

Wärmebrücken im Hochbau
Wärmeströme und Oberflächentemperaturen
 Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren
 (ISO 10211-1 : 1995)
 Deutsche Fassung EN ISO 10211-1 : 1995

DIN
 EN ISO 10211-1

ICS 91.120.10

Deskriptoren: Hochbau, Wärmebrücke, Wärmestrom, Oberflächentemperatur, Berechnung

Thermal bridges in building construction — Heat flows and surface temperatures —
 Part 1: General calculation methods (ISO 10211-1 : 1995);
 German version EN ISO 10211-1 : 1995

Ponts thermiques — Calcul des températures superficielles et des flux thermiques —
 Partie 1: Méthodes générales de calcul (ISO 10211-1 : 1995);
 Version allemande EN ISO 10211-1995

Die Europäische Norm EN ISO 10211-1 : 1995 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Europäische Norm EN ISO 10211-1 : 1995 ist vom Technischen Komitee (TC) 89 "Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen" (Sekretariat: Schweden) unter deutscher Mitwirkung erarbeitet worden.

Der für die deutsche Mitarbeit zuständige Arbeitsausschuß im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. ist der als Spiegelausschuß zu CEN/TC 89 eingesetzte Arbeitsausschuß 00.89.00 "Wärmeschutz" des Normenausschusses Bauwesen (NABau).

Für die im Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen wird im folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 7345 siehe DIN 4108-1, E DIN EN 27345

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 4108-1

Wärmeschutz im Hochbau — Größen und Einheiten

E DIN EN 27345

Wärmeschutz — Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345 : 1987);
 Deutsche Fassung prEN 27345 : 1994

Fortsetzung 37 Seiten EN

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

ICS 95.120

Deskriptoren: Gebäude, Wärmeschutz, Wärmeverlust, Wärmeübergang, Berechnungsverfahren

Deutsche Fassung

Wärmebrücken im Hochbau

Wärmeströme und Oberflächentemperaturen

Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren
(ISO 10211-1 : 1995)

Thermal bridges in building construction
— Heat flows and surface temperatures —
Part 1: General calculation methods
(ISO 10211-1 : 1995)

Ponts thermiques — Calcul des températures superficielles et des flux thermiques — Partie 1: Méthodes générales de calcul (ISO 10211-1 : 1995)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1995-03-13 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	8 Eingabe- und Ausgabedaten	18
Einleitung	2	8.1 Eingabedaten	18
1 Anwendungsbereich	3	8.2 Ausgabedaten	18
2 Normative Verweisungen	3	Anhang A (normativ) Validierung der Berechnungsverfahren	19
3 Definitionen und Symbole	3	Anhang B (normativ) Äquivalente Wärmeleit- fähigkeit von Hohlräumen	22
4 Grundsätze	7	Anhang C (normativ) Ermittlung von längenbezogenen und punktbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten	25
5 Modellhafte Abbildung der Konstruktion	7	Anhang D (informativ) Beispiele für die Verwendung von quasi-homogenen Schichten	29
5.1 Regeln für die modellhafte Abbildung	7	Anhang E (informativ) Innere Wärmeübergangs- widerstände	31
5.2 Bedingungen für die Vereinfachung des geometrischen Modells	11	Anhang F (informativ) Bestimmung der <i>L</i> - und <i>g</i> -Werte für mehr als zwei Temperatur- Randbedingungen	35
6 Rechengrößen	14	Anhang G (informativ) Abschätzung der Tauwasserbildung	37
6.1 Vorgegebene Rechengrößen	14		
6.2 Verfahren zur Bestimmung der Rechengrößen ..	15		
7 Berechnungsverfahren	16		
7.1 Berechnungsregeln	16		
7.2 Bestimmung des thermischen Leitwertes und des Wärmestroms	16		
7.3 Bestimmung der Temperatur an der Innenoberfläche	17		

Vorwort

Der Text der EN ISO 10211-1 : 1995 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 "Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen" in Zusammenarbeit mit ISO/TC 163 "Thermal insulation" erarbeitet.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 1996, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 1996 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind folgende Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

Einleitung

Wärmebrücken, die im allgemeinen an jeder Verbindungsstelle zwischen Bauteilen oder an Stellen auftreten, wo sich die Zusammensetzung der Baustruktur ändert, haben zwei Auswirkungen:

- Änderung des Wärmestroms und
- Änderung der inneren Oberflächentemperatur,

verglichen mit wärmebrückenfreien Bauteilen.

Obwohl ähnliche Berechnungsverfahren angewandt werden, sind die Verfahren für die Berechnung der Oberflächen-temperaturen und der Wärmeströme nicht gleich.

Eine Wärmebrücke führt in der Regel zu drei- oder zweidimensionalen Wärmeströmen, welche mittels detaillierter numerischer Berechnungsverfahren genau bestimmt werden können. Diese werden als Verfahren "Klasse A" bezeichnet. Im Teil 1 der vorliegenden Norm sind die Kriterien festgesetzt, die erfüllt werden müssen, damit ein Verfahren als Verfahren nach "Klasse A" eingestuft werden kann.

In vielen Anwendungsfällen erbringen auch numerische Berechnungen, die nur auf einer zweidimensionalen Darstellung der Wärmeströme beruhen, eine ausreichende Genauigkeit. Diese werden als Verfahren "Klasse B" bezeichnet.

Im Teil 2 der vorliegenden Norm sind die Kriterien für die Berechnung von linearen Wärmebrücken festgelegt, die erfüllt werden müssen, damit das Berechnungsverfahren als Verfahren nach "Klasse B" eingestuft werden kann.

Andere weniger genaue, aber viel einfachere Verfahren, die nicht auf einer numerischen Berechnung beruhen, können eine angemessene Abschätzung der durch Wärmebrücken verursachten zusätzlichen Wärmeverluste ermöglichen. Diese vereinfachten Verfahren sind in prEN ISO 14683, Wärmebrücken im Hochbau — Längenbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient — Vereinfachte Verfahren und Bemessungswerte (ISO/DIS 14683 : 1995), angegeben.

1 Anwendungsbereich

Im Teil 1 dieser Norm sind die Spezifikationen von geometrischen 3-D- und 2-D-Modellen von Wärmebrücken zur numerischen Berechnung von:

- Wärmeströmen zur Abschätzung der Gesamtwärmeverluste eines Gebäudes;
- minimalen Oberflächentemperaturen zur Abschätzung des Risikos einer Tauwasserbildung

festgelegt.

Diese Spezifikationen beinhalten die geometrischen Randbedingungen, die Unterteilungen des Modells, die wärmetechnischen Randbedingungen und die zu verwendenden wärmetechnischen Kennwerte.

Die Norm beruht auf folgenden Annahmen:

- stationäre Bedingungen,
- alle physikalischen Eigenschaften sind temperaturunabhängig,
- keine Wärmequellen im Bauteil.

Sie darf auch angewendet werden für die Ermittlung längenbezogener und punktbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizienten und für die Ermittlung von Oberflächen-temperaturkennzahlen.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

ISO 7345

Wärmeschutz — Physikalische Größen und Definitionen

prEN 673

Wärmedämmung von Verglasung — Berechnungsregeln zur Bestimmung des stationären U -Wertes (Wärmedurchgangskoeffizient) der Verglasung

prEN ISO 6946-1

Bauteile — Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren

prEN ISO 10456

Wärmeschutz — Baustoffe und -produkte — Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte

prEN ISO 13789

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Spezifischer Transmissionswärmeverlust — Berechnungsverfahren

3 Definitionen und Symbole

3.1 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in ISO 7345 angegebenen sowie nachstehende Definitionen.

3.1.1 Wärmebrücke: Teil der Gebäudehülle, wo der ansonsten normal zum Bauteil auftretende Wärmestrom deutlich verändert wird durch:

- a) eine volle oder teilweise Durchdringung der Gebäudehülle durch Baustoffe mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit
und/oder
- b) einen Wechsel in der Dicke der Bauteile
und/oder
- c) eine unterschiedlich große Differenz zwischen Innen- und Außenfläche, wie diese bei Wand-, Fußböden- und Decken-Anschlüssen auftritt.

3.1.2 3-D-geometrisches Modell: Ein von Bauplänen abgeleitetes geometrisches Modell, in dem sich die senkrecht zu jeder der orthogonalen Achsen geführten Querschnitte innerhalb der Modellgrenzen ändern (siehe Bild 1).

3.1.3 3-D-flankierendes Element: Teil eines 3-D-geometrischen Modells, das, für sich betrachtet, durch ein 2-D-geometrisches Modell dargestellt werden kann (siehe Bilder 1 und 2).

3.1.4 3-D-zentrales Element: Teil eines 3-D-geometrischen Modells, das kein 3-D-flankierendes Element ist (siehe Bild 1).

3.1.5 2-D-geometrisches Modell: Ein von Bauplänen abgeleitetes geometrisches Modell, in dem sich einer der senkrecht zu den orthogonalen Achsen geführten Querschnitte innerhalb der Modellgrenzen nicht ändert (siehe Bild 2).

ANMERKUNG: Für zweidimensionale Berechnungen wird ein 2-D-geometrisches Modell angewandt.

3.1.6 Konstruktionsebenen: Ebenen im 3-D- oder 2-D-Modell, welche

- unterschiedliche Baustoffe,
- das geometrische Modell von der verbleibenden Konstruktion,
- die flankierenden Elemente vom zentralen Element (siehe Bild 3)

trennen.

3.1.7 Schnittebenen: Jene Konstruktionsebenen, die Begrenzungen des 3-D- oder 2-D-Modells darstellen, indem sie das Modell von der verbleibenden Konstruktion trennen (siehe Bild 3).

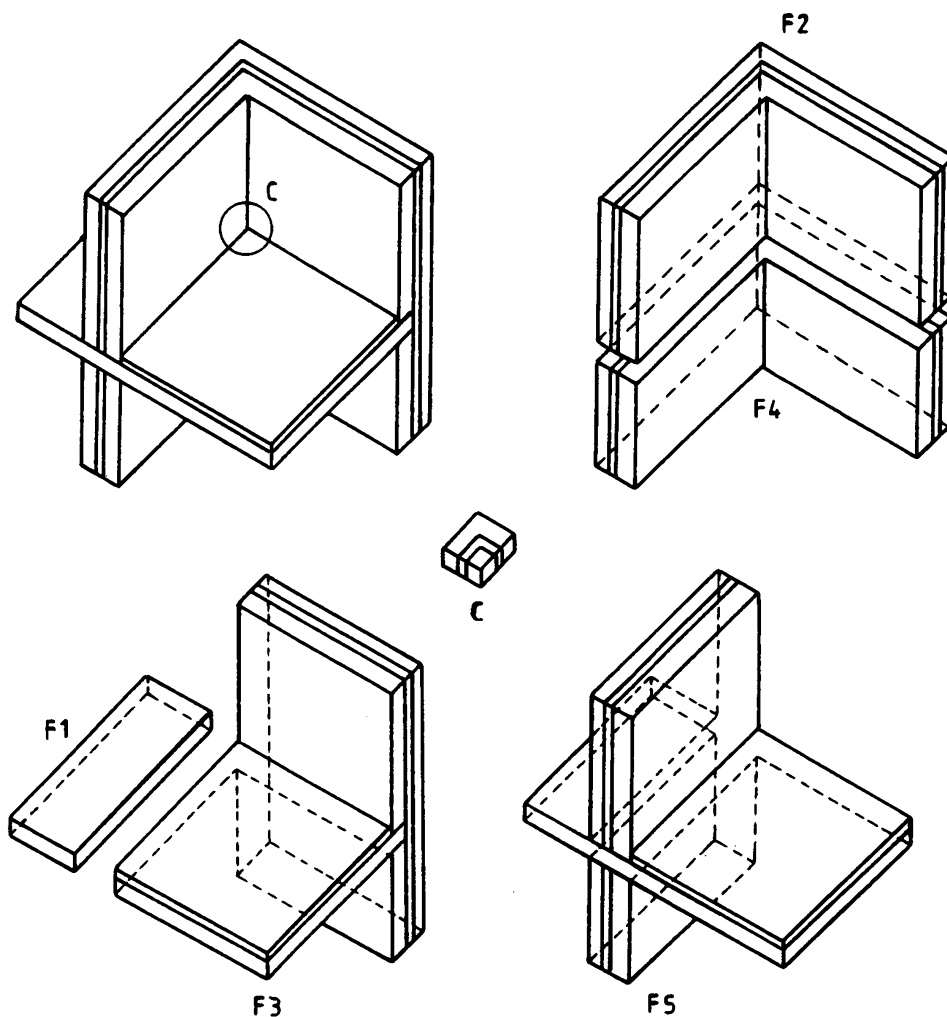


Bild 1: 3-D-Modell mit fünf 3-D-flankierenden Elementen und dem 3-D-zentralen Element.
F1 bis F5 haben gleichbleibende Querschnitte, die senkrecht zu mindestens einer Achse geführt sind. C ist der verbleibende Teil

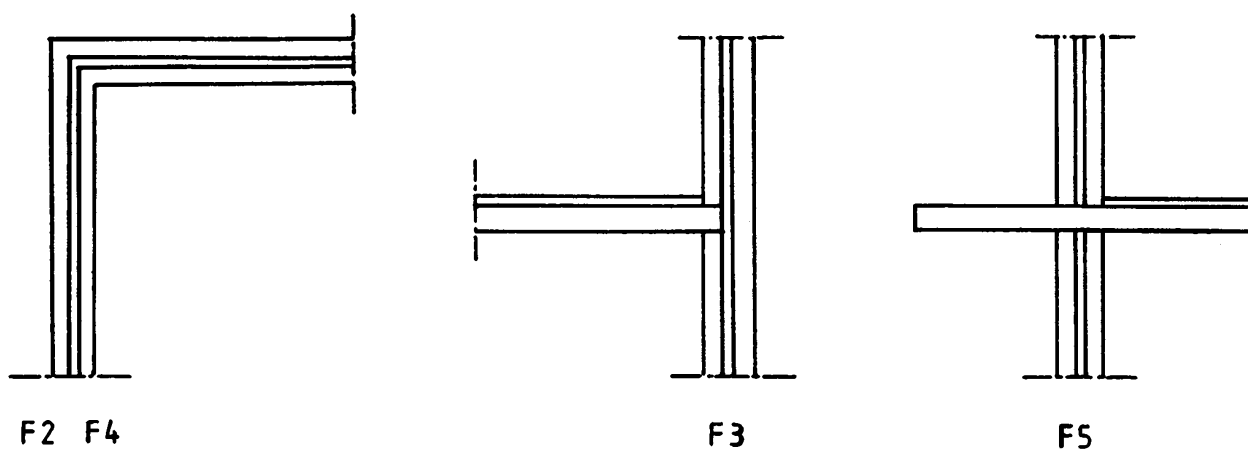
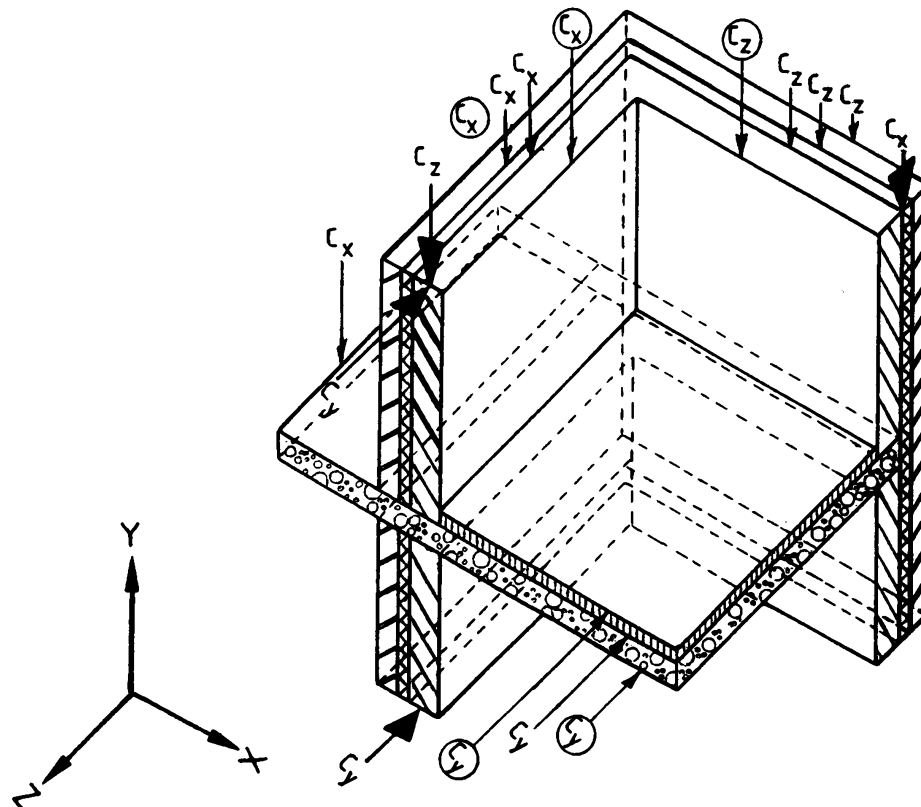


Bild 2: Die Querschnitte der flankierenden Elemente in einem 3-D-Modell können als 2-D-Modell behandelt werden.
F2 bis F5 beziehen sich auf Bild 1



C_x sind Konstruktionsebenen senkrecht zur x -Achse
 C_y sind Konstruktionsebenen senkrecht zur y -Achse
 C_z sind Konstruktionsebenen senkrecht zur z -Achse

Schnittebenen sind durch vergrößerte Pfeile angezeigt. Ebenen, die flankierende Elemente vom zentralen Element trennen, sind kreisförmig eingerahmt.

Bild 3: Beispiel eines 3-D-Modells mit Darstellung der Konstruktionsebenen

3.1.8 Hilfeebenen: Ebenen, die das geometrische Modell zusätzlich zu den Konstruktionsebenen in eine Anzahl von Zellen unterteilen.

3.1.9 quasi-homogene Schicht: Schicht, die aus zwei oder mehr Baustoffen mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit besteht, die aber als homogene Schicht mit einer effektiven äquivalenten Wärmeleitfähigkeit betrachtet werden kann (siehe Bild 4).

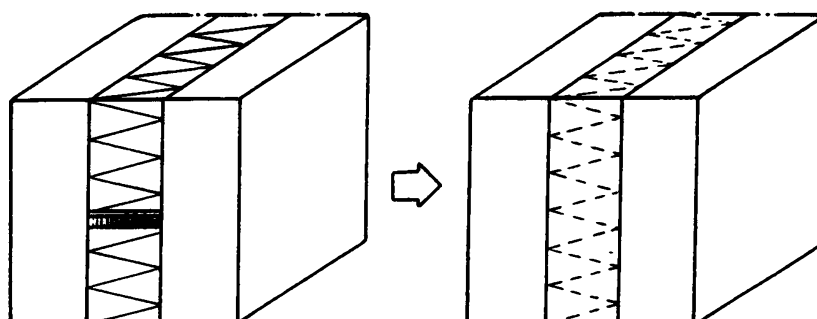


Bild 4: Beispiel einer geringfügigen punktbezogenen Wärmebrücke, die zu einem dreidimensionalen Wärmestrom führt, dessen Wirkung in einer quasi-homogenen Schicht berücksichtigt wird

3.1.10 Temperaturdifferenzen-Quotient $\zeta_{R_{si}}$: Die Differenz zwischen der Temperatur der Innenoberfläche und der Außenlufttemperatur, bezogen auf die Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und Außenluft, berechnet mit einem inneren Wärmeübergangswiderstand R_{si} an der Innenoberfläche.

3.1.11 Temperaturfaktor f_{Rsi} : Differenz zwischen der Innenraumtemperatur und der inneren Oberflächentemperatur, bezogen auf die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft, berechnet mit einem inneren Wärmeübergangswiderstand R_{si} .

ANMERKUNG: $f_{Rsi} = 1 - \zeta_{Rsi}$

3.1.12 Temperaturgewichtungsfaktoren g : Faktoren, die den relativen Einfluß der Lufttemperaturen in den wärmetechnisch verkoppelten Räumen, bezogen auf die Oberflächentemperatur in dem betrachteten Punkt, angeben.

3.1.13 Außenreferenztemperatur: Außenluft ohne Berücksichtigung von Strahlung.

3.1.14 Innentemperatur:

- a) Die resultierende Innentemperatur im betrachteten Raum.
- b) Mittel der Innentemperatur im betrachteten Raum.

ANMERKUNG 1: a) wird bei der Berechnung der Wärmeströme zur Abschätzung der Gesamtwärmeverluste angewandt, und b) wird bei der Berechnung der Oberflächentemperaturen zur Abschätzung des Risikos der Tauwasserbildung angewandt.

ANMERKUNG 2: Zur Berechnung werden die Referenztemperaturen im ganzen Innenraum als einheitlich angenommen.

3.1.15 resultierende Innentemperatur: Das arithmetische Mittel der Innenlufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur aller Oberflächen, die den Innenraum umschließen.

3.1.16 thermischer Leitwert $L_{i,j}$: Wärmestrom, bezogen auf die Temperaturdifferenz zwischen zwei Räumen i und j , die durch die betrachtete Baukonstruktion wärmetechnisch verbunden werden.

3.1.17 längenbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ : Korrekturwert für den längenbezogenen Einfluß einer Wärmebrücke zur Berechnung des thermischen Leitwertes L aus einer 1-D-Berechnung.

3.1.18 punktbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient χ : Korrekturwert für den punktbezogenen Einfluß einer Wärmebrücke zur Berechnung des thermischen Leitwertes L aus einer 1-D-Berechnung.

3.2 Symbole und Einheiten

Symbol	Physikalische Größe	Einheit
A	Fläche	m^2
H	Höhe	m
L	Thermischer Leitwert	W/K
R	Wärmedurchlaßwiderstand	$m^2 \cdot K/W$
R_{se}	Äußerer Wärmeübergangswiderstand	$m^2 \cdot K/W$
R_{si}	Innerer Wärmeübergangswiderstand	$m^2 \cdot K/W$
T	Thermodynamische Temperatur	K
U	Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K)$
V	Volumen	m^3
b	Breite	m
d	Dicke	m
f_{Rsi}	Temperaturfaktor an der Innenoberfläche	—
g	Temperaturgewichtungsfaktor	—
h	Wärmeübergangskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K)$
l	Länge	m
q	Wärmestromdichte	W/m^2
θ	Temperatur	$^{\circ}C$
$\Delta\theta$	Temperaturdifferenz	K
λ	Wärmeleitfähigkeit	$W/(m \cdot K)$
ζ_{Rsi}	Temperaturdifferenzen-Quotient	—
Φ	Wärmestrom	W
χ	Punktbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient	W/K
ψ	Längenbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient	$W/(m \cdot K)$
Indizes:		
cav	Hohlraum	
dp	Taupunkt	
e	außen	
i	innen	
j	längenbezogen	
min.	mindestens	
s	Oberfläche	

4 Grundsätze

Die Temperaturverteilung in einer und der Wärmestrom durch eine Konstruktion können berechnet werden, wenn die Randbedingungen und die Konstruktionsdetails bekannt sind. Zu diesem Zweck wird ein geometrisches Modell in eine Anzahl benachbarter Materialzellen mit jeweils homogener Wärmeleitfähigkeit unterteilt. Die Bedingungen, die bei der Modellbildung erfüllt werden müssen, sind in Abschnitt 5 angegeben.

Abschnitt 6 regelt die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeitswerte und Randbedingungen.

Die Temperaturverteilung wird entweder durch iterative Berechnungsverfahren oder durch direkte Lösungsverfahren bestimmt, wonach die Temperaturverteilung innerhalb der Materialzellen durch Interpolation ermittelt wird.

Die Berechnungsmethodik und das Verfahren zur Bestimmung der Temperaturverteilung werden in Abschnitt 7 beschrieben.

ANMERKUNG: Einige der folgenden Abschnitte enthalten Unterschiede zwischen der Berechnung der Oberflächentemperaturen und der Berechnung der Wärmeströme; diese Unterschiede sind in den Tabellen 1, 3 und 4 angegeben.

5 Modellhafte Abbildung der Konstruktion

5.1 Regeln für die modellhafte Abbildung

Es ist in der Regel nicht möglich, ein vollständiges Gebäude mit einem einzigen geometrischen Modell darzustellen. In den meisten Fällen wird das Gebäude unter Verwendung von Schnittebenen (erforderlichenfalls einschließlich des Untergrundes) unterteilt. Diese Unterteilung ist in der Weise vorzunehmen, daß Unterschiede im Berechnungsergebnis zwischen dem unterteilten Gebäude und dem als Ganzes behandelten Gebäude vermieden werden.

Diese Zerlegung in mehrere geometrische Modelle wird durch die Wahl passender Schnittebenen erzielt.

5.1.1 Schnittebenen des geometrischen Modells

Das geometrische Modell enthält das (die) zentrale(n) Element(e), die flankierenden Elemente und, erforderlichenfalls, den Untergrund. Das geometrische Modell wird durch Schnittebenen begrenzt.

Schnittebenen sind wie folgt anzuordnen:

- in einer Symmetrie-Ebene, sofern diese weniger als 1 m vom zentralen Element liegt (siehe Bild 5);
- im Abstand von mindestens 1 m vom zentralen Element, wenn keine nähere Symmetrie-Ebene vorliegt;
- im Untergrund nach Tabelle 1.

ANMERKUNG: Wenn in dem geometrischen Modell mehr als eine Wärmebrücke vorliegt, ist die berechnete Oberflächentemperatur am zentralen Element der zweiten Wärmebrücke nur dann zutreffend, wenn sich die zweite Wärmebrücke in einem Mindestabstand von 1 m von der nächsten Schnittebene befindet (siehe Bild 6), es sei denn, die Schnittebene ist eine Symmetrie-Ebene.

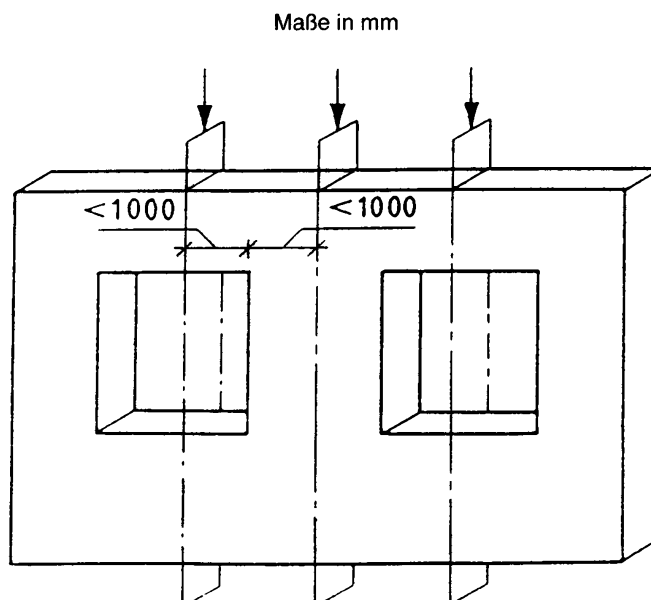


Bild 5: Symmetrie-Ebenen, die als Schnittebenen verwendet werden können

Maße in mm

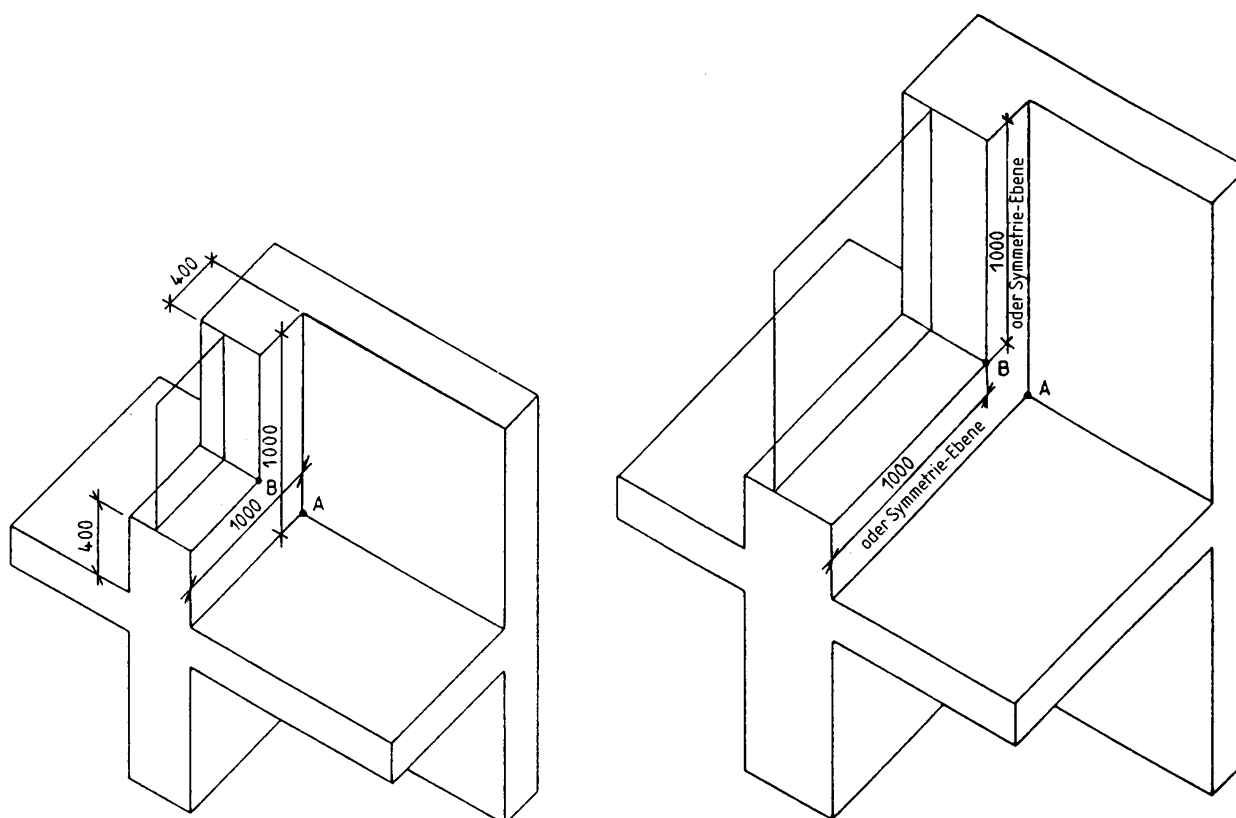


Bild 6: Zwei Wärmebrücken A und B im gleichen Modell. Die Wärmebrücke, die der Schnittebene am nächsten liegt, erfüllt nicht die Bedingung des Mindestabstandes von 1 m von der Schnittebene (links). Diese Schwierigkeit wird durch die Erweiterung des Modells in zwei Richtungen vermieden (rechts)

Tabelle 1: Anordnung der Schnittebenen im Untergrund (Gründungen, Fußböden über Erdreich, Keller)
Entfernung zum zentralen Element, in m

Richtung	Berechnungszweck	
	Oberflächentemperaturen siehe Bild 7a	Wärmestrom siehe Bild 7b
Horizontaler Abstand im Gebäude	mindestens 1 m	0,5 b
Horizontaler Abstand außerhalb des Gebäudes	gleicher Abstand wie innerhalb des Gebäudes	2,5 b
Vertikaler Abstand unter Fußbodenniveau	3 m	2,5 b
Vertikaler Abstand unter Fußbodenniveau (siehe Anmerkung)	1 m	—

Dabei ist b die Breite (das kleinere Maß) der Fußbodenfläche, in m.

ANMERKUNG: Dieser Wert gilt nur dann, wenn das Niveau des betrachteten Fußbodens mehr als 2 m unter dem Erdbodenniveau liegt.

Maße in mm

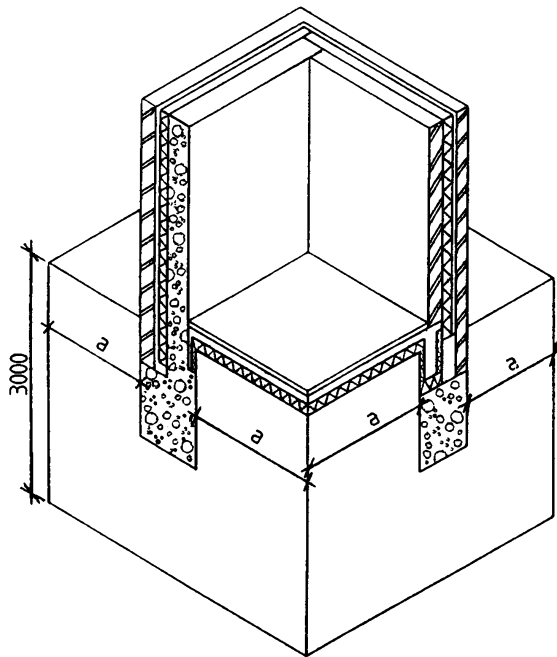


Bild 7a: Maße im Erdreich zur Berechnung der Oberflächentemperaturen

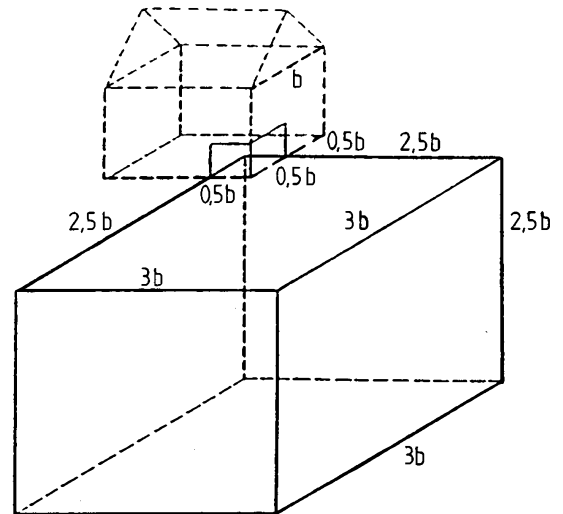


Bild 7b: Maße im Erdreich zur Berechnung des Wärmestroms

5.1.2 Korrekturen an den Maßen

Korrekturen an den Maßen des geometrischen Modells hinsichtlich der körperlichen Wirklichkeitstreue sind zulässig, wenn sie keinen signifikanten Einfluß auf das Berechnungsergebnis haben; dies kann als gegeben angenommen werden, wenn die Bedingungen nach 5.2.1 erfüllt sind.

5.1.3 Hilfsebenen

Die Anzahl der Hilfsebenen im Modell muß so sein, daß das Hinzufügen weiterer Hilfsebenen zu keiner Änderung der Temperaturdifferenzen-Quotienten ζ_{Rsi} von mehr als 0,005 führt (siehe auch Anhang A.2).

ANMERKUNG: Als Beispiel für die Anbringung der Hilfsebenen siehe Bild 8a. Die Abstände zwischen benachbarten parallelen Ebenen sollen folgende Werte nicht überschreiten:

- innerhalb des zentralen Elementes: 25 mm;
- innerhalb der flankierenden Elemente, gemessen von der Konstruktionsebene, die das zentrale Element vom flankierenden Element trennt: 25, 25, 50, 50, 50, 100, 200, 500, 1 000, 2 000 und 4 000 mm.

Für Baukonstruktionen mit kleinen Detailabmessungen (z.B. Fensterprofile) ist eine feinere Unterteilung erforderlich (siehe Bild 8b).

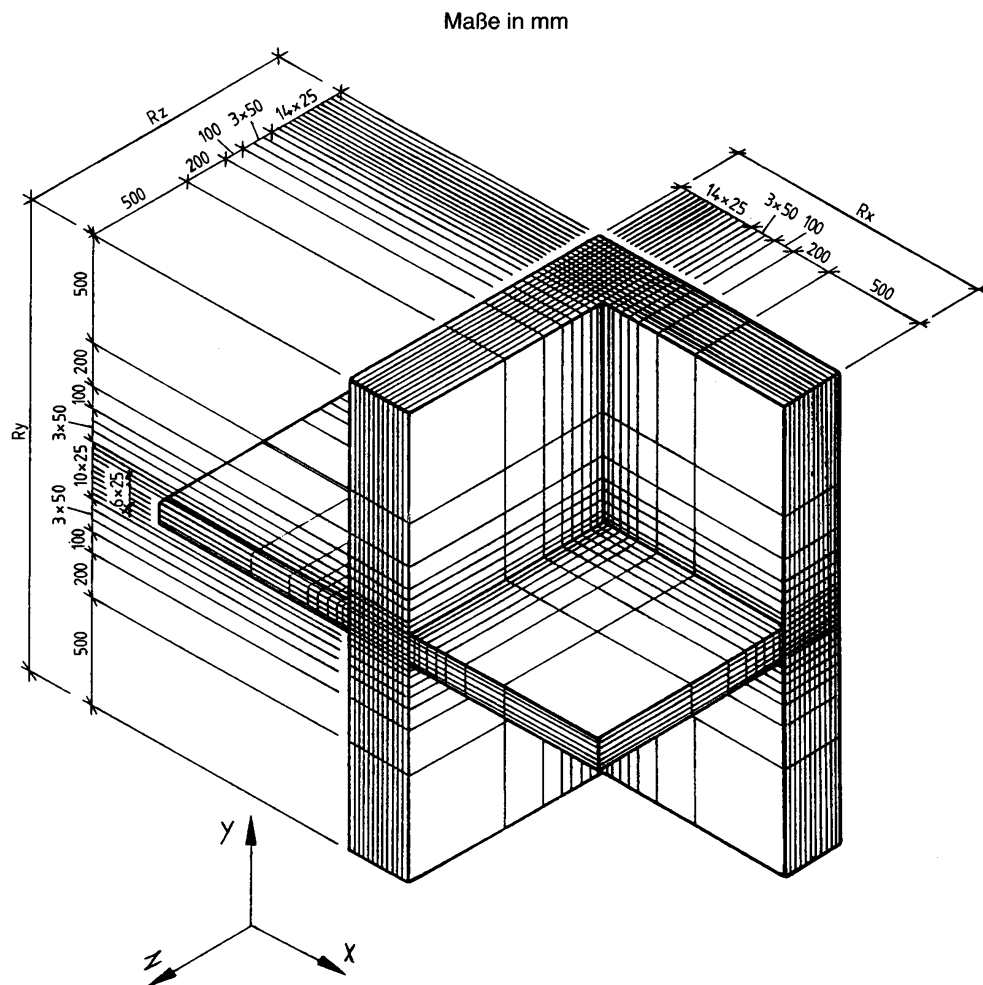


Bild 8a: Beispiel von Konstruktionsebenen, die mit Hilfsebenen ergänzt sind

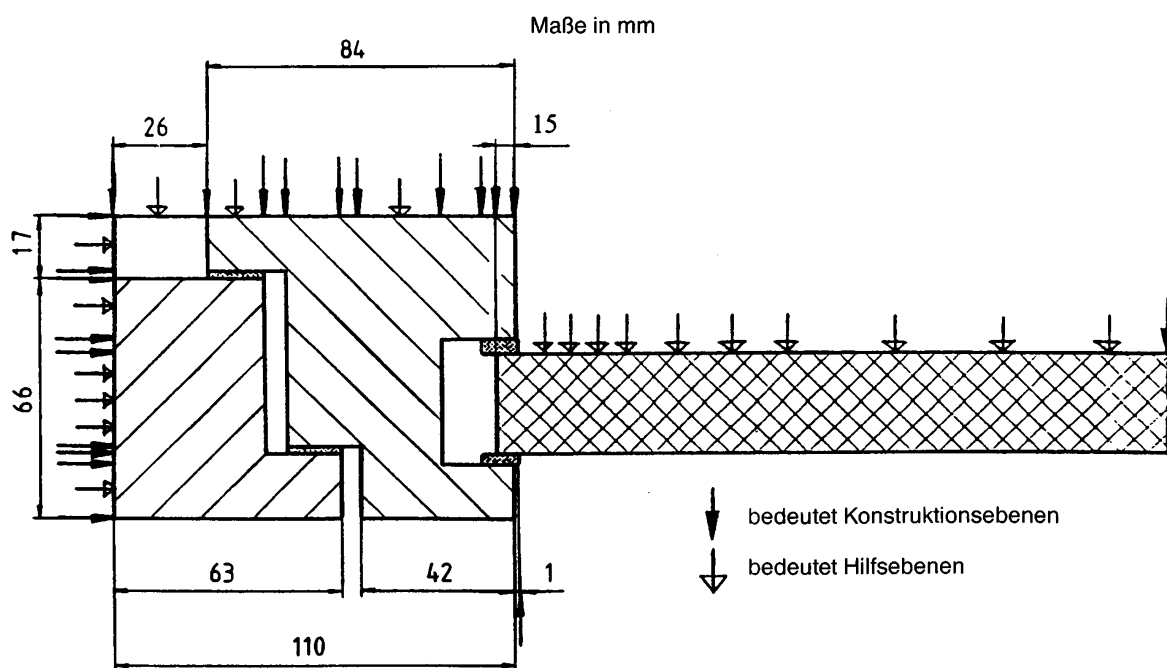


Bild 8b: Beispiel von Konstruktionsebenen und Hilfsebenen im 2-D-geometrischen Modell eines Fensterrahmens