-3:2021, *Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung — Teil 3: Auslegung*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1264-1.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

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 im normativen Anhang A).

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 $\sigma = \vartheta_V - \vartheta_R$, Wärmeverlust nach unten q_u und Wärmeleitwiderstand 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 (siehe Gleichung (1));
- turbulente Rohrströmung: $m_H/d_i > 4\,000\text{ kg}/(\text{h} \cdot \text{m})$;
- es findet kein seitlicher Wärmefluss statt;

¹ Nationale Vorschriften können diese Temperatur auf einen niedrigeren Wert begrenzen.

² Einige Werkstoffe von Fußbodenbelägen können niedrigere Temperaturen erforderlich machen.

- die Heizebene des Fußbodenheizsystems wird durch Wärmedämmung thermisch vom tragenden Untergrund des Gebäudes abgekoppelt. Die Wärmedämmung muss nicht direkt unter dem System zu liegen.

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 Lieferanten des Systems zugrunde gelegt. Folgende Unterlagen müssen bereitgestellt werden:

- Einbauzeichnung (Schnitt) des Fußbodenheizsystems über zwei Rohrteilungen, einschließlich der Randzone und mit Angabe der verwendeten Werkstoffe (erforderlichenfalls müssen die Prüfergebnisse zur Wärmeleitfähigkeit der Werkstoffe vorgelegt werden);
- 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.

6 Berechnung der spezifischen Wärmeleistung (Kennlinien und Grenzkurven)

6.1 Allgemeiner Ansatz

Die spezifische Wärmeleistung q an einer Fußbodenoberfläche ist durch folgende Parameter zu bestimmen:

- Rohrteilung T ;
- Dicke s_u und Wärmeleitfähigkeit λ_E der Schicht über dem Rohr;
- Wärmeleitwiderstand des Fußbodenbelags $R_{\lambda,B}$;
- Rohraußendurchmesser $D = d_a$, inklusive Ummantelung ($D = d_M$), falls nötig, und Wärmeleitfähigkeit des Rohrs λ) oder der Ummantelung λ_M . Bei Rohren mit einem nicht kreisförmigen Querschnitt muss für die Berechnung der äquivalente Durchmesser eines Rohrs mit kreisförmigem Querschnitt mit demselben Umfang verwendet werden (die Estrichüberdeckung darf nicht geändert werden). Die Dicke und die Wärmeleitfähigkeit dauerhaft montierter Diffusions-Sperrschichten mit einer Dicke von bis zu 0,3 mm brauchen bei der Berechnung nicht berücksichtigt zu werden. In diesem Fall ist $D = d_a$ anzuwenden;
- 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 α_K .

Das Berechnungsverfahren ist auf die in Tabelle 1 aufgeführten Randbedingungen begrenzt.

Tabelle 1 — Kriterien für die Auswahl des vereinfachten Berechnungsverfahrens

Typ des Systems	Bild	Randbedingungen	Verfahren
A, C, H, I, J	Bild A.2	$T \geq 0,050 \text{ m}$ $s_u \geq 0,01 \text{ m}$ $0,008 \text{ m} \leq D \leq 0,03 \text{ m}$ $s_u/\lambda_e \geq 0,01$	6.2
B	Bild A.3	$0,05 \text{ m} \leq T \leq 0,45 \text{ m}$ $0,014 \text{ m} \leq D \leq 0,022 \text{ m}$ $0,01 \text{ m} \leq s_u/\lambda_e \leq 0,18$	6.3
D	Bild A.4		6.4

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:

$$1,0 < n < 1,05 \text{ }^{N1} \quad (2)$$

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 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

$\prod_i (a_i^{m_i})$ 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 oder 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.

^{N1} Nationale Fußnote: $1,0 \leq n < 1,05$.

6.2 Systeme mit Rohren innerhalb des Estrichs (Typ A, C, H, I, J)

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

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_u^{m_u} \cdot a_D^{m_D} \Delta \cdot \vartheta_H \quad (4)$$

Das Produkt $B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_u^{m_u} \cdot a_D^{m_D}$ wird als äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient K_H bezeichnet, wodurch sich folgende abgekürzte Form des Ausdrucks ergibt, Gleichung (5):

$$q = K_H \cdot \Delta \vartheta_H \quad (5)$$

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 $s_R = s_{R,0} = (d_a - d_i)/2 = 0,002 \text{ m}$;

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, $a_D = f(T, R_{\lambda,B})$.

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

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

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

Für andere Werkstoffe mit abweichenden Wärmeleitfähigkeiten oder Rohrwanddicken sowie für ummantelte Rohre muss B nach 6.6 berechnet werden.

Für einen Heizestrich muss λ_E aus Tabelle C.1 verwendet werden. Wenn ein abweichender Wert verwendet wird, ist dessen Gültigkeit zu überprüfen.

a_B ist der Fußbodenbelag-Faktor nach Gleichung (9):

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}} \quad (9)$$

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 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;

In der Gleichung (6), Gleichung (7) und Gleichung (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

$$q = q_{0,375} \frac{0,375}{T} \quad (10)$$

Dabei ist

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

Für Systeme mit $s_u \leq 0,065$ m sowie für Systeme mit $0,065 \text{ m} < s_u \leq s_u^*$ gilt Gleichung (4) 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 diesem Verhältnis ist stets die tatsächliche Teilung T einzusetzen, auch wenn die Berechnung nach Gleichung (10) erfolgt.

Für Rohrüberdeckungen $s_u > s_u^*$ ist Gleichung (5) anzuwenden. In diesem Fall ist der äquivalente Wärmedurchgangskoeffizient nach Gleichung (11) zu bestimmen:

$$K_H = \frac{1}{\frac{1}{K_{H,s_u=s_u^*}} + \frac{s_u - s_u^*}{\lambda_E}} \quad (11)$$

In Gleichung (11) ist $K_{H,s_u=s_u^*}$ das Potenzprodukt aus Gleichung (4), 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 Wärmeverteileinrichtung ist jedoch ein ausschlaggebender Parameter. Die Kennlinie wird dann nach Gleichung (12) berechnet:

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_u \cdot a_{WL} \cdot a_K \cdot \Delta\vartheta_H \quad (12)$$

Dabei ist

- $B = B_0 = 6,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, unter den für die Gleichung (4) und Gleichung (5) aufgeführten Bedingungen;
- a_T der Rohrteilungsfaktor nach Tabelle A.8, $a_T = f(s_u/\lambda_E)$;
- m_T siehe Gleichung (6);
- a_u der Überdeckungsfaktor, berechnet nach Gleichung (13):

$$a_u = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_u}{\lambda_E}} \quad (13)$$

Dabei ist

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

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

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

$$a_{WL} \quad \text{der Wärmeleitfaktor (siehe ab Tabelle A.10), } a_{WL} = f(K_{WL}, T, D).$$

Für den Kennwert K_{WL} gilt Gleichung (14):

$$K_{WL} = \frac{s_{WL} \cdot \lambda_{WL} + b_u \cdot s_u \cdot \lambda_E}{0,125} \quad (14)$$

Dabei ist

$$b_u = f(T) \text{ Tabelle A.9 zu entnehmen;}$$

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

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

Wenn die Breite L der Wärmeleiteinrichtung kleiner als die Rohrteilung T ist, muss der nach Tabelle A.10 und Folgende bestimmte Wert $a_{WL,L=T}$ nach Gleichung (15) korrigiert werden:

$$a_{WL} = a_{WL,L=T} - (a_{WL,L=T} - a_{WL,L=0}) \left[1 - 3,2 \left(\frac{L}{T} \right) + 3,4 \left(\frac{L}{T} \right)^2 - 1,2 \left(\frac{L}{T} \right)^3 \right] \quad (15)$$

Die Wärmeleitfaktoren $a_{WL,L=T}$ und $a_{WL,L=0}$ sind Tabelle A.10 bis Tabelle A.15 zu entnehmen. Für $L = T$ gelten die Tabellen mit K_{WL} nach Gleichung (14) unmittelbar; für $L = 0$ gelten die Tabellen mit K_{WL} nach Gleichung (14) mit $s_{WL} = 0$.

a_K ist der Korrekturfaktor für den Kontakt nach Tabelle A.9^{N2}; $a_K = f(T)$.

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 Genauigkeit der Verlegung abhängig und daher in Einzelfällen Schwankungen unterworfen. Deshalb ist in Tabelle A.16 ein mittlerer Rechenwert für a_K angegeben.

a_B ist der Fußbodenbelag-Faktor:

$$a_B = \frac{1}{1 + B \cdot a_u \cdot a_T^{m_T} \cdot a_{WL} \cdot a_K \cdot R_{\lambda,B} \cdot f(T)} \quad (16)$$

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

Die Grenzkurven werden nach 6.5 berechnet.

^{N2} Nationale Fußnote: Tabelle A.16.