

DIN EN ISO 11855-2



ICS 91.040.01

Ersatz für
DIN EN ISO 11855-2:2016-11

**Umweltgerechte Gebäudeplanung –
Flächenintegrierte Strahlungsheiz- und -kühlsysteme –
Teil 2: Bestimmung der Auslegungs-Heiz- und Kühlleistung
(ISO 11855-2:2021);
Deutsche Fassung EN ISO 11855-2:2021**

Building environment design –
Embedded radiant heating and cooling systems –
Part 2: Determination of the design heating and cooling capacity (ISO 11855-2:2021);
German version EN ISO 11855-2:2021

Conception de l'environnement des bâtiments –
Systèmes intégrés de chauffage et de refroidissement par rayonnement –
Partie 2: Détermination de la puissance calorifique et frigorifique à la conception
(ISO 11855-2:2021);
Version allemande EN ISO 11855-2:2021

Gesamtumfang 72 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 11855-2:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 205 „Building environment design“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 228 „Heizungsanlagen und wassergeführte Kühlanlagen in Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale 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 Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 7726	siehe	DIN EN ISO 7726
ISO 7730	siehe	DIN EN ISO 7730
ISO 10456	siehe	DIN EN ISO 10456
ISO 11855-1	siehe	DIN EN ISO 11855-1
ISO 11855-3	siehe	DIN EN ISO 11855-3
ISO 11855-4	siehe	DIN EN ISO 11855-4
ISO 13370	siehe	DIN EN ISO 13370
ISO 13732-1	siehe	DIN EN ISO 13732-1

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 ISO 11855-2:2016-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der Bilder für Typ A und Typ C;
- b) Aktualisierung der relevanten thermischen Werkstoffmerkmale;
- c) redaktionelle Korrekturen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 15377-1: 2009-02

DIN EN ISO 11855-2: 2015-11, 2016-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 7726, *Umgebungsklima — Instrumente zur Messung physikalischer Größen*

DIN EN ISO 7730, *Ergonomie der thermischen Umgebung — Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit*

DIN EN ISO 10456, *Baustoffe und Bauprodukte — Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften — Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte*

DIN EN ISO 11855-1, *Umweltgerechte Gebäudeplanung — Flächenintegrierte Strahlungsheiz- und -kühlsysteme — Teil 1: Begriffe, Symbole und Behaglichkeitskriterien*

DIN EN ISO 11855-3, *Umweltgerechte Gebäudeplanung — Flächenintegrierte Strahlungsheiz- und -kühlsysteme — Teil 3: Planung und Auslegung*

DIN EN ISO 11855-4, *Umweltgerechte Gebäudeplanung — Flächenintegrierte Strahlungsheiz- und -kühlsysteme — Teil 4: Auslegung und Berechnung der dynamischen Heiz- und Kühlleistung für thermoaktive Bauteilsysteme (TABS)*

DIN EN ISO 13370, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Wärmetransfer über das Erdreich — Berechnungsverfahren*

DIN EN ISO 13732-1, *Ergonomie der thermischen Umgebung — Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen — Teil 1: Heiße Oberflächen*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Umweltgerechte Gebäudeplanung —
Flächenintegrierte Strahlungsheiz- und -kühlsysteme —
Teil 2: Bestimmung der Auslegungs-Heiz- und Kühlleistung
(ISO 11855-2:2021)

Building environment design —
Embedded radiant heating and cooling systems —
Part 2: Determination of the design heating and cooling
capacity (ISO 11855-2:2021)

Conception de l'environnement des bâtiments —
Systèmes intégrés de chauffage et de refroidissement
par rayonnement —
Partie 2: Détermination de la puissance calorifique et
frigorigène à la conception (ISO 11855-2:2021)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. September 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 CEN-CENELEC-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	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Konzept der Methode zur Bestimmung der Heiz- und Kühlleistung	10
6 Wärmeübergangskoeffizient zwischen Oberfläche und Raum	10
7 Vereinfachte Berechnungsmethoden für die Bestimmung der Heiz- und Kühlleistung oder der Oberflächentemperatur	13
7.1 Allgemeiner Ansatz der spezifischen Wärmeleistung	14
7.2 Methoden für den Wärmedurchgangswiderstand	17
8 Verwendung von einfachen Berechnungsprogrammen	20
8.1 Einfache Berechnungsprogramme	20
8.2 Erforderliche Angaben in einer vollständigen Dokumentation der Berechnungen	20
9 Berechnung der Heiz- und Kühlleistung	21
Anhang A (normativ) Berechnung der Wärmestromdichte	22
A.1 Allgemeines	22
A.2 Referenzheizsysteme	22
A.2.1 Allgemeines	22
A.2.2 Systeme mit im Estrich verlegten Rohren (Typ A, C, H, I, J)	23
A.2.3 Systeme mit Rohren unter dem Estrich oder dem Holzboden (Typ B)	25
A.2.4 Systeme mit Flächenelementen	27
A.2.5 Grenzwerte der Wärmestromdichte	28
A.2.6 Einfluss des Rohrwerkstoffs, der Rohrwanddicke und Rohrummantelung auf die Wärmestromdichte	30
A.2.7 Wärmeleitfähigkeit des Estrichs mit Einbauten	31
A.2.8 Wärmeleitfähigkeit der Werkstoffe	31
A.2.9 Wärmeverlust nach unten	31
A.3 In Fußböden, Decken und Wände integrierte Heiz- und Kühlflächen	32
A.4 Bilder und Tabellen	33
Anhang B (informativ) Allgemeines Widerstandsverfahren	46
B.1 Allgemeine Gleichungen	46
B.2 Berechnung von R_t für in massiven Beton integrierte Rohre (stationäre Bedingungen)	48
B.3 Berechnung von R_t für in eine innenliegende Fläche integrierte Kapillarrohre (stationäre Bedingungen)	50
Anhang C (informativ) In Holzkonstruktionen integrierte Rohre	52
C.1 Anwendungsgebiet	52
C.2 Rechnerische Bestimmung des Wärmeübergangs	52
C.2.1 Anwendbarkeit	52

C.2.2	Berechnungsmodell – allgemein.....	52
C.2.3	Berechnungsverfahren für die Bestimmung des äquivalenten Wärmedurchlasskoeffizienten	53
C.2.4	Berechnungsverfahren der Kennwerte der Komponenten und Elemente	55
Anhang D (normativ) Verifizierungsmethode für FEM- und FDM-Berechnungsprogramme		61
D.1	Temperaturverteilung und Wärmeübertragung in einem typischen Fußbodenkühlsystem...	61
Anhang E (normativ) Wärmeleitfähigkeitswerte von Werkstoffen und Luftschichten		64
E.1	Feste Werkstoffe.....	64
E.2	Eingeschlossene Luftschichten.....	65
Anhang F (informativ) Maximale Oberflächentemperaturen von Fußbodenheizsystemen		66
Literaturhinweise.....		67

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 11855-2:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 205 „Building environment design“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 228 „Heizungsanlagen und wassergeführte Kühlanlagen in Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2022 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 ISO 11855-2:2015.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

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.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 11855-2:2021 wurde von CEN als EN ISO 11855-2:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 205, *Building environment design*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 228, *Heizungsanlagen und wassergeführte Kühlanlagen in Gebäuden*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 11855-2:2012), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Aktualisierung der Bilder für Typ A und Typ C;
- Aktualisierung der relevanten thermischen Werkstoffmerkmale;
- redaktionelle Korrekturen.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 11855 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Das Strahlungsheiz- und -kühlsystem 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 Flächenheiz- und -kühlsystem, 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 -kühlsysteme mit offenem Luftspalt, die nicht in die Gebäudestruktur eingebunden sind, in dieser Normenreihe nicht behandelt.

Die Normenreihe ISO 11855 ist für integrierte Flächenheiz- und -kühlsysteme mit Wasserdurchströmung in Gebäuden anwendbar. Die Normenreihe ISO 11855 wird für Systeme angewendet, die nicht nur Wasser, sondern auch andere Flüssigkeiten oder Strom als Heiz- und Kühlmittel nutzen. 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.

Ziel der Normenreihe ISO 11855 ist es, Kriterien bereitzustellen, welche die effektive Planung flächenintegrierter Systeme 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 Steuermethode flächenintegrierter Systeme und die Eingangsparameter für die Energiekalkulationen dargelegt.

Die Normenreihe ISO 11855 besteht unter dem allgemeinen Titel *Building environment design — Embedded radiant heating and cooling systems* aus den folgenden Teilen:

- *Part 1: Definitions, symbols, and comfort criteria*
- *Part 2: Determination of the design heating and cooling capacity*
- *Part 3: Design and dimensioning*
- *Part 4: Dimensioning and calculation of the dynamic heating and cooling capacity of Thermo Active Building Systems (TABS)*
- *Part 5: Installation*
- *Part 6: Control*
- *Part 7: Input parameters for the energy calculation*

ISO 11855-1 legt die Behaglichkeitskriterien fest, die bei der Auslegung flächenintegrierter Strahlungsheiz- und -kühlsysteme berücksichtigt werden sollten, da das Hauptziel des Strahlungsheiz- und -kühlsystems darin besteht, die thermische Behaglichkeit der Bewohner zu erfüllen. ISO 11855-2, dieses Dokument, enthält Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Heiz- und Kühlleistung im stationären Zustand. ISO 11855-3 legt Planungs- und Auslegungsmethoden für Strahlungsheiz- und -kühlsysteme fest, um die Heiz- und Kühlleistung sicherzustellen. ISO 11855-4 enthält eine Auslegungs- und Berechnungsmethode zur Planung thermoaktiver Bauteilsysteme (TABS) zum Zweck der Energieeinsparung, da Strahlungsheiz- und -kühlsysteme den Energieverbrauch und die Größe der Wärmequelle durch die Nutzung erneuerbarer Energie reduzieren können. ISO 11855-5 befasst sich mit dem Installationsprozess, um den bestimmungsgemäßen Betrieb des Systems sicherzustellen. ISO 11855-6 zeigt eine geeignete Regelungsmethode für die Strahlungsheiz- und -kühlsysteme, um das Erreichen der höchsten Leistung, die in der Planungsphase beabsichtigt war, sicherzustellen, wenn das System tatsächlich in einem Gebäude betrieben wird. ISO 11855-7 stellt ein Berechnungsverfahren für Eingangsparameter für ISO 52031 vor.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Verfahren und Bedingungen fest, welche die Bestimmung der Wärmestromdichte von Flächenheiz- und -kühlsystemen mit Wasserdurchströmung bezüglich der Heiz- und Kühlmittel-übertemperatur für diese Systeme ermöglichen. Die Bestimmung der Wärmeleistung von Flächenheiz- und -kühlsystemen mit Wasserdurchströmung und ihrer Übereinstimmung mit diesem Dokument wird durch Berechnung nach den Planungsdokumenten und einem Modell vorgenommen. Dies ermöglicht eine einheitliche Bewertung und Berechnung von Flächenheiz- und -kühlsystemen mit Wasserdurchströmung.

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

Dieses Dokument enthält ein allgemeines Verfahren, beruhend auf Finite-Differenzen- oder Finite-Elemente-Methoden und vereinfachten Berechnungsmethoden, abhängig von der Position der Rohre und der Art der Gebäudestruktur.

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).

ISO 11855-1, *Building environment design — Embedded radiant heating and cooling systems — Part 1: Definitions, symbols, and comfort criteria*

3 Begriffe

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

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 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in Tabelle 1 aufgeführten Symbole und Abkürzungen.

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbol	Einheit	Größe
A_A	m^2	Flächeninhalt des Aufenthaltsbereichs
A_F	m^2	Flächeninhalt der Heiz- bzw. Kühlfläche
A_R	m^2	Flächeninhalt der Randzone
b_u	—	vom Rohrabstand abhängiger Berechnungsfaktor
B, B_G, B_0	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	systemabhängige Koeffizienten

Symbol	Einheit	Größe
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_{Wa}	kJ/(kg·K)	spezifische Wärmekapazität von Wasser
h_t	W/(m ² ·K)	Gesamtwärmeübergangskoeffizient (Konvektion + Strahlung) zwischen den Oberflächen und dem Raum
h_{A-F}	W/(m ² ·K)	Gesamtwärmeübergangskoeffizient (Konvektion + Strahlung) zwischen den Oberflächen und dem Raum (Boden)
h_{A-W}	W/(m ² ·K)	Gesamtwärmeübergangskoeffizient (Konvektion + Strahlung) zwischen den Oberflächen und dem Raum (Wand)
h_{A-C}	W/(m ² ·K)	Gesamtwärmeübergangskoeffizient (Konvektion + Strahlung) zwischen den Oberflächen und dem Raum (Decke)
K_H	W/(m ² ·K)	äquivalenter Wärmedurchlasskoeffizient
K_{WL}	—	Parameter für wärmeleitende Vorrichtungen
k_{CL}	—	Parameter für wärmeleitende Schichten
L_{WL}	m	Breite der wärmeleitenden Vorrichtungen
L_{fin}	m	Breite der Lamelle (horizontaler Teil der wärmeleitenden Vorrichtung, die als Heizlamelle betrachtet wird)
L_R	m	Länge der verlegten Rohre
m	—	Exponenten für die Bestimmung der Kennlinien
m_D	—	Exponenten für die Bestimmung der Kennlinien
m_u	—	Exponenten für die Bestimmung der Kennlinien
m_T	—	Exponenten für die Bestimmung der Kennlinien
m_H	kg/s	Auslegungs-Heiz- bzw. -Kühlmittelstrom
n, n_G	—	Exponenten
q	W/m ²	Wärmestromdichte an der Oberfläche
q_A	W/m ²	Wärmestromdichte im Aufenthaltsbereich
q_{des}	W/m ²	Auslegungs-Wärmestromdichte
q_G	W/m ²	Grenzwärmestromdichte
q_N	W/m ²	Nenn-Wärmestromdichte
q_R	W/m ²	Wärmestromdichte in der Randzone
q_u	W/m ²	Wärmestromdichte nach außen

Symbol	Einheit	Größe
R_o	$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$	Teilwärmehdurehgungswiderstand der Oberflächenstruktur nach innen
R_u	$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$	Teilwärmehdurehgungswiderstand der Oberflächenstruktur nach außen
$R_{\lambda,B}$	$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$	Wärmehdurehgungswiderstand des Belags bzw. der Verkleidung der Oberfläche
$R_{\lambda,ins}$	$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$	Wärmehdurehgungswiderstand der Wärmehdämmung
s_h	m	Dicke der Wärmehdämmung in Systemen des Typs B, vom äußeren Rand der Dämmung bis zum inneren Rand der Rohre (siehe Bild 2)
s_l	m	Dicke der Wärmehdämmung in Systemen des Typs B, vom äußeren Rand der Dämmung bis zum äußeren Rand der Rohre (siehe Bild 2)
s_{ins}	m	Dicke der Wärmehdämmung
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
h	$\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Wärmeübergangskoeffizient
α_i	—	Parameterfaktoren für die Ermittlung der Kennlinien
λ_{WL}	$\text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$	Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs der Wärmeleitvorrichtung
$\theta_{s,max}$	°C	maximale Oberflächentemperatur
$\theta_{s,min}$	°C	minimale Oberflächentemperatur
θ_i	°C	Auslegungs-Raumtemperatur
θ_m	°C	Temperatur des Heiz- bzw. Kühlmittels
$\theta_{s,m}$	°C	mittlere Oberflächentemperatur
θ_R	°C	Rücklaufatemperatur des Heiz- bzw. Kühlmittels
θ_V	°C	Vorlaufatemperatur des Heiz- bzw. Kühlmittels
θ_u	°C	Raumtemperatur in einem angrenzenden Raum
$\Delta\theta_H$	K	Heiz- bzw. Kühlmittelübertemperatur
$\Delta\theta_{H,des}$	K	Auslegungs-Heiz- bzw. -Kühlmittelübertemperatur
$\Delta\theta_{H,G}$	K	Grenze der Heiz- bzw. Kühlmittelübertemperatur
$\Delta\theta_N$	K	Nenn-Heiz- bzw. -Kühlmittelübertemperatur
$\Delta\theta_V$	K	Heiz- bzw. Kühlmittelübertemperatur des Vorlaufs
$\Delta\theta_{V,des}$	K	Auslegungs-Heiz- bzw. -Kühlmittelübertemperatur des Vorlaufs

Symbol	Einheit	Größe
λ	W/(m·K)	Wärmeleitfähigkeit
σ	K	Temperaturspreizung $\theta_V - \theta_R$
φ	—	Umrechnungsfaktor für Temperaturen
ψ	—	Volumenanteil der Haltenoppen 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 Raumtemperatur (operative Raumtemperatur θ_i), unabhängig vom Typ des flächenintegrierten Systems, die gleiche Wärmestromdichte auf. Daher ist es möglich, für jede Oberflächenart (Fußboden, Wand, Decke), unabhängig vom Typ 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).

Dieses Dokument enthält zwei Methoden:

- Vom Systemtyp 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 oder der Decke (Belag bzw. Verkleidung, Wärmedämmschicht, Luftschicht (Anhang E) usw.) abhängig ist. Die vereinfachten Berechnungsmethoden sind spezifisch für den jeweils betreffenden Systemtyp und es müssen die in Abschnitt 7 aufgeführten Randbedingungen erfüllt werden. Im Bericht zur Berechnung muss eindeutig vermerkt werden, welche Berechnungsmethode angewandt wurde.

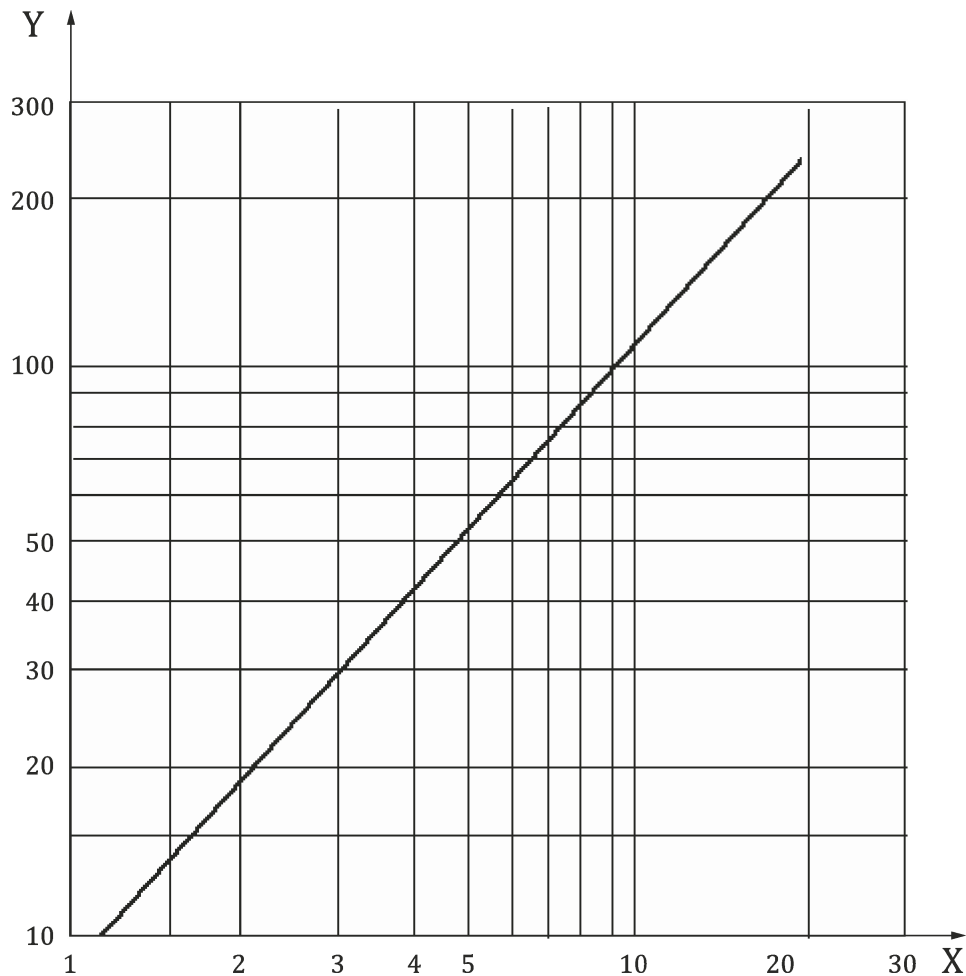
Wenn für einen bestimmten Systemtyp keine vereinfachte Berechnungsmethode vorhanden ist, kann eine allgemeine Berechnung mit der zwei- oder dreidimensionalen Methode der finiten Elemente oder der finiten Differenzen vorgenommen werden (siehe Abschnitt 8 und Anhang D).

ANMERKUNG Zusätzlich können Prüfungen im Labor vorgenommen werden (z. B. nach EN 1264).

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 Gleichung (1) bis Gleichung (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.



Legende

X mittlere Oberflächendifferenztemperatur $(\theta_{s,m} - \theta_i)$, in K

Y Wärmestromdichte q , in W/m^2

Bild 1 — Basiskennlinie für Fußbodenheizung und Deckenkühlung

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

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

Dabei ist

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

θ_i die operative Auslegungs-Raumtemperatur, in $^{\circ}C$.

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

Wandheizung und -kühlung:

$$q = 8 (|\theta_{s,m} - \theta_i|) \quad (2)$$

Deckenheizung:

$$q = 6 (|\theta_{s,m} - \theta_i|) \quad (3)$$

Fußbodenkühlung:

$$q = 7 (|\theta_{s,m} - \theta_i|) \quad (4)$$

ANMERKUNG 1 Die Wärmestromdichte q wird in W/m^2 angegeben.

Der Wärmeübergangskoeffizient ist eine Kombination aus Konvektion und Strahlung.

ANMERKUNG 2 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 kann der Strahlungswärmeübergangskoeffizient auf $5,5 W/m^2 \cdot K$ 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.

Bei Anwendung der vereinfachten Berechnungsmethode aus Anhang A stellen die Kennlinien die Wärmestromdichte als eine Funktion der Differenz zwischen der Heiz- bzw. Kühlmitteltemperatur und der Raumtemperatur 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 Tabelle A.20 aufgeführten Werten für α direkt die Wärmestromdichte zu errechnen. Sie werden tatsächlich ausschließlich für die Umrechnung der Kennlinien nach Gleichung (A.33) aufgeführt. Zur Vereinfachung beruhen diese Berechnungen auf dem gleichen Wärmeübergangskoeffizienten, $6,5 W/m^2 \cdot K$, für Fußbodenkühlung und Deckenheizung.

Für jedes Flächenheiz- und -kühlssystem ist eine maximal zulässige Wärmestromdichte vorhanden, die Grenzwärmestromdichte q_G . Diese wird für eine ausgewählte Auslegungs-Raumtemperatur 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. (Für die maximale Oberflächentemperatur von Fußbodenheizsystemen siehe Anhang F).

Der erreichbare Wert $\theta_{S,m}$ hängt nicht nur von der Art des Systems ab, sondern auch von den Betriebsbedingungen (Temperaturspreizung $\sigma = \theta_V - \theta_R$, Wärmestromdichte nach außen 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 $\sigma = 0$ K. Die Abhängigkeit der Kennlinie von der Temperaturspreizung wird durch Verwendung der logarithmisch bestimmten mittleren Heizmittelübertemperatur $\Delta\theta_H$ [siehe Gleichung (1)] bestimmt;
- für die turbulente Strömung im Rohr gilt: $\frac{m_H}{d_i} > 4\,000 \frac{\text{kg}}{\text{h}\times\text{m}}$;
- die seitliche Wärmestromdichte ist null;
- die wärmeleitende Schicht des Fußbodenheizsystems ist durch eine Wärmedämmung thermisch vom tragenden Untergrund des Gebäudes entkoppelt. Die Wärmedämmung braucht nicht direkt unter dem System zu liegen.

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

Nach diesem Dokument 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.

ANMERKUNG Bei einem System vom Typ A sind die Rohre in die wärmeverteilende Schicht eingebettet. Bei einem System vom Typ C sind die Rohre in die Ausgleichsschicht eingebettet.

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, H, I, J	2 a)	$W \geq 0,050 \text{ m}$ $s_u \geq 0,01 \text{ m}$ $0,008 \text{ m} \leq d \leq 0,03 \text{ m}$ $s_u/\lambda_e \geq 0,01$	7.1 A.2.2
in der Dämmung, wärmeleitende Vorrichtungen keine Holzkonstruktionen, außer tragende und wärmeverteilende Schicht	B	2 b)	$0,05 \text{ m} \leq W \leq 0,45 \text{ m}$ $0,014 \text{ m} \leq d \leq 0,022 \text{ m}$ $0,01 \text{ m} \leq s_u/\lambda_e \leq 0,18 \text{ m}$	7.1 A.2.3
System mit Flächenelementen	D	2 c)		7.1, A.2.4

Position des Rohrs	System- typ	Bild	Randbedingungen	Verweisung zur Methode
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	$\lambda_{wl} \geq 10 \lambda$ $S_{WL} \geq 0,01$	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 Gleichung (5) berechnet:

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

Dabei ist

- B ein systemabhängiger Koeffizient, in $W/(m^2 \cdot K)$, der vom Systemtyp abhängt;
- $\prod_i (a_i^{m_i})$ das Potenzprodukt, das die Parameter der Struktur (Oberflächenbelag bzw. Verkleidung, Rohrabstand, Rohrdurchmesser und Rohrabdeckung) verbindet.

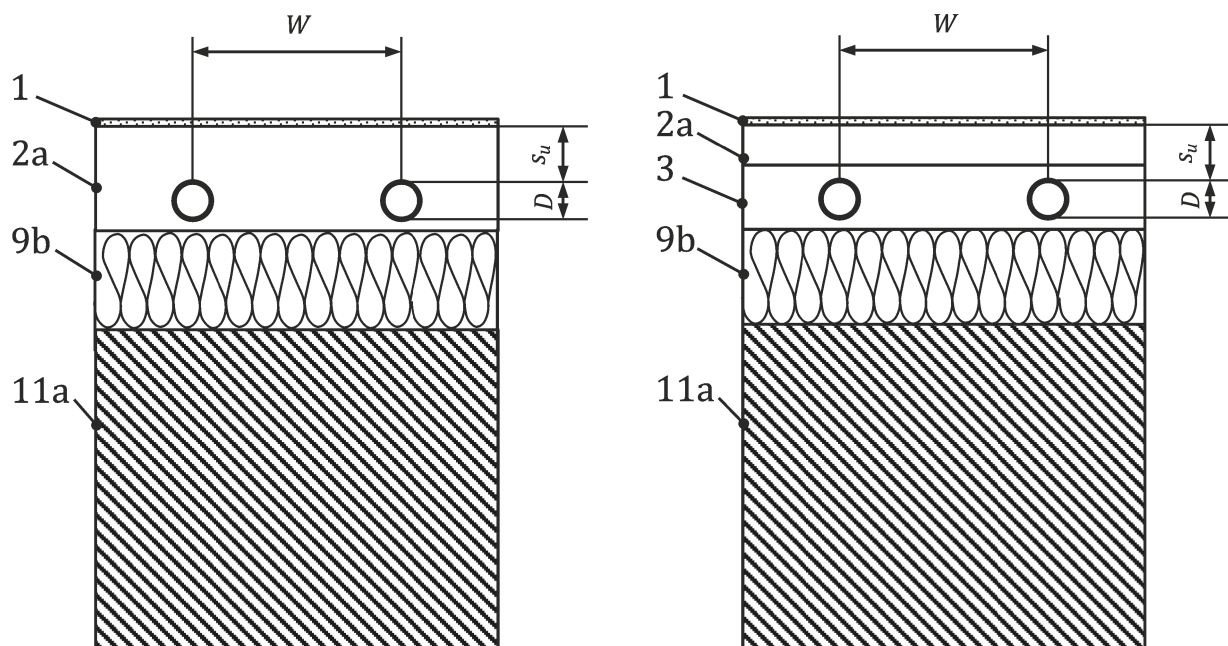
ANMERKUNG Die Wärmestromdichte q wird in W/m^2 angegeben.

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

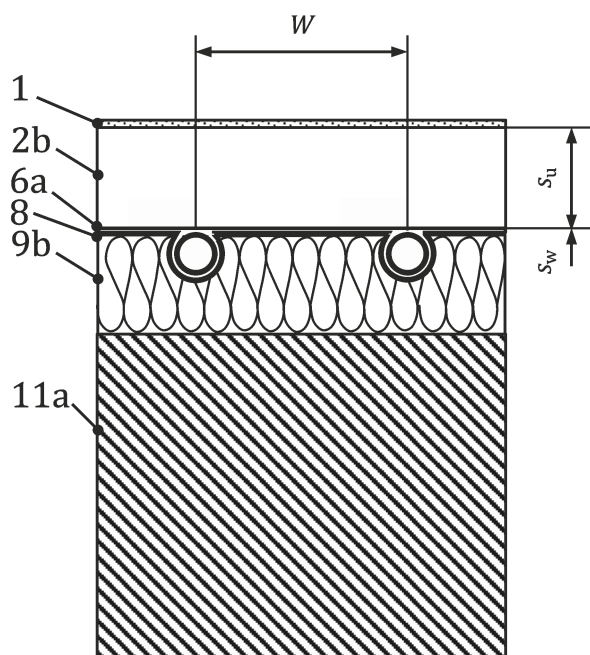
- Typ A mit Rohren, die in Estrich oder Beton verlegt sind (siehe Bild 2 und A.2.2);
- Typ B mit Rohren, die außerhalb des Estrichs verlegt sind (siehe Bild 2 und A.2.3);
- Typ C mit Rohren, die in Estrich verlegt sind (siehe Bild 2 und A.2.2);
- Typ D Systeme mit Flächenelementen (siehe A.2.4).

In Bild 2 sind die Typen 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.

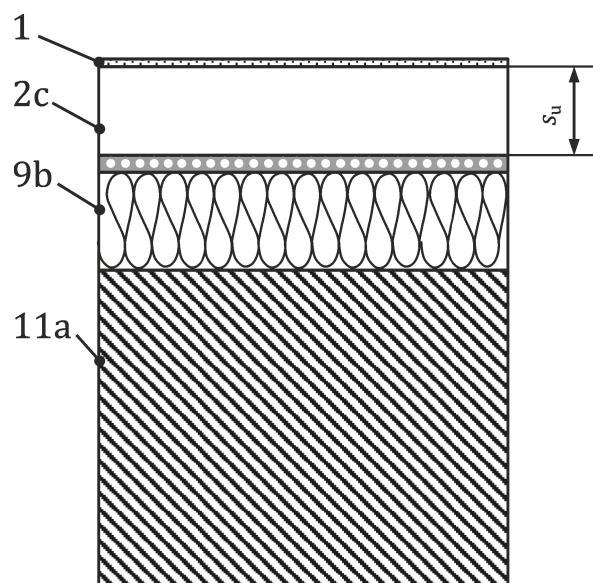
Diese Methode darf nur für Systemanordnungen angewendet werden, welche die in Anhang A für die verschiedenen Systemtypen aufgeführten Randbedingungen erfüllen.



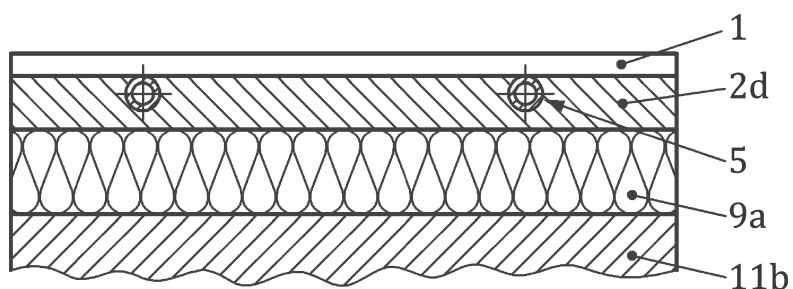
a) Typ A und Typ C



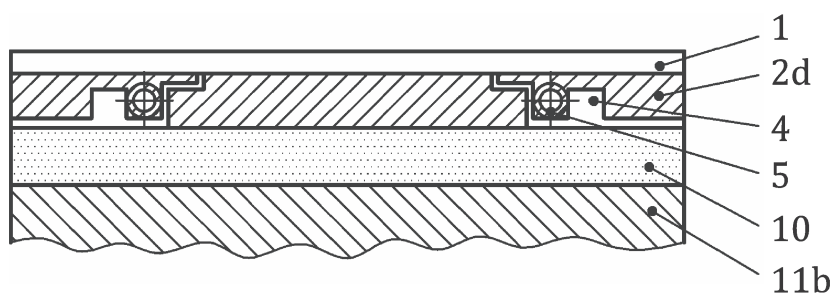
b) Typ B



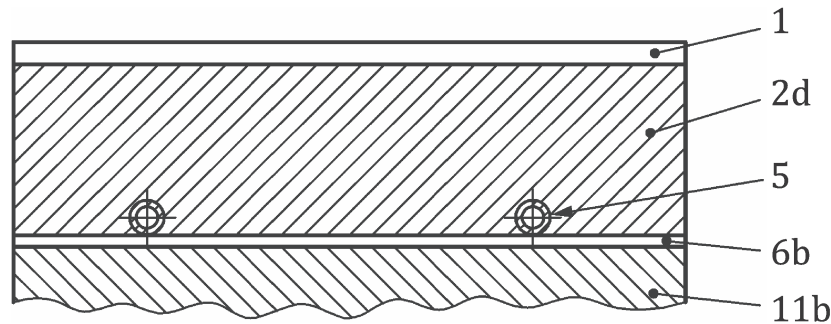
c) Typ D



d) Typ H



d) Typ I



f) Typ J

Legende

- 1 Bodenbelag
- 2a tragende und wärmeverteilende Schicht (Zementestrich, Anhydritestrich, Asphaltestrich)
- 2b tragende und wärmeverteilende Schicht (Zementestrich, Anhydritestrich, Asphaltestrich, Holz)
- 2c tragende und wärmeverteilende Schicht (Zementestrich, Anhydritestrich, Asphaltestrich, Holzkonstruktion)
- 2d tragende und wärmeverteilende Schicht
- 3 Ausgleichsschicht (Zementestrich, Anhydritestrich, Asphaltestrich)
- 4 Profil
- 5 Heiz- bzw. Kühlrohr
- 6a Schutzschicht (Kunststoffolie)
- 6b Schutzschicht
- 7 Rohrfestpunkt
- 8 wärmeverteilende Vorrichtungen
- 9a Dämmschicht
- 9b Wärmedämmung
- 10 Ausgleichsschicht
- 11a tragender Untergrund
- 11b tragender Untergrund/bestehender Boden

Bild 2 — Systemtypen A, B, C, D, H, I und J, 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 wird unter Verwendung der Wärmedurchgangswiderstände errechnet.

Das Konzept wird in Bild 3 dargestellt.

Ein äquivalenter Widerstand R_{HC} zwischen dem Heiz- oder Kühlmittel und einem fiktiven Kern (oder einer wärmeleitenden Schicht) wird an 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 vom Systemtyp 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).

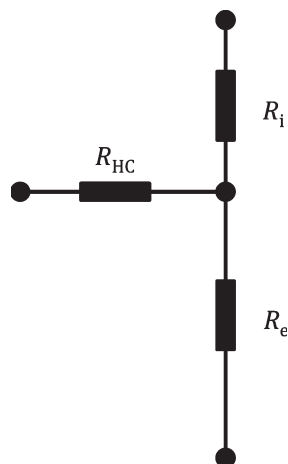
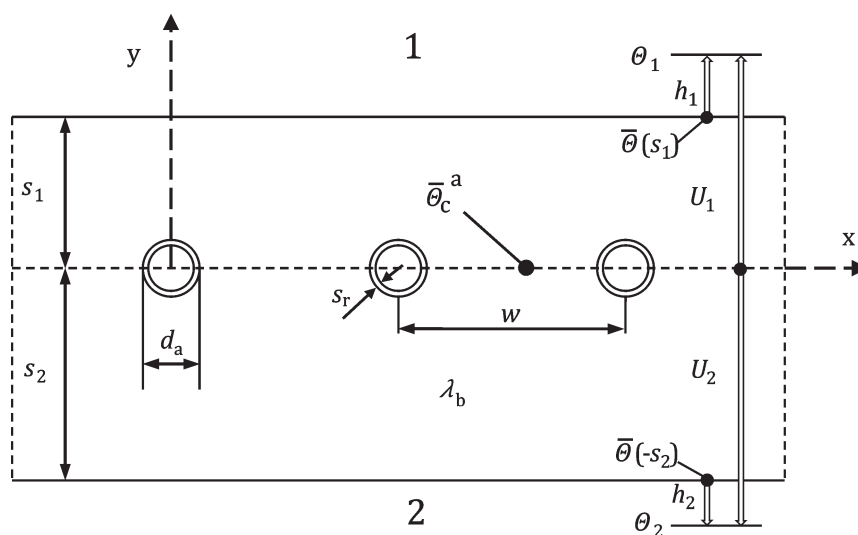


Bild 3 — Schaltbild der Wärmewiderstände



Legende

- 1 Raum 1
- 2 Raum 2
- ^a wärmeleitende Schicht

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