

DIN EN ISO 13792

ICS 91.120.10

Ersatz für
DIN EN ISO 13792:2005-06

**Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden –
Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne
Anlagentechnik –
Vereinfachtes Berechnungsverfahren (ISO 13792:2012);
Deutsche Fassung EN ISO 13792:2012**

Thermal performance of buildings –

Calculation of internal temperatures of a room in summer without mechanical cooling –

Simplified methods (ISO 13792:2012);

German version EN ISO 13792:2012

Performance thermique des bâtiments –

Calcul des températures intérieures en été d'un local sans dispositif de refroidissement
mécanique –

Méthodes simplifiées (ISO 13792:2012);

Version allemande EN ISO 13792:2012

Gesamtumfang 62 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 13792:2012) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal performance and energy used in the built environment“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ (Sekretariat: SIS; Schweden) unter deutsche Mitarbeit erstellt.

Der für die deutsche Mitarbeit zuständige Arbeitsausschuss im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist der als Spiegelausschuss zum CEN/TC 89 eingesetzte Arbeitsausschuss NA 005-56-90 AA „Baulicher Wärmeschutz im Hochbau“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau).

Dieses Dokument ersetzt DIN EN ISO 13792:2005-06.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 13792:2005-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) in Abschnitt 2 wurden die ISO 9050, ISO 10292, ISO 15099 und ISO 15927-2 hinzugefügt;
- b) in Abschnitt 3.2 wurde g und m gestrichen und m_a und Index sl hinzugefügt;
- c) in Abschnitt 4.2.1.2 wurden der erste und zweite Anstrich, Beschreibungen der Verweisung hinzugefügt;
- d) in Abschnitt 4.2.3 wurde U^* durch U , g durch S_f als Faktor für den solaren Wärmegewinn ersetzt, Gleichung (1) gelöscht; und die alten Gleichungen (2) bis (6) durch Gleichungen (1) bis (5) ersetzt, sowie die Gleichungen (2) bis (4) ergänzt;
- e) in Abschnitt 4.2.3.2 wurde im dritten Anstrich g durch S_{f1} ersetzt;
- f) in Abschnitt 6.2.5 wurde die Beschreibungen der Breitengrade in den Tabellen 7, 8 und 9 hinzugefügt;
- g) in A.2.1 wurde die Beschreibungen der Symbole S_f und n ergänzt;
- h) in A.2.2 wurde die Gleichung (A.1) ergänzt;
- i) in A.2.3 wurde die Gleichung zur Definition von A_t hinzugefügt und die Gleichung (A.24) ergänzt;
- j) in A.3.1 wurden die Gleichungen (A.28), (A.31), (A.32), (A.33) und (A.34) ergänzt;
- k) in A.3.2.1 wurde die Gleichung (A.35) und die Einheit für c ergänzt;
- l) in A.3.2.2.1 wurden die Gleichungen (A.38), (A.39), (A.40), (A.45) und (A.47) ergänzt und die Beschreibung von H_T geändert;
- m) in A.3.2.2.2 wurde die Gleichung (A.49) ergänzt;
- n) in A.3.3 wurden die Gleichungen (A.52) und (A.53) ergänzt;
- o) in C.2 wurde der Titel der Tabelle C.1 hinzugefügt;
- p) in E.1 wurde die Beschreibung von S_f in Tabelle E.5 ergänzt;
- q) in E.3 wurde U^*_m durch U_m ersetzt;
- r) redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 13792: 2005-06

Deutsche Fassung

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden —
Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei
Gebäuden ohne Anlagentechnik —
Vereinfachtes Berechnungsverfahren
(ISO 13792:2012)

Thermal performance of buildings —
Calculation of internal temperatures of a room in summer
without mechanical cooling —
Simplified methods
(ISO 13792:2012)

Performance thermique des bâtiments —
Calcul des températures intérieures en été d'un local sans
dispositif de refroidissement mécanique —
Méthodes simplifiées
(ISO 13792:2012)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 14. März 2012 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe, Symbole und Einheiten	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Symbole und Einheiten	9
3.3 Indizes	12
4 Eingabedaten und Ergebnisse	12
4.1 Annahmen	12
4.2 Randbedingungen und Eingabedaten	13
4.2.1 Randbedingungen	13
4.2.2 Wärmeübergangskoeffizienten	13
4.2.3 Geometrische und thermophysikalische Parameter der Umschließungsfläche des Raumes	14
4.2.4 Luftwechselrate.....	17
4.2.5 Innere Wärmegewinne.....	17
4.3 Ausgabedaten	18
5 Berechnungsverfahren	18
6 Validierungsverfahren	18
6.1 Einleitung.....	18
6.2 Validierungsverfahren für das Berechnungsverfahren	18
6.2.1 Allgemeines.....	18
6.2.2 Geometrie	18
6.2.3 Beschreibung der Elemente	19
6.2.4 Kombination von Elementen	21
6.2.5 Klimadaten.....	22
6.2.6 Innere Energiequellen	23
6.2.7 Lüftungsmuster.....	23
6.2.8 Prüfergebnisse.....	24
6.3 Validierungsverfahren für den Sonnenlichtfaktor aufgrund äußerer Hindernisse	25
Anhang A (informativ) Beispiele von Lösungsmodellen.....	28
A.1 Einleitung.....	28
A.2 Drei-Knoten-RC-Modell	28
A.2.1 Darstellung	28
A.2.2 Bestimmung der Luft und der operativen Temperaturen	30
A.2.3 Ausdrücke in den Gleichungen (A.1), (A.2), (A.3), (A.4) und (A.5)	31
A.3 Wärmeaufnahme-Verfahren	35
A.3.1 Thermophysikalische Parameter der Umfassungsbauteile	35
A.3.2 Berechnung der Innenlufttemperatur	37
A.3.3 Mittlere Strahlungstemperatur	43
A.3.4 Operative Temperatur	43
Anhang B (informativ) Luftwechsel bei natürlicher Lüftung.....	44
B.1 Einleitung.....	44
B.2 Bestimmung der Luftwechselrate bei natürlicher Lüftung	44
B.2.1 Allgemeines.....	44
B.2.2 Fenster nur an einer Fassade.....	44
B.2.3 Fenster an zwei Fassaden	44

Anhang C (informativ) Ermittlung der verschatteten Fläche einer ebenen Oberfläche durch	
äußere Hindernisse	45
C.1 Einleitung	45
C.2 Berechnungsverfahren	45
Anhang D (informativ) Innere Wärmegewinne	48
D.1 Einleitung	48
D.2 Wohngebäude.....	48
D.3 Nicht-Wohngebäude.....	49
Anhang E (informativ) Berechnungsbeispiele	50
E.1 Merkmale des Raumes.....	50
E.2 Beispiel für die Berechnung des RC3-Knotenmodells.....	53
E.3 Wärmeaufnahme-Verfahren	56
Anhang F (informativ) Normative Verweisungen auf internationale Veröffentlichungen mit deren	
entsprechenden europäischen Veröffentlichungen	59

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 13792:2012) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal performance and energy use in the built environment“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SIS gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2012 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 13792:2005.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, 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 13792:2012 wurde vom CEN als EN ISO 13792:2012 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Die wesentlichen Änderungen gegenüber der früheren Ausgabe sind wie folgt:

Abschnitt	Änderungen
2	Hinzugefügt: ISO 9050, ISO 10292, ISO 15099 und ISO 15927-2
3.2	Gestrichen: g und m Hinzugefügt: Index sl
4.2.1.2	Erster und zweiter Anstrich, Beschreibungen der Verweisung
4.2.3	Ersetzt: U^* durch U Ersetzt: g durch S_f als Faktor für den solaren Wärmegewinn Gelöscht: Gleichung (1); ersetzt: alte Gleichungen (2) bis (6) durch Gleichungen (1) bis (5) Ergänzt: Gleichungen (2) bis (4)
4.2.3.2	Dritter Anstrich, ersetzt: g durch S_{f1}
6.2.5	Hinzugefügt: Beschreibungen der Breitengrade in den Tabellen 7, 8 und 9
A.2.1	Ergänzt: Beschreibungen der Symbole S_f und n
A.2.2	Ergänzt: Gleichung (A.1)
A.2.3	Hinzugefügt: Gleichung zur Definition von A_t Ergänzt: Gleichung (A.24)
A.3.1	Ergänzt: Gleichungen (A.28), (A.31), (A.32), (A.33) und (A.34)
A.3.2.1	Ergänzt: Gleichung (A.35) Ergänzt: die Einheit für c
A.3.2.2.1	Ergänzt: Gleichungen (A.38), (A.39), (A.40), (A.45) und (A.47) Geändert: Beschreibung von H_T
A.3.2.2.2	Ergänzt: Gleichung (A.49)
A.3.2.3	Ergänzt: Gleichung (A.52)
A.3.3	Ergänzt: Gleichung (A.53)
C.2	Hinzugefügt: Titel der Tabelle C.1
E.1	Ergänzt: Beschreibung von S_f in Tabelle E.5
E.3	Ersetzt: U_m^* durch U_m

Einleitung

Die Kenntnis der Innentemperatur eines Raumes in der warmen Jahreszeit ist aus verschiedenen Gründen wie z. B. den folgenden erforderlich:

- a) Definition der Kenngrößen eines Raumes im Entwurfsstadium zur Verhinderung oder Begrenzung einer Überhitzung im Sommer;
- b) Beurteilung der Erfordernis einer Kühlanlage.

Die Innentemperatur wird durch viele Parameter, wie z. B. Klimadaten, Kenngrößen der Umschließungsfläche, Lüftung und innere Wärmegewinne, beeinflusst. Die Innentemperatur eines Raumes in der warmen Jahreszeit kann mit ausführlichen Berechnungsverfahren bestimmt werden. ISO 13791 legt die Annahmen und Kriterien fest, die für die Beurteilung von Bedingungen in Räumen ohne maschinelle Kühlung (Anlagentechnik) im Sommer einzuhalten sind. Für eine Reihe von Anwendungsfällen sind die auf der ISO 13791 beruhenden Berechnungsverfahren jedoch zu ausführlich. Deshalb werden vereinfachte Verfahren aus der mehr oder weniger gleichen Beschreibung der Wärmeübertragungsprozesse in einem Gebäude abgeleitet. Jedes Berechnungsverfahren hat seine(n) eigene(n) Vereinfachung, Annahmen, Festwerte, speziellen Randbedingungen und Gültigkeitsbereich. Ein vereinfachtes Verfahren kann auf vielfältige Weise umgesetzt werden. Im Allgemeinen richtet sich die höchstzulässige Vereinfachung des Berechnungsverfahrens und der Eingabedaten nach der erforderlichen Menge und Genauigkeit der Ausgabedaten.

In diesem Dokument werden die Einstufung, die Menge und die Genauigkeit der Ausgabedaten sowie die zulässige Vereinfachung der Eingabedaten festgelegt.

Im normativen Teil dieser Norm sind keine speziellen Berechnungsverfahren enthalten. In Anhang A werden zwei Berechnungsverfahren als Beispiele angegeben. Sie beruhen auf der Vereinfachung der Wärmeübertragungsprozesse, durch die die Menge und die Genauigkeit der Ausgabedaten und die Vereinfachung der Eingabedaten entsprechend den Anforderungen dieser Norm sichergestellt werden.

Die Anwendung dieser vereinfachten Berechnungsverfahren bedeutet nicht, dass weitere Berechnungsverfahren von der Normung ausgeschlossen sind, und stellt kein Hemmnis für die künftige Entwicklung dar. Abschnitt 6 enthält die Kriterien, die erfüllt werden müssen, damit ein Verfahren dem vorliegenden Dokument entspricht.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Eingabedaten fest, die für vereinfachte Berechnungsverfahren zur Bestimmung der täglichen Höchst-, Mittel- und Mindestwerte der operativen Temperatur eines Raumes in der warmen Jahreszeit für Folgendes erforderlich sind:

- a) Definition der Kenngrößen eines Raumes im Entwurfsstadium, um eine Überhitzung im Sommer zu vermeiden;
- b) Festlegung, ob der Einbau einer Kühlanlage erforderlich ist oder nicht.

In Abschnitt 6 sind die Kriterien angegeben, die ein Berechnungsverfahren erfüllen muss, um dem vorliegenden Dokument zu entsprechen.

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 6946, *Building components and building elements — Thermal resistance and thermal transmittance — Calculation method*

ISO 7345, *Thermal insulation — Physical quantities and definitions*

ISO 9050, *Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors*

ISO 10077-1, *Thermal performance of windows, doors and shutters — Calculation of thermal transmittance — Part 1: Simplified method*

ISO 10292, *Glass in building — Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing*

ISO 13370, *Thermal performance of buildings — Heat transfer via the ground — Calculation methods*

ISO 13791, *Thermal performance of buildings — Calculation of internal temperatures of a room in summer without mechanical cooling — General criteria and calculation procedures*

ISO 15927-2, *Hygrothermal performance of buildings — Calculation and presentation of climatic data — Part 2: Hourly data for design cooling load*

EN 410, *Glas im Bauwesen — Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen*

EN 673, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) — Berechnungsverfahren*

EN 13363-1, *Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen — Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades — Teil 1: Vereinfachtes Verfahren*

3 Begriffe, Symbole und Einheiten

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 7345 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Innenumgebung

abgeschlossener Raum, der durch Umfassungsbauteile (Gebäudestruktur) von der Außenumgebung oder angrenzenden Räumen abgegrenzt ist

3.1.2

Raumelement

Wände, Decke, Dach, Fußboden, Türen oder Fenster, die den Raum von angrenzenden Räumen oder der Außenumgebung trennen

3.1.3

Raumluft

Luft im Raum

3.1.4

Innenlufttemperatur

Temperatur der Raumluft

3.1.5

innere Oberflächentemperatur

Temperatur der Innenfläche jedes Elements der Umschließungsfläche

3.1.6

mittlere Strahlungstemperatur

gleichförmige Oberflächentemperatur eines umbauten Raumes, in dem eine Person dieselbe Menge an Strahlungswärme austauschen würde wie im tatsächlichen ungleichförmigen umbauten Raum

3.1.7

operative Temperatur

gleichförmige Temperatur eines umbauten Raumes, in dem eine Person dieselbe Menge an Strahlungs- und Konvektionswärme austauschen würde wie im tatsächlichen ungleichförmigen umbauten Raum

ANMERKUNG Zur Vereinfachung können der Mittelwert der Lufttemperatur und die mittlere Strahlungstemperatur des Raumes angewendet werden.

3.2 Symbole und Einheiten

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Einheiten.

Symbol	Beschreibung	Einheit
A	Fläche	m^2
A_c	Hohlraumfläche	m^2
A_m	flächenbezogene thermische Masse	m^2
A_s	sonnenbestrahlte Fläche	m^2
A_t	offenliegende Fläche	m^2
A_w	Wandfläche	m^2
C	Wärmekapazität	J/K
C_i	innere Wärmekapazität	J/K
C_m	Wärmekapazität der Bauteile des umbauten Raumes	J/K
c	spezifische Wärmekapazität	J/(kg·K)
c_a	spezifische Wärmekapazität der Luft bei konstantem Druck	J/(kg·K)
d	Dicke	m
F_a	Dekrementfaktor	—
F_s	Oberflächenfaktor	—
F_{sm}	Oberflächenfaktor der Umschließungsfläche	—
f_c	Korrekturfaktor der Wärmelast durch Transmission	—
f_{ex}	Expositionskoeffizient	—
f_r	Korrekturfaktor der solaren Wärmelast	—
f_s	Sonnenlichtfaktor	—
f_{sa}	Strahlungszuordnungsfaktor Luft	—
f_{sl}	solarer Verlustfaktor	—
f_t	Rahmenfaktor	—
f_v	Lüftungsbezogener Faktor	—
H_{ei}	Wärmeübergangskoeffizient infolge der Lüftung	W/K
H_{em}	konventioneller Wärmeübergangskoeffizient zwischen Außenumgebung und Innenfläche der schweren Bauteile	W/K
H_{es}	globaler Wärmeübergangskoeffizient zwischen Innen- und Außenumgebung	W/K
H_{is}	Wärmeübergangskoeffizient infolge innerer Austauschvorgänge durch Konvektion und Strahlung	W/K
H_{ms}	konventioneller innerer Wärmeübergangskoeffizient	W/K
H_T	Wärmeübergangskoeffizient der Umschließungsfläche	W/K
h	flächenbezogener Wärmeübergangskoeffizient	W/($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
h_c	Konvektionswärmeübergangskoeffizient	W/($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
h_r	Wärmeübergangskoeffizient durch langwellige Strahlung	W/($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
I	Intensität der Sonnenstrahlung	W/ m^2

Symbol	Beschreibung	Einheit
I_r	reflektierende Komponente der die Oberfläche erreichenden Sonnenstrahlung	W/m ²
l	Länge	m
N_c	Anzahl der Bauteile, die auf die Innenumgebung weisen	—
N_e	Anzahl außenliegender Bauteile	—
N_h	Anzahl der schweren opaken Bauteile	—
N_l	Anzahl der leichten opaken Bauteile	—
N_p	Anzahl der opaken Bauteile	—
N_s	Anzahl der inneren Wärmequellen	—
N_w	Anzahl der Verglasungsbauteile	—
n	Luftwechsel je Stunde	l/h
q	Wärmestromdichte	W/m ²
R	Wärmedurchlasswiderstand	m ² ·K/W
R_{ei}	Wärmedurchlasswiderstand durch Lüftung	m ² ·K/W
S_f	Faktor für den solaren Wärmegewinn	—
S_{fc}	Faktor für den solaren Wärmegewinn des geschlossenen Hohlraums	—
S_{f1}	solarer direkter Energiedurchlassgrad	—
S_{f2}	sekundärer Wärmeübertragungsfaktor	—
S_{f3}	tertiärer Wärmeübertragungsfaktor	—
S_{fv}	Faktor für den solaren Wärmegewinn des belüfteten Hohlraums	—
T	absolute Temperatur	K
t	Zeit	s
U	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² ·K)
U_e	Wärmedurchgangskoeffizient zwischen Außenumgebung und Lufthohlraum	W/(m ² ·K)
U_i	Wärmedurchgangskoeffizient zwischen Innenumgebung und Lufthohlraum	W/(m ² ·K)
U_w	Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasungsbauteile	W/(m ² ·K)
V	Volumen	m ³
v	Geschwindigkeit	m/s
x_v	vertikal verschaltete Länge	—
Y	Wärmeaufnahme	W/(m ² ·K)
Y_T	Gesamtwärmeaufnahme	W/(m ² ·K)
α_{sr}	solarer Absorptionsgrad	—
β	Sonnenhöhenwinkel	Grad
ε	Emissionsgrad der langwelligen Strahlung der Oberfläche	—
θ	Celsius-Temperatur	°C
θ_{ae}	Außenlufttemperatur	°C

Symbol	Beschreibung	Einheit
θ_{ei}	Außenlufttemperatur	°C
θ_{em}	äquivalente Außenlufttemperatur der schweren Außenbauteile	°C
θ_{es}	äquivalente Außenlufttemperatur der leichten Außenbauteile	°C
θ_m	Massetemperatur	°C
$\theta_{op,av}$	täglicher Mittelwert der operativen Temperatur	°C
$\theta_{op,min}$	täglicher Mindestwert der operativen Temperatur	°C
$\theta_{op,max}$	täglicher Höchstwert der operativen Temperatur	°C
θ_s	Sterntemperatur	°C
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)
ρ	Dichte	kg/m ³
ρ_a	Luftdichte	kg/m ³
ρ_{sr}	solarer Reflektionsgrad	—
τ_{sr}	solarer direkter Energiedurchlassgrad	—
Φ	Wärmestrom	W
Φ_{co}	Beitrag der Wärmelast durch Transmission	W
Φ_{er}	Wärmestrom infolge der Sonnenstrahlung durch die Verglasungsbauteile	W
Φ_{erm}	täglicher Mittelwert des Wärmestroms infolge der Verglasungsbauteile	W
Φ_l	Wärmestrom zum Luftknoten	W
Φ_{intc}	konvektiver Wärmestrom jeder inneren Wärmequelle	W
Φ_{intr}	Strahlungswärmestrom jeder inneren Wärmequelle	W
Φ_{is}	Wärmelast durch innere Wärmequellen	W
Φ_m	Wärmestrom zum Masseknoten	W
Φ_s	Wärmestrom zum Sternknoten	W
Φ_{sr}	Wärmelast durch Sonneinstrahlung	W
Φ_{sv}	Wärmelast durch den Lüftungsbezogenen Sonnenstrahlungsfaktor	W
Φ_T	Wärmelast	W
Φ_v	Wärmelast durch Lüftung	W
φ	Zeitverzögerung der Wärmestromdichte	h
ω	Sonnenazimutwinkel der Wand	Grad

3.3 Indizes

a	Luft	cd	Leitung
b	Gebäude	ec	Außendecke
c	Konvektion	ef	Außenboden
D	direkte Sonnenstrahlung	eq	äquivalent
d	diffuse Sonnenstrahlung	ic	Innendecke
e	außen	if	Innenboden
g	Erdreich/Boden/Grund	il	Eintritt
i	innen	lr	Langwellenstrahlung
l	Verlassen der Ebene	mr	mittlere Strahlung
m	Mittelwert	op	operativ
n	senkrecht zur Oberfläche	sa	Strahlungszuordnungsfaktor Luft
r	Strahlung	sk	Himmel
s	Oberfläche	t	Zeit
sl	solarer Verlust	v	Lüftung
sr	Kurzwellenstrahlung	va	Lüftung durch Lufthohlraum

4 Eingabedaten und Ergebnisse

4.1 Annahmen

Für den Anwendungsbereich dieses Dokuments gelten folgende Grundannahmen:

- der Raum gilt als abgeschlossener Bereich, der durch Bauteile des umbauten Raumes begrenzt ist;
- die Lufttemperatur ist im gesamten Raum gleichförmig;
- die verschiedenen Oberflächen der Bauteile des umbauten Raumes sind isotherm;
- die thermophysikalischen Eigenschaften der Baustoffe für die Bauteile des umbauten Raumes sind konstant;
- die Wärmeleitung durch alle Bauteile des umbauten Raumes ist eindimensional;
- Lufträume innerhalb der Bauteile des umbauten Raumes werden als Luftschichten betrachtet, die durch zwei isotherme Oberflächen begrenzt sind;
- die mittlere Strahlungstemperatur wird als flächengewichteter Mittelwert der Strahlungstemperatur an jeder Innenfläche berechnet;
- die operative Temperatur wird als arithmetisches Mittel aus Innenlufttemperatur und mittlerer Strahlungstemperatur berechnet;
- die Verteilung der Sonnenstrahlung auf den Innenflächen des Raumes ist zeitunabhängig;
- die räumliche Verteilung des Strahlungsanteils des Wärmestroms aufgrund innerer Quellen ist gleichförmig;
- die Wärmeübertragungsvorgänge durch langwellige Strahlung und durch Konvektion an jeder Innenfläche werden getrennt betrachtet;
- die Maße jedes Bauteils werden an der Innenseite des Bauteils des umbauten Raumes gemessen;
- die Auswirkungen von Wärmebrücken auf Wärmeübertragungsvorgänge werden vernachlässigt.

4.2 Randbedingungen und Eingabedaten

4.2.1 Randbedingungen

4.2.1.1 Allgemeines

Die Umfassungsbauteile werden eingeteilt in:

- äußere Bauteile: dazu gehören die Bauteile, die die Innenumgebung von der Außenumgebung und von anderen Zonen (d. h. Dachgeschoss, Erdreich, Kriechkeller) trennen;
- innere Bauteile: dazu gehören die (vertikalen und horizontalen) Bauteile, die die Innenumgebung von anderen Räumen trennen, bei denen von den gleichen wärmetechnischen Bedingungen ausgegangen werden kann.

4.2.1.2 Äußere Bauteile

Die äußeren Bauteile sind die Bauteile, die den Raum von der Außenumgebung und von Zonen mit abweichenden wärmetechnischen Bedingungen (z. B. Dachgeschoss, Erdreich, Kriechkeller) trennen.

Randbedingungen bestehen aus den definierten Stundenwerten für Folgendes:

- Außenlufttemperatur;
- Stärke der Sonnenstrahlung bei jeder Ausrichtung;
- Temperatur der Himmelsstrahlung;
- Lufttemperatur der angrenzenden Zonen, für die nicht die gleichen wärmetechnischen Bedingungen angenommen werden können wie im untersuchten Raum.

Für Bauteile, die sich mit dem Erdreich in Kontakt befinden, wird für die Außentemperatur angenommen, dass sie dem monatlichen Mittelwert der Außenlufttemperatur entspricht.

4.2.1.3 Innere Bauteile

Innere Bauteile sind Bauteile, die den Raum von anderen Räumen trennen, bei denen von den gleichen wärmetechnischen Bedingungen ausgegangen werden kann.

Bei inneren Bauteilen wird ein adiabatisches Verhalten angenommen; das bedeutet, dass die Werte der folgenden Größen als an beiden Seiten des Bauteils gleich angesehen werden:

- Lufttemperatur;
- mittlere Strahlungstemperatur;
- von der Oberfläche absorbierte Sonnenstrahlung.

4.2.2 Wärmeübergangskoeffizienten

Für die Anwendung dieses Dokuments sind folgende Werte anzuwenden:

- innerer Konvektionswärmeübergangskoeffizient $h_{ci} = 2,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$;
- innerer Wärmeübergangskoeffizient durch langwellige Strahlung $h_{ri} = 5,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$;
- äußerer Konvektionswärmeübergangskoeffizient $h_{ce} = 8,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$;

- äußerer Wärmeübergangskoeffizient durch langwellige Strahlung $h_{re} = 5,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$;
- innerer flächenbezogener Wärmeübergangskoeffizient $h_i = 8,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$;
- äußerer flächenbezogener Wärmeübergangskoeffizient $h_e = 13,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

4.2.3 Geometrische und thermophysikalische Parameter der Umschließungsfläche des Raumes

4.2.3.1 Opake Elemente

Für jedes Element sind folgende Daten erforderlich:

- die aus den Innenmaßen berechnete Fläche;
- Kenngrößen der thermischen Trägheit (siehe ISO 13786);
- für Elemente in Kontakt mit der Außenluft (siehe ISO 6946);
- für Elemente in Kontakt mit dem Erdreich (siehe ISO 13370).

Die Kenngrößen der thermischen Trägheit sind nach ISO 13786 zu bestimmen.

Der Sonnenlichtfaktor f_s ergibt sich nach:

$$f_s = \frac{A_s}{A} \quad (1)$$

Dabei ist

A_s die sonnenbestrahlte Fläche auf der Wand, siehe 6.3;

A die Gesamtfläche der Wand.

ANMERKUNG Der Sonnenlichtfaktor unterscheidet sich vom Verschattungsfaktor, der in ISO 13790 definiert ist und die diffuse Sonnenstrahlung umfasst.

Der Faktor für den solaren Wärmegewinn, S_f , ist das Verhältnis des Wärmestroms durch das Element infolge absorbierter Sonnenstrahlung zur einfallenden Sonnenstrahlung. Er ergibt sich aus Folgendem:

- Element ohne Lufthohlraum (oder mit geschlossenem Lufthohlraum):

$$S_f = \frac{\alpha_{sr} U}{h_e} \quad (2)$$

Dabei ist

α_{sr} der direkte solare Absorptionsgrad auf der Außenfläche;

h_e der externe flächenbezogene Wärmübergangskoeffizient (siehe 4.2.2).

- Element mit offenem Lufthohlraum (Außenluft):

$$S_f = f_v S_{fc} + (1 - f_v) S_{fv} \quad (3)$$

Dabei ist

f_v der Lüftungskoeffizient aus Tabelle 1 als Funktion der Lüftung im Hohlraum;

S_{fc} der Faktor für den solaren Wärmegewinn des geschlossenen Hohlraums;

S_{fv} der Faktor für den solaren Wärmegewinn des belüfteten Hohlraums nach folgender Gleichung:

$$S_{fv} = \frac{\alpha_{sr}}{h_e} \left(\frac{U_e U_i}{U_e + U_i + h'} \right) \quad (4)$$

Dabei ist

U_e der Wärmedurchgangskoeffizient zwischen Außenumgebung und Lufthohlraum nach Gleichung (1);

U_i der Wärmedurchgangskoeffizient zwischen Innenumgebung und Lufthohlraum nach Gleichung (1).

mit

$$h' = h_c \frac{(h_c + 2h_r)}{h_r} \quad (5)$$

Dabei ist

h_c der Konvektionswärmeübergangskoeffizient zwischen der Oberfläche der belüfteten Luftschicht und der Luft im Hohlraum;

h_r der Strahlungswärmeübergangskoeffizient zwischen den beiden Oberflächen der Luftschicht.

Bei Anwendung der folgenden Werte:

$$h_c = 5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$h_r = 5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$h' = 15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Tabelle 1 gibt den Lüftungskoeffizienten f_v an, der vom Verhältnis zwischen Hohlraumfläche (A_c) und Wandfläche (A_w) abhängt.

Die Hohlraumfläche ist die Luftstromfläche; die Wandfläche ist die Wärmestromfläche für Wärmeleitung.

Tabelle 1 — Lüftungskoeffizient f_v

	$A_c/A_w \leq 0,005$	$0,005 < A_c/A_w \leq 0,10$	$0,10 < A_c/A_w$
f_v	0,8	0,5	0,2

Solange kein aktueller Messwert vorliegt, darf der direkte solare Absorptionsgrad der Außenfläche als Funktion der Farbe dieser Fläche aus Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2 — Direkter solarer Absorptionsgrad der Außenfläche

	Helle Farbe	Mittlere Farbe	Dunkle Farbe
α_{sr}	0,3	0,6	0,9

4.2.3.2 Verglasungselemente

Für jedes Verglasungselement sind folgende Daten erforderlich:

- berechnete Fläche, einschließlich Rahmen;
- Wärmedurchgangskoeffizient (U -Wert);
- direkter solarer Gesamt-Energiedurchlassgrad, S_{f1} , (τ_v in ISO 9050 und EN 410);
- sekundärer Wärmedurchgangskoeffizient, S_{f2} , der Verglasung durch Konvektion und langwellige Strahlung infolge absorbierter Sonnenstrahlung;
- tertiärer Wärmeübertragungsfaktor, S_{f3} , der Verglasung durch Lüftung infolge absorbierter Sonnenstrahlung;
- Sonnenlichtfaktor durch äußere Hindernisse, f_s .

Der Wärmedurchgangskoeffizient, U , wird nach EN 673 und ISO 10077-1 bestimmt.

Der direkte solare Energiedurchlassgrad S_{f1} (τ_v) sowie der sekundäre und der tertiäre Wärmeübertragungsfaktor, S_{f2} und S_{f3} , werden nach EN 13363-1 bestimmt.

a) Strahlungszuordnungsfaktor Luft

Der Strahlungszuordnungsfaktor Luft, f_{sa} , stellt den Anteil der durch die Verglasung in den Raum eindringenden solaren Wärme dar, der sofort an die Innenluft übergeben wird. Dieser Anteil hängt vom Vorhandensein von Innenbauteilen mit sehr geringer Wärmekapazität ab, wie z. B. Teppiche und Möbel. Er wird als zeitunabhängig angenommen; sofern nicht anders festgelegt, dürfen die Werte nach ISO 13791 angewendet werden.

b) Solarer Verlustfaktor

Der solare Verlustfaktor, f_{sl} , ist der Anteil der in den Raum eindringenden Sonnenstrahlung, der wieder an die Außenumgebung zurückreflektiert wird. Er hängt von der Sonnenstellung, den solaren Eigenschaften, den Maßen und der Exposition des Verglasungssystems, der Raumgeometrie und dem Reflexionsvermögen der Innenflächen des Raumes ab. Er wird als zeitunabhängig angenommen. Sofern nicht anders festgelegt, dürfen die Werte für f_{sl} nach ISO 13791 angewendet werden.

ANMERKUNG Das Verfahren zur Ermittlung des Sonnenlichtfaktors infolge außenliegender Hindernisse, f_s , kann in nationalen Normen definiert sein. Ein derartiges Verfahren ist im Anhang C angegeben.

4.2.3.3 Spezielle Bauteile

a) Decke unter einem Dachgeschoss

Das von der Decke, dem Luftraum und dem Dach gebildete System wird als einzelnes horizontales Bauteil mit eindimensionalem Wärmestrom betrachtet. Der Luftraum wird als Lufthohlraum betrachtet und nach ISO 6946 behandelt.

b) Bodenplatte auf dem Erdreich

Das von der Bodenplatte und dem Erdreich gebildete System wird als einzelne horizontale Schicht betrachtet, die einen Luftspalt umfassen kann. Der Wärmestrom durch das Bauteil ist die Summe aus einem mittleren Monatswert und einem variablen Anteil. Der mittlere Monatswert wird unter Anwendung der mittleren Innen- und Außentemperaturen und des (als Konstante und gleich dem mittleren Monatswert angenommenen) sowie nach ISO 13370 bestimmten Wärmedurchgangskoeffizienten berechnet. Der variable Anteil wird unter der Annahme einer mittleren Temperaturdifferenz von null berechnet. Die Tiefe des Erdreichs wird mit 0,5 m angesetzt.

c) Keller

Ein Keller kann als angrenzender Raum mit feststehender Lufttemperatur betrachtet werden.

d) Kriechkeller

Ein Kriechkeller wird als Geschoss auf dem Erdreich (aufgeständerte Bodenplatte) nach ISO 13370 behandelt.

4.2.4 Luftwechselrate

Die Luftwechselrate hängt von der Dichtheit der Umschließungsfläche und von den Öffnungsvorgängen der Türen und Fenster ab.

Im Entwurfsstadium wird die Luftwechselrate als Funktion des Folgenden angegeben:

- der Lage des Gebäudes;
- des Lüftungsmusters;
- der Anzahl der Fassaden mit Fenstern.

Die Lage darf wie folgt eingeteilt werden:

- Bereich im Stadtzentrum;
- Bereich am Stadtrand;
- freie Fläche.

Das Lüftungsmuster wird auf den zeitlichen Ablauf des Öffnens und Schließens der Fenster bezogen sowie darauf, ob sich die Fenster an einer oder an mehreren Fassade(n) befinden.

Es werden die folgenden zeitlichen Abläufe betrachtet:

- Fenster Tag und Nacht geöffnet;
- Fenster Tag und Nacht geschlossen;
- Fenster tagsüber geschlossen und nachts geöffnet.

Daten zu Öffnungs- und Schließzeiten der Fenster und zur Anzahl der Luftwechsel je Stunde können auf nationaler Ebene festgelegt sein. Anhang B enthält Beispiele geeigneter Werte für die Luftwechselrate.

4.2.5 Innere Wärmegevinne

Innere Wärmegevinne stammen von Beleuchtung, Einrichtung und anwesenden Personen. Das Muster des Wärmestroms infolge innerer Wärmegevinne hängt vom Verhalten der Anwesenden und der Nutzung des Raumes ab.