

DIN EN ISO 11855-2

ICS 91.140.10; 91.140.30

Ersatz für
DIN EN ISO 11855-2:2015-11

**Umweltgerechte Gebäudeplanung –
Planung, Auslegung, Installation und Steuerung flächenintegrierter
Strahlheizungs- und -kühlsysteme –
Teil 2: Bestimmung der Auslegungs-Heiz- bzw. Kühlleistung
(ISO 11855-2:2012);
Deutsche Fassung EN ISO 11855-2:2015**

Building environment design –
Design, dimensioning, installation and control of embedded radiant heating and cooling
systems –
Part 2: Determination of the design heating and cooling capacity (ISO 11855-2:2012);
German version EN ISO 11855-2:2015

Conception de l'environnement des bâtiments –
Conception, dimensionnement, installation et contrôle des systèmes intégrés de chauffage et
de refroidissement par rayonnement –
Partie 2: Détermination de la puissance calorifique et frigorifique à la conception
(ISO 11855-2:2012);
Version allemande EN ISO 11855-2:2015

Gesamtumfang 68 Seiten

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

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 11855-2:2012 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 205 „Building environment design“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 11855-2:2015 durch das Technische Komitee CEN/TC 228 „Heizungsanlagen und wasserbasierte Kühlanlagen in Gebäuden“ übernommen, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der NA 041-01-58 AA „Heizungsanlagen und wassergeführte Kühlanlagen in Gebäuden (SpA CEN/TC 228)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS).

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 11855-1 siehe DIN EN ISO 11855-1

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15377-1:2009-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Begriffsdefinitionen sowie Komfortkriterien wurden in DIN EN ISO 11855-1 behandelt;
- b) Berechnungsmethoden für die Bestimmung der Heiz- und Kühlleistung werden in diesem Teil behandelt;
- c) Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Gegenüber DIN EN ISO 11855-2:2015-11 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) Im europäischen Vorwort wurde eine nationale Fußnote eingefügt;
- b) in 7.1 wurde im Absatz über Bild 2 das modale Hilfsverb angepasst, um den Text an die englische Referenzfassung anzupassen;
- c) in Anhang A.2.6 wurde Gleichung (A.25a) an die englische Referenzfassung angepasst;
- d) bei den Bildern 1, B.3 und D.1 wurden Kommentare zu den Übersetzungen der in den Bildern verwendeten Begriffe gelöscht;
- e) in Anhang A.3 wurde in Gleichung (A.32) der Index $K_{H,Floor}$ in $K_{H,Fußboden}$ umbenannt;
- f) in Anhang A.3 wurde in den Erläuterungen zu Gleichung (A.33), 2. Absatz, „ $R_{\lambda,B} \geq 0$ “ in „ $R_{\lambda,B} = 0$ “ geändert, um den Text an die englische Referenzfassung anzupassen.
- g) Gleichung (B.14) wurde der englischen Referenzfassung angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN EN 15377-1: 2009-02
DIN EN ISO 11855-2: 2015-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 11855-1, *Umweltgerechte Gebäudeplanung — Planung, Auslegung, Installation und Steuerung flächenintegrierter Strahlheizungs- und -kühlsysteme — Teil 1: Begriffe, Symbole und Komfortkriterien*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Umweltgerechte Gebäudeplanung —
Planung, Auslegung, Installation und Steuerung
flächenintegrierter Strahlheizungs- und -kühlsysteme —
Teil 2: Bestimmung der
Auslegungs-Heiz- bzw. Kühlleistung
(ISO 11855-2:2012)

Building environment design —
Design, dimensioning, installation and control of
embedded radiant heating and cooling systems —
Part 2: Determination of the design
heating and cooling capacity
(ISO 11855-2:2012)

Conception de l'environnement des bâtiments —
Conception, dimensionnement, installation et contrôle
des systèmes intégrés de chauffage et de
refroidissement par rayonnement —
Partie 2: Détermination de la puissance
calorifique et frigorifique à la conception
(ISO 11855-2:2012)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 30. Juli 2015 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 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

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

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Konzept der Methode zur Bestimmung der Heiz- und Kühlleistung	9
6 Wärmeübergangskoeffizient zwischen Oberfläche und Raum	9
7 Vereinfachte Berechnungsmethoden für die Bestimmung der Heiz- und Kühlleistung oder der Oberflächentemperatur	12
7.1 Allgemeiner Ansatz der spezifischen Wärmeleistung	12
7.2 Methoden für den Wärmedurchgangswiderstand	15
8 Verwendung von einfachen Berechnungsprogrammen	17
8.1 Einfache Berechnungsprogramme	17
8.2 Erforderliche Angaben in einer vollständigen Dokumentation der Berechnungen	17
9 Berechnung der Heiz- und Kühlleistung	18
Anhang A (normativ) Berechnung der Wärmestromdichte	19
A.1 Allgemeines	19
A.2 Referenzheizsysteme	19
A.2.1 Allgemeines	19
A.2.2 Systeme mit im Estrich verlegten Rohren (Typ A und Typ C)	20
A.2.3 Systeme mit Rohren unter dem Estrich oder dem Holzboden (Typ B)	22
A.2.4 Systeme mit Flächenelementen	24
A.2.5 Grenzwerte der Wärmestromdichte	24
A.2.6 Einfluss des Rohrmaterials, der Rohrwanddicke und Rohrummantelung auf die Wärmestromdichte	26
A.2.7 Wärmeleitfähigkeit des Estrichs mit Einbauten	27
A.2.8 Wärmeverlust nach unten	27
A.3 In Fußböden, Decken und Wände integrierte Heiz- und Kühlflächen	28
A.4 Bilder und Tabellen	29
Anhang B (normativ) Allgemeine Widerstandsverfahren	43
B.1 Allgemeine Gleichungen	43
B.2 Berechnung von R_t für in massiven Beton integrierte Rohre (stationäre Bedingungen)	44
B.3 Berechnung von R_t für in eine innenliegende Fläche integrierte Kapillarrohre (stationäre Bedingungen)	46
Anhang C (normativ) In Holzkonstruktionen integrierte Rohre	49
C.1 Anwendungsbereich	49
C.2 Rechnerische Bestimmung des Wärmeübergangs	49
C.2.1 Anwendbarkeit	49
C.2.2 Berechnungsmodell — allgemein	49

C.2.3	Berechnungsverfahren für die Bestimmung des äquivalenten Wärmedurchlasskoeffizienten.....	50
C.2.4	Berechnungsverfahren der Kennwerte der Komponenten und Elemente	52
Anhang D (normativ) Verifizierungsmethode für FEM- und FDM-Berechnungsprogramme		57
D.1	Temperaturverteilung und Wärmeübertragung in einem typischen Fußbodenkühlsystem	57
Anhang E (normativ) Wärmeleitfähigkeitswerte von Materialien und Luftschichten		61
E.1	Feste Materialien	61
E.2	Eingeschlossene Luftschichten.....	62
Literaturhinweise.....		63

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 11855-2:2012 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 205 „Building environment design“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 11855-2:2015 durch das Technische Komitee CEN/TC 228 „Heizungsanlagen und wassergeführte Kühlanlagen in Gebäuden“ übernommen, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2016, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2016 zurückgezogen werden.

Diese Norm gilt für die Planung, den Bau und den Betrieb von Strahlheizungs- und -kühlsystemen. Die in Teil 2 beschriebenen Verfahren dienen der Bestimmung der Heiz- oder Kühlleistung für die Planung und Auswertung der Leistung des Systems. Zur Identifizierung von Produkteigenschaften durch Prüfung und Nachweis der thermischen Leistung flächenintegrierter Heiz- und Kühlflächen in Fußböden, Decken und Wänden kann die Reihe der Normen EN 1264 verwendet werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 15377-1:2008^{N1)}

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.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 11855-2:2012 wurde vom CEN als EN ISO 11855-2:2015 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

N1) Der Ersatzvermerk im europäischen Vorwort zur EN 15377-1:2008 ist fälschlicherweise nicht in der englischen Referenzfassung der EN ISO 11855-2 aufgeführt.

Einleitung

Das Strahlheizungs- und -kühlssystem besteht aus Systemen für die Abgabe bzw. Absorption, Bereitstellung und Verteilung von Wärme sowie aus Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen. Die Normenreihe ISO 11855 beschäftigt sich mit dem integrierten Flächenheizungs- und -kühlssystem, das den Wärmeübergang im Raum direkt reguliert. Sie behandelt jedoch nicht die Systemausstattung, wie die Wärmequelle, das Verteilungssystem und die Regeleinrichtung.

Die Normenreihe ISO 11855 beschreibt ein flächenintegriertes System, das in die Gebäudestruktur eingebunden ist. Daher werden Flächenheiz- und -kühlssysteme mit offenem Luftspalt, die nicht in die Gebäudestruktur eingebunden sind, in dieser Normenreihe nicht behandelt.

Die Normenreihe ISO 11855 ist für Systeme anzuwenden, die nicht nur Wasser, sondern auch andere Flüssigkeiten oder Strom als Heiz- und Kühlmittel nutzen.

Ziel der Normenreihe ISO 11855 ist es, Kriterien bereitzustellen, welche die effektive Planung flächenintegrierter System ermöglichen. Zu diesem Zweck werden in dieser Normenreihe Behaglichkeitskriterien für Räume mit flächenintegrierten Systemen, die Berechnung der Wärmeleistung, die Auslegung, die dynamische Analyse, die Installation, die Bedienung und die Steuermethode flächenintegrierter System dargelegt.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der Normenreihe ISO 11855 legt Verfahren und Bedingungen fest, welche die Bestimmung des Wärmestroms von Flächenheiz- und -kühlsystemen mit Wasserdurchströmung bezüglich der Heiz- und Kühlmittelübertemperatur für diese Systeme ermöglichen. Die Bestimmung der Wärmeleistung von Flächenheiz- und -kühlsystemen mit Wasserdurchströmung und ihrer Übereinstimmung mit diesem Teil der Normenreihe ISO 11855 wird durch Berechnung nach den Planungsdokumenten und einem Modell vorgenommen. Dadurch sollte eine einheitliche Bewertung und Berechnung von Flächenheiz- und -kühlsystemen mit Wasserdurchströmung möglich sein.

Das Ergebnis daraus sind die Oberflächentemperatur und Temperaturgleichmäßigkeit der beheizten bzw. gekühlten Oberfläche, die Norm-Wärmestromdichte zwischen dem Wasser und dem Raum, die zugehörige Norm-Heiz- bzw. -Kühlmittelübertemperatur und das Kennlinienfeld für die Beziehung zwischen Wärmestromdichte und den entscheidenden Variablen.

Dieser Teil der Normenreihe ISO 11855 enthält ein allgemeines Verfahren, das auf der Finite-Differenzen-Methode und der Finite-Elemente-Methode und vereinfachten Berechnungsmethoden beruht, die von der Position der Rohre und der Art der Gebäudestruktur abhängig sind.

Die Normenreihe ISO 11855 ist für integrierte Flächenheizungs- und -kühlsysteme mit Wasserdurchströmung in Wohn-, Gewerbe- und Industriegebäuden anwendbar. Die Verfahren gelten für in Wände, Fußboden- und Deckenkonstruktionen flächenintegrierter Systeme ohne offene Luftspalte. Flächensysteme mit offenen Luftspalten, die nicht in die Gebäudestruktur eingebunden sind, werden nicht von ihr erfasst.

Die Normenreihe ISO 11855 ist zudem gegebenenfalls für die Verwendung von anderen Flüssigkeiten als Wasser als Heiz- und Kühlmittel anwendbar. Die Prüfung von Systemen ist in der Normenreihe ISO 11855 nicht erfasst. Die beschriebenen Verfahren gelten nicht für beheizte oder gekühlte Deckenpaneele oder Träger und Balken.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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).

ISO 11855-1:2012, *Building environment design — Design, dimensioning, installation and control of embedded radiant heating and cooling systems — Part 1: Definition, symbols, and comfort criteria*

EN 1264-2, *Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung — Teil 2: Fußbodenheizung: Prüfverfahren für die Bestimmung der Wärmeleistung unter Benutzung von Berechnungsmethoden und experimentellen Methoden*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 11855-1:2012.

4 Symbole und Abkürzungen

Die in Tabelle 1 aufgeführten Symbole und Abkürzungen gelten für die Anwendung dieses Teils der Normenreihe ISO 11855.

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbol	Einheit	Größe
α_i	—	Parameterfaktoren für die Ermittlung der Kennlinien
A_A	m ²	Flächeninhalt der Aufenthaltszone
A_F	m ²	Flächeninhalt der Heiz- bzw. Kühlfläche
A_R	m ²	Flächeninhalt der Randfläche
b_u	—	Vom Rohrabstand abhängiger Berechnungsfaktor
B, B_G, B_0	W/(m ² ·K)	Systemabhängige Koeffizienten
D	m	Außendurchmesser des Rohrs, einschließlich des Hüllrohrs, sofern vorhanden
d_a	m	Außendurchmesser des Rohrs
d_i	m	Innendurchmesser des Rohrs
d_M	m	Außendurchmesser des Hüllrohrs
c_W	kJ/(kg·K)	Spezifische Wärmekapazität von Wasser
h_t	W/(m ² ·K)	Gesamtwärmeübertragungskoeffizient (Konvektion + Strahlung) zwischen den Oberflächen und dem Raum
K_H	W/(m ² ·K)	Äquivalenter Wärmedurchlasskoeffizient
K_{WL}	—	Parameter für wärmeleitende Vorrichtungen
k_{fin}	—	Parameter für wärmeleitende Vorrichtungen
k_{CL}	—	Parameter für wärmeleitende Schichten
L_{WL}	m	Breite der wärmeleitenden Vorrichtungen
L_{fin}	m	Breite der Seitenteile des Wärmeleitblechs (horizontaler Teil der wärmeleitenden Vorrichtung, der als Seitenteil des Wärmeleitblechs betrachtet wird)
L_R	m	Länge der verlegten Rohre
m	—	Exponenten für die Bestimmung der Kennlinien
m_H	kg/s	Auslegungs-Heiz- bzw. -Kältemittelstrom
n, n_G	—	Exponenten
q	W/m ²	Wärmestromdichte an der Oberfläche
q_A	W/m ²	Wärmestromdichte in der Aufenthaltszone
q_{des}	W/m ²	Auslegungs-Wärmestromdichte
q_G	W/m ²	Grenzwärmestromdichte
q_N	W/m ²	Norm-Wärmestromdichte

Symbol	Einheit	Größe
q_R	W/m ²	Wärmestromdichte in der Randzone
q_u	W/m ²	Nach außen gerichtete Wärmestromdichte
R_o	m ² ·K/W	Teilwärmedurchgangswiderstand der Oberflächenstruktur nach innen
R_u	m ² ·K/W	Teilwärmedurchgangswiderstand der Oberflächenstruktur nach außen
$R_{\lambda B}$	m ² ·K/W	Wärmedurchgangswiderstand des Belags bzw. der Verkleidung der Oberfläche
$R_{\lambda ins}$	m ² ·K/W	Wärmedurchgangswiderstand der Wärmedämmung
s_h	m	Dicke der Wärmedämmung in Systemen des Typs B, vom äußeren Rand der Dämmung bis zum inneren Rand der Rohre (siehe Bild 2)
s_l	m	Dicke der Wärmedämmung in Systemen des Typs B, vom äußeren Rand der Dämmung bis zum äußeren Rand der Rohre (siehe Bild 2)
s_{ins}	m	Dicke der Wärmedämmung
s_R	m	Dicke der Rohrwand
s_u	m	Dicke der Schicht, die das Rohr überdeckt
s_{WL}	m	Dicke der wärmeleitenden Vorrichtung
S	m	Dicke des Estrichs (ausschließlich der Rohre in Systemen des Typs A)
W	m	Rohrabstand
α	W/(m ² ·K)	Wärmeübergangskoeffizient
$\theta_{s,max}$	°C	Maximale Oberflächentemperatur
$\theta_{s,min}$	°C	Minimale Oberflächentemperatur
θ_i	°C	Auslegungs-Innentemperatur
θ_m	°C	Temperatur des Heiz-/Kühlmittels
θ_R	°C	Rücklauftemperatur des Heiz-/Kühlmittels
θ_V	°C	Vorlauftemperatur des Heiz-/Kühlmittels
θ_u	°C	Raumtemperatur in einem angrenzenden Raum
$\Delta\theta_H$	K	Heiz-/Kühlmittelübertemperatur
$\Delta\theta_{H,des}$	K	Auslegungs-Heiz- bzw. -Kühlmittelübertemperatur
$\Delta\theta_{H,G}$	K	Grenze der Heiz- bzw. Kühlmittelübertemperatur
$\Delta\theta_N$	K	Nominale Heiz- bzw. Kühlmittelübertemperatur
$\Delta\theta_V$	K	Heiz- bzw. Kühlmittelübertemperatur des Vorlaufs
$\Delta\theta_{V,des}$	K	Auslegungs-Heiz- bzw. -Kühlmittelübertemperatur des Vorlaufs
λ	W/(m·K)	Wärmeleitfähigkeit
σ	K	Temperaturspreizung $\theta_V - \theta_R$
φ	—	Umrechnungsfaktor für Temperaturen
ψ	—	Volumenmäßiger Inhalt der Befestigungsnadeln im Estrich

5 Konzept der Methode zur Bestimmung der Heiz- und Kühlleistung

Eine bestimmte Oberflächenart (Fußboden, Wand, Decke) weist in jedem Raum bei einer bestimmten mittleren Oberflächentemperatur und Norm-Innentemperatur (operative Temperatur θ_i), unabhängig von der Art des flächenintegrierten Systems, die gleiche Wärmestromdichte auf. Daher ist es möglich, für jede Oberflächenart (Fußboden, Wand, Decke), unabhängig von der Art des flächenintegrierten Systems, eine grundlegende Formel oder Kennlinie für die Kühlung und eine grundlegende Formel oder Kennlinie für die Heizung festzulegen, die für alle Flächenheizungen und -kühlungen gültig ist (siehe Abschnitt 6).

Dieser Teil der Normenreihe ISO 11855 enthält zwei Methoden:

- von der Art des Systems abhängige, vereinfachte Berechnungsmethoden (siehe Abschnitt 7);
- Finite-Differenzen-Methode und Finite-Elemente-Methode (siehe Abschnitt 8).

Abschnitt 7 enthält verschiedene vereinfachte Berechnungsmethoden zur Berechnung der Oberflächentemperatur (Durchschnitt, maximale und minimale Temperatur), die von der Konstruktionsweise des Systems (Art der Rohre, Rohrdurchmesser, Rohrabstand, Montage der Rohre, wärmeleitende Vorrichtungen, wärmeverteilende Schichten) und der Konstruktion des Fußbodens bzw. der Wand und der Decke (Belag bzw. Verkleidung, Wärmedämmschicht, Luftschicht usw.) abhängig ist. Die vereinfachten Berechnungsmethoden sind für die jeweils betreffende Art des Systems gültig und es müssen die in Abschnitt 7 aufgeführten Randbedingungen erfüllt werden. Im Bericht zu der Berechnung ist eindeutig zu vermerken, welche Berechnungsmethode angewandt wurde.

Wenn für einen bestimmten Systemtyp keine vereinfachte Berechnungsmethode vorhanden ist, kann eine allgemeine Berechnung mit der zwei- oder dreidimensionalen Methode der finiten Elemente oder der finiten Differenzen vorgenommen werden (siehe Abschnitt 8 und Anhang D).

ANMERKUNG Zusätzlich dürfen auch Prüfungen im Labor vorgenommen werden (z. B. nach EN 1264-2:2008, Abschnitt 9).

Auf Grundlage der errechneten mittleren Oberflächentemperatur bei bestimmten Kombinationen der Temperaturen des Mittels (Wasser) und des Raumes ist es möglich, die stationäre Heiz- und Kühlleistung zu bestimmen (siehe Abschnitt 9).

6 Wärmeübergangskoeffizient zwischen Oberfläche und Raum

Die Beziehung zwischen der Wärmestromdichte und der mittleren Oberflächendifferenztemperatur [siehe Bild 1 und Gleichungen (1) bis (4)] hängt von der Art der Oberfläche (Fußboden, Wand, Decke) ab und davon, ob die Temperatur der Oberfläche geringer (Kühlung) oder höher (Heizung) als die des Raumes ist.

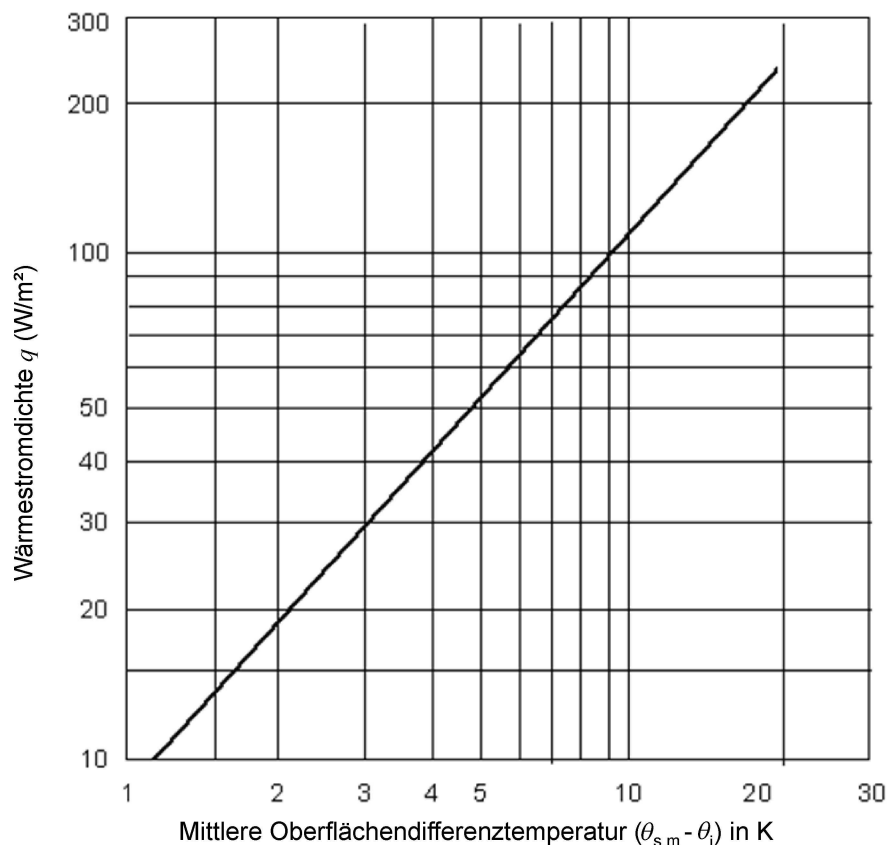


Bild 1 — Basiskennlinie für Fußbodenheizung und Deckenkühlung

Bei der in Bild 1 dargestellten Fußbodenheizung und Deckenkühlung wird die Wärmestromdichte q mit folgender Gleichung berechnet:

$$q = 8,92(\theta_{s,m} - \theta_i)^{1,1} (\text{W/m}^2) \quad (1)$$

Dabei ist

$\theta_{s,m}$ die mittlere Oberflächentemperatur, in °C;

θ_i die operative Norm-Innentemperatur, in °C.

Bei anderen Flächenheizungs- und -kühlssystemarten wird die Wärmestromdichte q mit folgender Gleichung berechnet:

Wandheizung und -kühlung: $q = 8(|\theta_{s,m} - \theta_i|) (\text{W/m}^2) \quad (2)$

Deckenheizung: $q = 6(|\theta_{s,m} - \theta_i|) (\text{W/m}^2) \quad (3)$

Fußbodenkühlung: $q = 7(|\theta_{s,m} - \theta_i|) (\text{W/m}^2) \quad (4)$

Der Wärmeübergangskoeffizient ist eine Kombination aus Konvektion und Strahlung.

ANMERKUNG In vielen Bauteilsystemsimulationen mit dynamischen Computermodellen wird die Wärmeübertragung oft in einen konvektiven Teil (zwischen der beheizten bzw. gekühlten Oberfläche und der Raumluft) und einen Strahlungsteil (zwischen der beheizten bzw. gekühlten Oberfläche und den umgebenden Oberflächen oder Quellen) untergliedert. In einem normalen Temperaturbereich von (15 bis 30) °C darf der Strahlungswärmeübergangskoeffizient auf 5,5 W/m²·K festgelegt werden. Der Konvektionswärmeübergangskoeffizient ist von der Art der Oberfläche, der Heizung oder Kühlung, der Luftgeschwindigkeit (erzwungene Konvektion) oder der Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Luft (natürliche Konvektion) abhängig.

Zur Anwendung der vereinfachten Berechnungsmethode aus Anhang A stellen die Kennlinien die Wärmestromdichte als eine Funktion der Differenz zwischen der Heiz- bzw. Kühlmitteltemperatur und der Innentemperatur dar. Für die Anwender von Anhang A bedeutet das, dass keine Berechnungen unter direkter Verwendung der Werte der Wärmeübergangskoeffizienten vorgenommen werden dürfen. Anhang A enthält demzufolge weder Werte für solch eine Anwendung, noch bestimmte Angaben oder Gleichungen, welche die Wärmeübergangskoeffizienten von Heiz- oder Kühlflächen betreffen.

Es ist daher nicht vorgesehen, mit den in Anhang A, Tabelle A.12, aufgeführten Werten für α direkt die Wärmestromdichte zu errechnen. Sie werden tatsächlich ausschließlich für die Umrechnung der Kennlinien nach Gleichung (A.32) in A.3 aufgeführt. Zur Vereinfachung beruhen diese Berechnungen auf dem gleichen Wärmeübergangskoeffizienten, 6,5 W/m²·K, für Fußbodenkühlung und Deckenheizung.

Für jedes Flächenheizungs- und -kühlsystem ist eine maximal zulässige Wärmestromdichte vorhanden, die Grenzwärmestromdichte q_G . Diese wird für eine ausgewählte Norm-Innentemperatur θ_i (für Heizung oftmals 20 °C und für Kühlung oft 26 °C) bei der maximalen oder minimalen Oberflächentemperatur $\theta_{F,max}$ und einer Temperaturspreizung $\sigma = 0$ K bestimmt.

Für die Berechnungen wird unabhängig von der Art des Systems der Mittelpunkt der Heiz- oder Kühlfläche als Referenzpunkt für $\theta_{s,max}$ verwendet.

Die mittlere Oberflächentemperatur $\theta_{s,m}$, welche die Wärmestromdichte bestimmt (siehe Basiskennlinie), ist mit der maximalen oder minimalen Oberflächentemperatur verbunden: $\theta_{s,m} < \theta_{s,max}$ und $\theta_{s,m} > \theta_{s,min}$ treffen immer zu.

Der erreichbare Wert $\theta_{s,m}$ ist nicht nur von der Art des Systems abhängig, sondern auch von den Betriebsbedingungen (Temperaturspreizung $\sigma = \theta_v - \theta_R$, nach außen gerichteter Wärmestrom q_u und Wärmedurchgangswiderstand des Belages bzw. der Verkleidung $R_{\lambda B}$).

Die folgenden Voraussetzungen bilden die Grundlage für die Berechnung der Wärmestromdichte:

- die Wärmeübertragung zwischen der beheizten oder gekühlten Oberfläche und dem Raum erfolgt entsprechend der Basiskennlinie;
- die Temperaturspreizung $\sigma = 0$. Die Abhängigkeit der Kennlinie von der Temperaturspreizung wird durch Verwendung der logarithmisch bestimmten mittleren Heizmittelübertemperatur $\Delta\theta_H$ [siehe Gleichung (1)] bestimmt;
- turbulente Strömung im Rohr: $\frac{m_H}{d_i} > 4\,000 \frac{\text{kg}}{\text{h} \cdot \text{m}}$
- kein seitlicher Wärmestrom.

7 Vereinfachte Berechnungsmethoden für die Bestimmung der Heiz- und Kühlleistung oder der Oberflächentemperatur

Nach diesem Teil der Normenreihe ISO 11855 können zwei Arten der vereinfachten Berechnungsmethode angewandt werden:

- eine Methode beruht auf einem einzelnen Potenzfunktion-Produkt aller relevanten Parameter, das aus der Finite-Elemente-Methode (FEM) hervorgeht;
- die andere Methode beruht auf der Berechnung des äquivalenten Wärmedurchgangswiderstands zwischen der Temperatur des Heiz- oder Kühlmittels und der Oberflächentemperatur (oder Raumtemperatur).

Eine bestimmte Systemkonstruktion kann nur mit einer der vereinfachten Methoden berechnet werden. Die zutreffende anzuwendende Methode hängt vom Systemtyp, A bis G (Position der Rohre, Beton- oder Holzkonstruktion), und den in Tabelle 2 aufgeführten Randbedingungen ab.

Tabelle 2 — Kriterien für die Auswahl der vereinfachten Berechnungsmethode

Position des Rohrs	Systemtyp	Bild	Randbedingungen	Verweisung zur Methode
In Estrich Durch Wärmedämmung thermisch von den strukturellen Elementen des Gebäudes entkoppelt	A, C	2a)	$W \geq 0,050 \text{ m};$ $s_u \geq 0,01 \text{ m}$ $0,008 \text{ m} \leq d \leq 0,03 \text{ m}$ $s_u/\lambda_e \geq 0,01$	7.1 A.2.2
In der Dämmung, wärmeleitende Vorrichtungen Keine Holzkonstruktionen, außer tragende und wärmeverteilende Schicht	B	2b)	$0,05 \text{ m} \leq W \leq 0,45 \text{ m}$ $0,014 \text{ m} \leq d \leq 0,022 \text{ m}$ $0,01 \text{ m} \leq s_u/\lambda_e \leq 0,18$	7.1 A.2.3
System mit Flächenelementen	D	2c)		7.1 A.2.4
In einer Betonplatte	E	4	$S_T/W \geq 0,3$	7.2 B.1
Kapillarrohre in einer Betonfläche	F	5	$d_a/W \leq 0,2$	7.2 B.2
Holzkonstruktionen, Rohre im Unterboden oder unter dem Unterboden, wärmeleitende Vorrichtungen	G	6	$\lambda_{wl} \geq 10 \lambda_{\text{Umgebungsmaterial}}$ $S_{WL} \lambda \geq 0,01$	7.2 Anhang C

7.1 Allgemeiner Ansatz der spezifischen Wärmeleistung

Die Wärmestromdichte zwischen den integrierten Rohren (Temperatur des Heiz- oder Kühlmittels) und dem Raum wird mit folgender allgemeinen Gleichung berechnet:

$$q = B \cdot \prod_i (a_i^{m_i}) \cdot \Delta\theta_H (W/m^2) \quad (5)$$

Dabei ist

B ein systemabhängiger Koeffizient, in $W/(m^2 \cdot K)$. Er hängt vom Systemtyp ab;

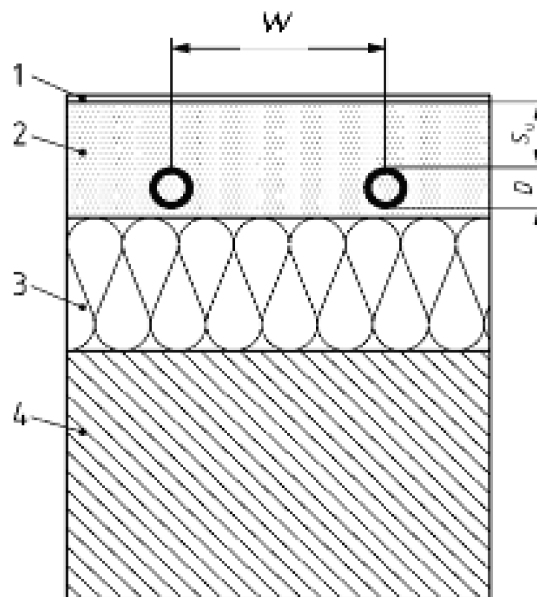
$\prod_i (a_i^{m_i})$ das Potenzprodukt, das die Parameter der Struktur (Oberflächenbelag bzw. Verkleidung, Rohrabstand, Rohrdurchmesser und Rohrabdeckung) verbindet.

In Anhang A wird diese Berechnungsmethode für die folgenden vier Systemtypen angegeben:

- Typ A mit Rohren, die in Estrich oder Beton verlegt sind (siehe Bild 2 und A.2.2);
- Typ B mit Rohren, die außerhalb des Estrichs verlegt sind (siehe Bild 2 und A.2.3);
- Typ C mit Rohren, die in Estrich verlegt sind (siehe Bild 2 und A.2.2);
- Typ D Systeme mit Flächenelementen (siehe A.2.4).

In Bild 2 sind die Fälle dargestellt, bei denen die Rohre im Boden verlegt sind, die Methoden können jedoch auch für Wand- und Deckensysteme mit einer entsprechenden Position der Rohre angewandt werden.

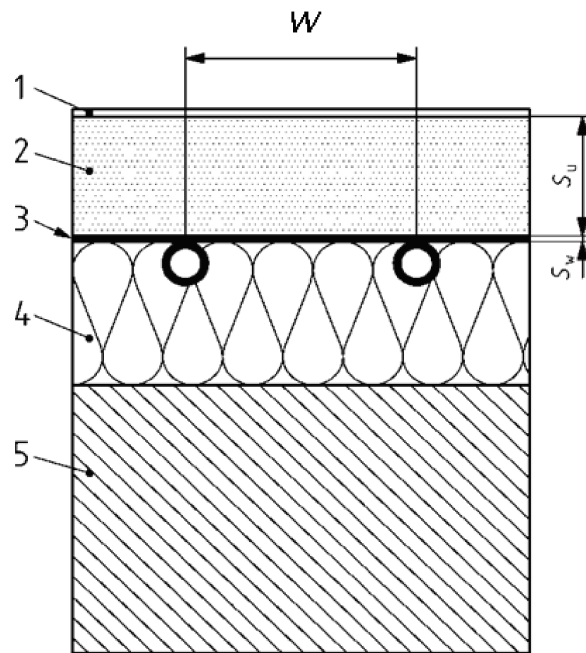
Diese Methode darf nur für Systemanordnungen angewendet werden, welche die in Anhang A für die verschiedenen Systemtypen aufgeführten Randbedingungen erfüllen.



a) Typ A und C

Legende

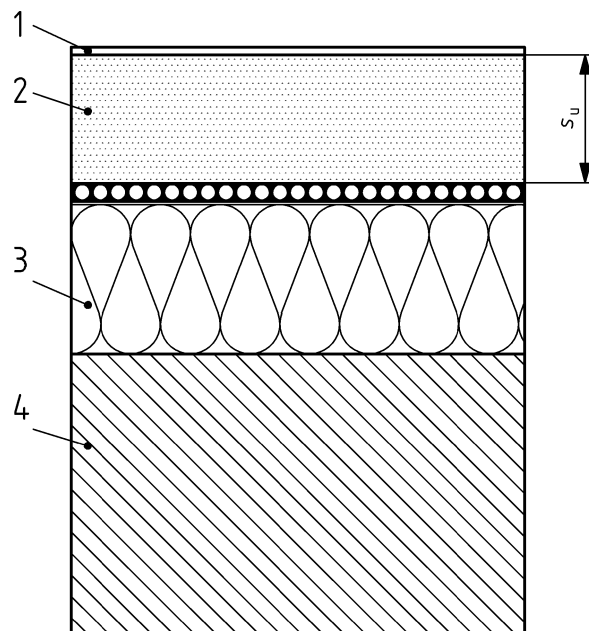
- 1 Bodenbelag
- 2 tragende und wärmeverteilende Schicht (Zementestrich, Anhydritestrich, Asphaltestrich)
- 3 Wärmedämmung
- 4 tragender Untergrund



b) Typ B

Legende

- 1 Bodenbelag
- 2 tragende und wärmeverteilende Schicht (Zementestrich, Anhydritestrich, Asphaltestrich, Holz)
- 3 wärmeverteilende Vorrichtungen
- 4 Wärmedämmung
- 5 tragender Untergrund



c) Typ D

Legende

- 1 Bodenbelag, $R_{\lambda,B}$
- 2 tragende und wärmeverteilende Schicht (Zementestrich, Anhydritestrich, Asphaltestrich, Holz)
- 3 Wärmedämmung
- 4 tragender Untergrund

Bild 2 — Systemtypen A, B und C, die in der in Anhang A angegebenen Methode erfasst sind

7.2 Methoden für den Wärmedurchgangswiderstand

Die Wärmestromdichte zwischen den integrierten Rohren (Temperatur des Heiz- oder Kühlmittels) und dem Raum oder der Oberfläche werden unter Verwendung der Wärmedurchgangswiderstände errechnet.

Das Konzept wird in Bild 3 dargestellt.

Ein äquivalenter Widerstand R_{HC} zwischen dem Heiz- oder Kühlmittel gegenüber einem fiktiven Kern (oder Wärmeleitschicht) wird in der Position der Rohre bestimmt. Dieser Widerstand berücksichtigt den Einfluss der Rohrart, des Rohrabstandes und der Methode der Rohrinstallation (in eine Konstruktion aus Beton, Holz usw.). So kann eine fiktive Kerntemperatur errechnet werden. Die Wärmeübertragung zwischen dieser fiktiven Schicht und den Oberflächen R_i und R_e (oder Raum und angrenzender Raum) wird unter Verwendung von linearen Widerständen (Hinzufügen der Widerstände der Schichten über und unter der wärmeleitenden Schicht) berechnet.

Der äquivalente Widerstand der wärmeleitenden Schicht wird in Abhängigkeit von der Art des Systems auf verschiedene Weisen berechnet.

Diese Berechnungsmethode, die sich des allgemeinen Widerstandskonzeptes bedient, wird für die folgenden zwei Systemtypen in Anhang B dargelegt:

- Typ E mit in massive Betonplatten integrierten Rohren (siehe Bild 4 und B.1);
- Typ F mit in eine innenliegende Fläche integrierten Kapillarrohren (siehe Bild 5 und B.2).

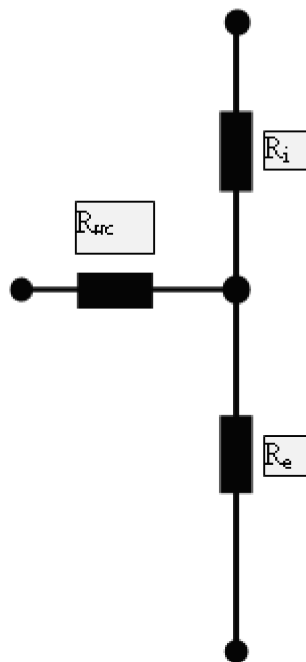


Bild 3 — Schaltbild der Wärmewiderstände

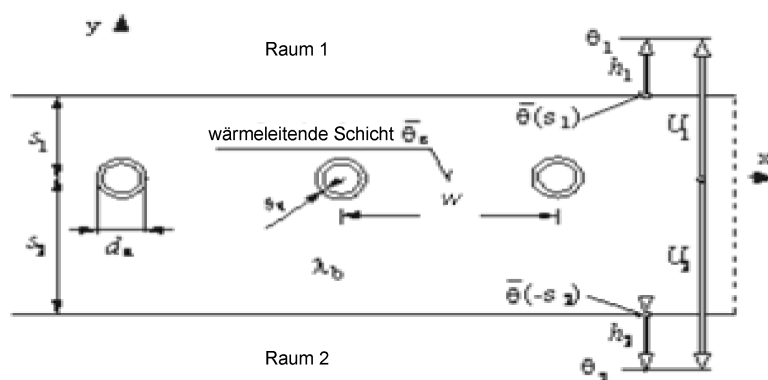


Bild 4 — In eine massive Betonschicht integrierte Rohre, Typ E

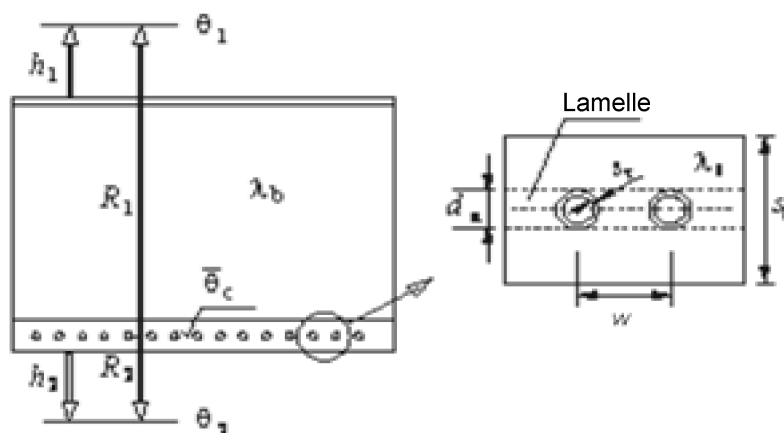


Bild 5 — In eine innenliegende Fläche integrierte Kapillarrohre, Typ F

Für in eine Holzfußbodenkonstruktion integrierte Rohre, die mit Wärmeleitblechen funktionieren, wird diese Berechnungsmethode, die sich des allgemeinen Widerstandskonzeptes bedient, in Anhang C dargelegt (Bild 6).

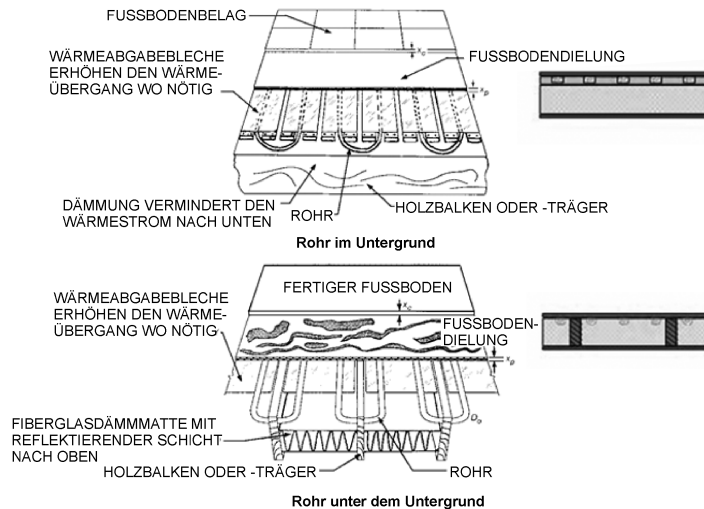


Bild 6 — Rohre in Holzkonstruktionen, Typ G

Der äquivalente Widerstand der wärmeleitenden Schicht darf auch ermittelt werden, indem er entweder unter Verwendung der Finite-Elemente-Analyse (FEA) oder der Finite-Differenzen-Methode (FDM) berechnet (siehe Abschnitt 8) oder durch Laborprüfungen (wie beispielsweise in EN 1264-2:2008, Anhang B, beschrieben) ermittelt wird.

8 Verwendung von einfachen Berechnungsprogrammen

8.1 Einfache Berechnungsprogramme

Den aktuellsten Praktiken und den anwendbaren Richtlinien und Normen entsprechend ist eine numerische Analyse durch die Finite-Elemente-Methode oder Finite-Differenzen-Methode so durchzuführen, dass sie ohne weiteres verifiziert werden können. Das verwendete Berechnungsprogramm ist nach Anhang D zu bestätigen.

Die numerische Analyse kann genutzt werden, um die Heiz- und Kühlleistung oder die äquivalenten Widerstände zu berechnen. Basierend auf den äquivalenten Widerständen wird die Heiz- und Kühlleistung für verschiedene Temperaturdifferenzen zwischen der Oberfläche und dem Raum berechnet.

8.2 Erforderliche Angaben in einer vollständigen Dokumentation der Berechnungen

Die folgenden Angaben sind in einer vollständigen Dokumentation der Berechnungen aufzunehmen:

- Darstellung und Angabe der zu analysierenden Struktur durch technische Zeichnungen, Diagramme und Skizzen;
- Angabe der als Grundlage verwendeten Materialdaten und der erforderlichen Datenquellen;
- Beschreibung der als Grundlage verwendeten Lastfälle einschließlich Begründung durch Richtlinien und Normen;
- Beschreibung und Darstellung des angewandten numerischen Modells unter Angabe der mathematischen und physikalischen Grundlage, wie der Elementart, der Formfunktionen, Anzahl der Elemente, Knoten und Freiheitsgrade;
- Name, Verifikation (wenn verfügbar) und Herkunft des Berechnungsprogramms;
- Beschreibung der technischen Voraussetzungen, Vereinfachungen und Beschränkungen, die dem Modell zugrunde liegen.