

DIN EN ISO 13792

ICS 91.120.10

**Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden –
Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne
Anlagentechnik –
Vereinfachtes Berechnungsverfahren (ISO 13792:2005);
Deutsche Fassung EN ISO 13792:2005**

Thermal performance of buildings –
Calculation of internal temperatures of a room in summer without mechanical cooling –
Simplified method (ISO 13792:2005);
German version EN ISO 13792:2005

Performances thermiques des bâtiments –
Calcul de la température interne d'une pièce sans climatisation mécanique en été –
Méthodes simplifiées (ISO 13792:2005);
Version allemande EN ISO 13792:2005

Gesamtumfang 58 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Zuständiges CEN-Gremium ist das Technische Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ (Sekretariat: Schweden).

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).

Die in diesem Dokument zitierten Europäischen Normen sind unter gleicher Zählnummer als DIN EN Normen erschienen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9251, *Wärmeschutz — Zustände der Wärmeübertragung und Stoffeigenschaften — Begriffe* (ISO 9251:1987); Deutsche Fassung EN ISO 9251:1995.

DIN EN ISO 9288, *Wärmeschutz — Wärmeübertragung durch Strahlung — Physikalische Größen und Definitionen* (ISO 9288:1989); Deutsche Fassung EN ISO 9288:1996.

DIN EN ISO 9346, *Wärmeschutz — Stofftransport — Physikalische Größen und Definitionen* (ISO 9346:1987); Deutsche Fassung EN ISO 9346:1996.

Deutsche Fassung

**Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden
ohne Anlagentechnik
Vereinfachtes Berechnungsverfahren
(ISO 13792:2005)**

Thermal performance of buildings —
Calculation of internal temperatures of a room in summer
without mechanical cooling —
Simplified methods
(ISO 13792:2005)

Performances thermiques des bâtiments —
Calcul de la température interne d'une pièce sans
climatisation mécanique en été —
Méthodes simplifiées
(ISO 13792:2005)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 30. April 2004 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 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Definitionen, Symbole und Einheiten	6
3.1 Begriffe.....	6
3.2 Symbole und Einheiten	7
4 Eingabedaten und Ergebnisse	8
4.1 Annahmen.....	8
4.2 Randbedingungen und Eingabedaten	9
4.3 Ergebnisse	14
5 Berechnungsverfahren	15
6 Validierungsverfahren	15
6.1 Einleitung	15
6.2 Validierungsverfahren für das gesamte Berechnungsverfahren	15
6.3 Validierungsverfahren für den Sonnenlichtfaktor aufgrund äußerer Hindernisse	22
Anhang A (informativ) Beispiele von Lösungsmodellen	25
A.1 Einleitung	25
A.2 Drei-Knoten-RC-Modell.....	25
A.3 Wärmeeaufnahme-Verfahren	32
Anhang B (informativ) Luftwechsel für natürliche Lüftung	40
B.1 Einleitung	40
B.2 Bestimmung der Anzahl der Luftwechsel für die natürliche Lüftung.....	40
Anhang C (informativ) Ermittlung der verschatteten Fläche einer ebenen Oberfläche durch äußere Hindernisse	41
C.1 Einleitung	41
C.2 Berechnungsalgorithmus.....	41
Anhang D (informativ) Raumseitige Wärmegewinne	44
D.1 Einleitung	44
D.2 Wohngebäude.....	44
D.3 Nichtwohngebäude	45
Anhang E (informativ) Berechnungsbeispiel	47
E.1 Eigenschaften des Raumes	47
E.2 Beispiel für die Berechnung des RC3-Knotenmodells.....	50
E.3 Wärmeeaufnahme-Verfahren	53
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	56

Diese Norm ist Bestandteil einer Reihe von Normen, die sich mit Berechnungsverfahren für die Bemessung und Bewertung des wärmetechnischen Verhaltens von Gebäuden und Bauteilen befassen. Es wird keine bestehende Europäische Norm ersetzt.

Vorwort

Dieses Dokument EN ISO 13792:2005 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“, dessen Sekretariat vom SIS gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee 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 August 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2005 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn und Vereinigtes Königreich.

Einleitung

Die Innentemperatur eines Raumes wird in der warmen Jahreszeit aus verschiedenen Gründen benötigt:

- a) Definition der Merkmale eines Raumes in dem Entwurfsstadium zur Verhinderung oder Begrenzung von Überhitzung im Sommer.
- b) Beurteilung des Verbrauchs einer Kühlanlage.

Die Innentemperatur eines Raumes wird durch viele Parameter wie z. B. Klimawerte, Kenngrößen der Umschließungsfläche, Lüftung, innere Wärmeverluste beeinflusst. Die Innentemperatur eines Raumes in der warmen Jahreszeit kann mit detaillierten Berechnungsverfahren bestimmt werden. EN ISO 13791 legt die Annahmen und Kriterien fest, die für die Beurteilung von Bedingungen in Räumen ohne Anlagentechnik im Sommer einzuhalten sind. Für viele Anwendungsfälle sind die auf der Grundlage der Berechnungsverfahren in EN ISO 13791 zu detailliert. Deshalb werden vereinfachte Verfahren aus der mehr oder weniger gleichen Beschreibung der Wärmeübertragungsprozesse in einem Gebäude abgeleitet. Jedes Berechnungsverfahren hat seine eigene Vereinfachung, Annahmen, Festwerte, spezielle Randbedingungen und seinen eigenen Gültigkeitsbereich. Ein vereinfachtes Verfahren kann auf verschiedene Weise angewendet werden. Im Allgemeinen richtet sich die höchstzulässige Vereinfachung des Berechnungsverfahrens und der Eingabedaten nach Menge und Genauigkeit der Ausgabedaten.

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

Im normativen Teil dieser Norm sind keine besonderen Berechnungsverfahren enthalten. Das ist darin begründet, dass ein vereinfachtes Verfahren verschieden angewandt werden kann. Hierzu werden in Anhang A zwei Berechnungsverfahren als Beispiele angegeben. Sie beruhen auf der Vereinfachung der Wärmeübertragungsprozesse, wodurch die Menge und die Genauigkeit der Ausgabedaten und die Vereinfachung der Eingabedaten, wie sie in dieser Norm gefordert wird, sichergestellt werden. Die Anwendung dieser vereinfachten Berechnungsverfahren bedeutet nicht, dass andere Berechnungsverfahren von der Normung ausgeschlossen sind oder für künftige Entwicklungen ein Hemmnis darstellen. Abschnitt 6 enthält die Kriterien, denen ein Verfahren des vorliegenden Dokuments entsprechen muss.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument klassifiziert die benötigten Eingabedaten, die für einfache Berechnungsverfahren zur Bestimmung der täglichen Höchst-, Mittel- und Mindestwerte der empfundenen Temperatur eines Raumes in der warmen Jahreszeit aus folgenden Gründen erforderlich sind:

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

In Abschnitt 6 sind die Kriterien angegeben, denen ein Berechnungsverfahren zur Einhaltung des vorliegenden Dokuments entsprechen muss.

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).

EN 410, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Lichttransmissionsgrades, direkter Sonnenenergie-Transmissionsgrad, Gesamtenergiedurchlassgrad, UV-Transmissionsgrad und damit zusammenhängende Glasdaten.*

EN 673, *Wärmedämmung von Verglasung — Berechnungsregeln zur Bestimmung des stationären U-Wertes (Wärmedurchgangskoeffizient) von Verglasungen.*

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

EN ISO 6946, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren (ISO 6946:1996).*

EN ISO 7345:1995, *Wärmeschutz — Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345:1987).*

EN ISO 10077-1, *Fenster, Türen und Abschlüsse — Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten — Teil 1: Vereinfachtes Verfahren (ISO/DIS 10077-1:2000).*

EN ISO 13370, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Wärmeübertragung über das Erdreich — Berechnungsverfahren (ISO/DIS 13370:1998).*

EN ISO 13786, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäudebauteilen — Dynamisch-thermische Eigenschaften von Bauteilen — Berechnungsverfahren (ISO 13786:1999).*

EN ISO 13791:2004, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Berechnung sommerlicher Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik — Vereinfachtes Berechnungsverfahren (ISO 13791:2004).*

3 Begriffe, Definitionen, Symbole und Einheiten

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in EN ISO 7345:1995 angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Innenumgebung

geschlossener Raum, der durch ein Bauteil der Umschließungsfläche von der Außenumgebung oder von angrenzenden Räumen abgegrenzt ist

3.1.2

Bauteil der Umschließungsfläche

Wände, Decke, Dach, Bodenplatte, Tür oder Fenster, die die Innenumgebung von angrenzenden Räumen trennen

3.1.3

Raumluft

Luft im Raum

3.1.4

Raumlufttemperatur

Temperatur der Raumluft

3.1.5

innere Oberflächentemperatur

innere Oberflächentemperatur jedes Bauteiles der Umschließungsfläche

3.1.6

mittlere Strahlungstemperatur

gleichmäßige Oberflächentemperatur einer Umhüllung, in der ein Nutzer dieselbe Menge Strahlungswärme austauschen würde wie in der bestehenden Umhüllung ohne gleichmäßige Oberfläche

3.1.7

wirksame Temperatur

gleichmäßige Temperatur einer Umhüllung, in der ein Nutzer dieselbe Wärmemenge infolge Strahlung und Konvektion austauschen würde wie in der bestehenden Umhüllung ohne gleichmäßige Oberfläche

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

3.2 Symbole und Einheiten

Im Folgenden sind die in diesem Dokument verwendeten Formelzeichen erläutert.

Formelzeichen	Größe	Einheit
A	Fläche	m^2
C	Wärmekapazität	J/K
I	Gesamtstrahlungsstärke	W/m^2
m	Masse	kg
R	Wärmedurchlasswiderstand	$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$
T	Thermodynamische Temperatur	K
U	Wärmedurchgangskoeffizient	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
V	Volumen	m^3
c_p	Isochore spezifische Wärmekapazität der Luft	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
d	Dicke	m
f_{sl}	Solarer Korrektionsfaktor	—
f_s	Sonnenlichtfaktor	—
f_v	Lüftungsfaktor	—
g	gesamter Transmissionsgrad der Solarenergie	—
h	Wärmeübergangskoeffizient	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
l	Länge	m
q_a	Massenstrom der Luft	kg/s
q	Wärmestromdichte	W/m^2
q^*	Volumenbezogene Wärmestromdichte	W/m^3
t	Zeit	s
v	Geschwindigkeit	m/s
Λ	Wärmedurchlasskoeffizient	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
ϕ	Wärmestrom	W
α	Absorptionsgrad	—
ε	Hemisphärischer Gesamtemissionsgrad	—
θ	Celsius-Temperatur	$^{\circ}\text{C}$
λ	Wärmeleitfähigkeit	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
ρ	Reflexionsgrad	kg/m^3
ρ	Rohdichte	—
τ	Gesamtdurchlassgrad	—

Indizes

Symbol	Größe
a	Luft
b	Gebäude
c	Konvektion
cd	Leitung
D	Sonnenstrahlung
d	Diffuse Sonnenstrahlung
e	außen
ec	Außendecke
ef	Außenflur
eq	äquivalent
g	Grund
i	innen
ic	Innendecke
if	Innenflur
il	Eingangsabschnitt
I	Verlassen des Abschnittes
lr	Langwellenstrahlung
mr	mittlere Strahlung
n	normal gegenüber der Oberfläche
op	operativ
r	Strahlung
s	Oberfläche
sa	Sonne zu Luft
sk	Luftraum
sr	Kurzwellenstrahlung
t	Zeit
v	Lüftung
va	Lüftung durch einen Hohlraum

4 Eingabedaten und Ergebnisse

4.1 Annahmen

Für den Anwendungsbereich dieses Dokuments gelten folgende Annahmen:

- Der Raum ist ein geschlossener Bereich, der durch Eingangselemente begrenzt ist;
- die Lufttemperatur ist im gesamten Raum gleich;
- die unterschiedlichen Oberflächen der Umschließungsfläche sind isotherm;

- die wärmeschutztechnischen Eigenschaften der die Umschließungsfläche bildenden Baustoffe sind konstant;
- die Wärmeleitung durch die Bauteile der Umschließungsfläche (ausgenommen zum Erdboden) sind eindimensional;
- die mittlere Strahlungstemperatur wird durch Wichtung der Fläche der unterschiedlichen inneren Oberflächentemperaturen ermittelt;
- die wirksame Temperatur wird als Mittelwert aus Raumlufthtemperatur und mittlerer Oberflächentemperatur berechnet;
- die Lufträume zwischen den Umschließungselementen werden als Luftproben angesehen, die durch zweidimensionale isothermische Oberflächen gebunden sind;
- die Verteilung der Sonnenstrahlung auf den inneren Oberflächen des Raumes ist zeitunabhängig;
- die räumliche Verteilung des Strahlungsanteils des Wärmeflusses auf Grund von internen Quellen ist einheitlich;
- die Langwellenstrahlung und der konvektive Wärmeübergang auf jeder Innenoberfläche werden getrennt betrachtet;
- die Maße jedes Bauteils werden an der Innenseite des Anlagenelementes gemessen;
- die Auswirkungen von Wärmebrücken bei Wärmeübergängen werden vernachlässigt.

4.2 Randbedingungen und Eingabedaten

4.2.1 Randbedingungen

4.2.1.1 Allgemeines

Die Bauteile der Umschließungsfläche werden eingeteilt in:

- | | |
|------------------|---|
| äußere Bauteile: | Dazu gehören die Bauteile, die die Innen- und Außenumgebung voneinander trennen, und andere Bereiche, wie nicht ausgebautes Dachgeschoss, Bodenplatte, Kriechkeller; |
| innere Bauteile: | Dazu gehören vertikale und horizontale Bauteile, die die Innenräume von anderen Räumen trennen, bei denen von gleichen thermischen Bedingungen ausgegangen werden kann. |

4.2.1.2 Äußere Bauteile

Zu den äußeren Bauteilen gehören die Bauteile, die die Innenumgebung von Bereichen trennt, die unterschiedlichen thermischen Bedingungen unterliegen, wie nicht ausgebautes Dachgeschoss, Bodenplatte und Kriechkeller.

Randbedingungen sind durch die stündlichen Werte von:

- Bemessungs-Außenlufttemperatur;
- Bemessungs-Gesamtstärke der Sonneneinstrahlung bei jeder Ausrichtung;
- Temperatur der Luftraumstrahlung;
- Lufttemperatur der angrenzenden Bereiche, die nicht unter den gleichen thermischen Bedingungen betrachtet werden können wie der Untersuchungsraum;

festgelegt.

Für Bauteile, die sich mit dem Erdboden in Berührung befinden, wird die Bemessungs-Außentemperatur durch den monatlichen Mittelwert der Außenlufttemperatur ausgedrückt.

4.2.1.3 Innere Bauteile

Zu den inneren Bauteilen gehören Bauteile, die den Innenraum von anderen Räumen trennen, von denen gleiche thermische Bedingungen angenommen werden können.

Bei inneren Bauteilen ist ein adiabates Verhalten angenommen. Die Werte der folgenden Größen sind an den Grenzflächen gleich:

- die Lufttemperatur;
- die mittlere Strahlungstemperatur;
- die von der Oberfläche absorbierte Sonneneinstrahlung.

4.2.2 Wärmeübergangskoeffizienten

Folgende Werte werden verwendet:

- der raumseitige konvektive Wärmeübergangskoeffizient $h_{ci} = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- der raumseitige langwellige strahlungsabhängige Wärmeübergangskoeffizient $h_{ri} = 5,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- der außenseitige konvektive Wärmeübergangskoeffizient $h_{ce} = 8,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- der außenseitige langwellige strahlungsabhängige Wärmeübergangskoeffizient $h_{re} = 5,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- der raumseitige flächenbezogene Wärmeübergangskoeffizient $h_i = 8,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- der außenseitige flächenbezogene Wärmeübergangskoeffizient $h_e = 13,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

4.2.3 Geometrische und wärmeschutztechnische Parameter der Umschließungsfläche des Raumes

4.2.3.1 Opake Bauteile

Für jedes Bauteil sind folgende Werte erforderlich:

- die aus den Innenmaßen berechnete Fläche;
- der Wärmedurchgangskoeffizient (U^*);
- die Wärmeträgheitseigenschaften (siehe EN ISO 13786);
- der Sonneneinstrahlungsfaktor und Sonnenenergiekoeffizient bei außenseitiger Oberfläche S_f ;

Der Wärmedurchgangskoeffizient U^* ergibt sich nach:

$$U^* = \frac{1}{1/U - 0,17 + 1/h_i + 1/h_e} \quad (1)$$

Dabei ist

- U der im Folgenden festgelegte Wärmedurchgangskoeffizient;
- 0,17 die Summe der raum- und außenseitigen flächenbezogenen Wärmedurchlasswiderstände nach EN ISO 6946;
- h_e der außenseitige flächenbezogene Wärmeübergangskoeffizient nach 4.2.2;
- h_i der raumseitige flächenbezogene Wärmeübergangskoeffizient nach 4.2.2.

Der Wärmedurchgangskoeffizient U wird bestimmt nach:

- Bauteile in Kontakt mit der Außenluft nach: EN ISO 6946;
- Bauteile in Kontakt mit dem Erdreich nach: EN ISO 13370.

Die Wärmeträgheitseigenschaften sind nach EN ISO 13786 zu bestimmen.

ANMERKUNG Der Sonneneinstrahlungsfaktor unterscheidet sich vom Abschattungskorrekturfaktor, der in ISO 13790 beschrieben ist und der diffuse Sonneneinstrahlung enthält.

Der Sonneneinstrahlungsfaktor, f_s , ergibt sich aus:

$$f_s = \frac{A_s}{A} \quad (2)$$

Dabei ist:

- A_s die Fläche der Sonneneinstrahlung auf der Wand (siehe Abschnitt 6.3);
- A die Gesamtfläche der Wand.

Der Sonneneinstrahlungsfaktor, g , ist das Verhältnis des Wärmestroms durch das Bauteil infolge absorbierter Sonneneinstrahlung zu einfallender Sonneneinstrahlung. Er ergibt sich aus:

- Bauteil ohne Hohlraum (oder mit geschlossenem Hohlraum):

$$g = \frac{\alpha U^*}{h_e} \quad (3)$$

Dabei ist α der GesamtabSORPTIONSgrad der Außenfläche.

- Bauteil mit offenem Hohlraum (Außenluft):

$$g = f_v S_{fc} + (1 - f_v) S_{fv} \quad (4)$$

Dabei ist

- f_v der Lüftungskoeffizient aus Tabelle 1 als Funktion der Lüftung im Hohlraum;
- S_{fc} der Sonneneinstrahlungsfaktor des geschlossenen Hohlraums;
- S_{fv} der Sonneneinstrahlungsfaktor eines belüfteten Hohlraums (aus Gleichung 4);

$$S_{fv} = \frac{a}{h_e} \left[\frac{U_e^* \cdot U_i^*}{U_e^* + U_i^* + h'} \right] \quad (5)$$

Dabei ist

U^*_e der Wärmedurchgangskoeffizient zwischen Außenumgebung und Hohlraum (aus Gleichung 1);

U^*_i der Wärmedurchgangskoeffizient zwischen Innenumgebung und Hohlraum (aus Gleichung 1);

h_e der außenseitige flächenbezogene Wärmeübergangskoeffizient (nach 4.2.2);

a der Gesamtabsorptionsgrad der Außenfläche des Bauteils

und

$$h' = h_c (h_c + 2 h_r) / h_r \quad (6)$$

Dabei ist

h_c der konvektive Wärmeübergangskoeffizient zwischen der Oberfläche des belüfteten Hohlraums und der Luft im Hohlraum;

h_r der Wärmeübergangskoeffizient durch Strahlung zwischen beiden Oberflächen des Hohlraums.

Es ergeben sich die folgenden Werte:

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

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

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

Tabelle 1 weist den Lüftungskoeffizienten f_v aus, 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

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

Wenn ein aktueller Messwert fehlt, kann der äußere Gesamtabsorptionsgrad aus Tabelle 2 als Funktion seiner Farbe entnommen werden.

Tabelle 2 — Äußerer Gesamtabsorptionsgrad

	Helle Farbe	Mittlere Farbe	Dunkle Farbe
α	0,3	0,6	0,9

4.2.3.2 Verglasungsbauteile

Für jedes Verglasungsbauteil müssen folgende Werte angegeben werden:

- berechnete Fläche, einschließlich Rahmen;
- Wärmedurchgangskoeffizient (U^* -Wert);
- Gesamtdurchlassgrad (g) (τ in EN 410);
- sekundärer solarer Wärmegewinn (q_i) der Verglasung raumseitig durch Konvektion und langwellige Strahlung auf Grund absorbierter Sonneneinstrahlung;
- tertiärer Wärmeübergangsfaktor (S_{f3}) der Verglasung raumseitig durch Lüftung auf Grund absorbierter Sonneneinstrahlung;
- Besonnungsfaktor durch äußere Hindernisse f_s .

Der Wärmedurchgangskoeffizient U^* wird nach Gleichung (1) bestimmt.

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

Der Gesamtdurchlassgrad (r), der sekundäre und der tertiäre Wärmeübertragungsfaktor S_{f2} und S_{f3} werden nach EN 13363-1 bestimmt.

a) Sonne-zu-Luft-Faktor

Der Sonne-zu-Luft-Faktor, f_{sa} , ist der Anteil an Sonnenwärme, der in den Raum durch die Verglasung eindringt und unverzüglich in Innenluft umgewandelt wird. Dieser Anteil ist abhängig von Innenbauteilen mit sehr geringer Heizkapazität, wie Teppiche und Möbel. Es wird eine Zeitunabhängigkeit angenommen, und, soweit nicht anders angegeben, werden die Werte aus dem informativen Anhang G der EN ISO 13791:2004 angewendet.

b) Sonnenmaßfaktor

Der Sonnenmaßfaktor, f_{si} , ist der Anteil an Sonneneinstrahlung, der in den Raum eindringt und der wieder nach außen reflektiert wird. Er ist abhängig von der Sonneneinstrahlposition, Sonneneinstrahleigenschaft, Maße und Aufnahmefähigkeit der Verglasung, der Raumgeometrie und der Spiegelungsfähigkeit der inneren Raumflächen. Es wird eine Zeitunabhängigkeit angenommen, und, soweit nicht anders angegeben, werden die Werte aus dem informativen Anhang G der EN ISO 13791:2004 angewendet.

ANMERKUNG Das Berechnungsverfahren für den Sonneneinstrahlungsfaktor infolge einer externen Behinderung f_s , kann in nationalen Normen beschrieben werden. Ein derartiges Verfahren ist im Anhang C angegeben.

4.2.3.3 Spezielle Bauteile

a) Decke unter nicht ausgebautem Dachgeschoss

Das System aus Decke, Luftraum und Dach wird als ein horizontales Bauteil mit eindimensionalem Wärmestrom betrachtet. Der Luftraum wird als Hohlraum betrachtet und nach EN ISO 6946 behandelt.

b) Bodenplatte

Das System aus unterer Geschossdecke und Erdreich wird als ein horizontales Bauteil betrachtet. Der Wärmestrom durch das Bauteil ist die Summe aus monatlichem Mittelwert und variablem Anteil. Der monatliche Mittelwert wird berechnet durch Anwendung der mittleren Innen- und Außentemperaturen und (als Konstante und gleichwertig zum monatlichen Mittelwert) des Wärmedurchgangskoeffizienten entsprechend EN ISO 13370. Der variable Anteil wird durch die Annahme eines mittleren Temperaturunterschiedes von null berechnet. Die Tiefe des Erdreichs beträgt 0,5 m.

c) Keller

Der Keller wird als angrenzender Raum mit unveränderter Temperatur definiert.

d) Kriechkeller

Der Kriechkeller wird als Bodenplatte nach EN ISO 13370 behandelt.

4.2.4 Lüftung

Die Lüftungsmenge hängt von der Dichtheit der Umschließungsfläche und vom Öffnen von Tür und Fenster ab. Im Entwurfsstadium wird die Lüftungsmenge als Funktion:

- der Lage des Gebäudes;
- der Art der Lüftung;
- der Anzahl von Fassaden mit Fenstern beschrieben.

Die Lage wird eingeteilt in:

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

Die Art der Lüftung wird auf die Kenngrößen des zeitlichen Ablaufes des Öffnens und Schließens von Fenstern bezogen und darauf, ob sich Fenster an einer oder an mehreren Fassaden befinden.

Es werden die folgenden zeitlichen Abläufe betrachtet:

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

ANMERKUNG Werte für Öffnungs- und Schließzeiten der Fenster und die Anzahl der Luftwechsel je Stunde können auf nationaler Ebene festgelegt werden. Stehen keine Daten zur Verfügung, können Anhang B Beispiele geeigneter Werte für Luftwechsel entnommen werden.

4.2.5 Raumseitige Wärmequellen

Raumseitige Wärmequellen sind Beleuchtung, Einrichtung und Bewohner. Die Art des Wärmestroms infolge raumseitiger Wärmequellen hängt vom Verhalten der Bewohner und der Nutzung des Raumes ab.

ANMERKUNG Werte für den zeitlichen Ablauf der Raumnutzung und der Wärmestrom je Nutzungsart werden national festgelegt. Stehen keine Daten zur Verfügung, können die Werte aus Anhang D entnommen werden.

4.3 Ergebnisse

Ergebnisse aus den Berechnungen sind Höchst-, Mittel- und Mindesttageswerte der operativen Temperatur eines betrachteten Raumes unter vorgegebenen externen und internen Bedingungen.

5 Berechnungsverfahren

Das Berechnungsverfahren ist in folgende Schritte aufgeteilt:

- Festlegung der meteorologischen Daten des Ortes;
- Festlegung des Raumes, für den die Regelung gefordert wird;
- Festlegung der den Raum umschließenden Bauteile der Umschließungsfläche (Bereich, Einwirkung, Randbedingungen);
- Berechnung der wärmeschutztechnischen Parameter (stationäre und instationäre Bedingungen) und der Sonneneinstrahlungsfaktoren von opaken und transparenten Bauteilen;
- Festlegung der Lüftungsart;
- Festlegung der raumseitigen Wärmequellen;
- Bewertung der täglichen Höchst-, Mittel- und Mindestwerte der wirksamen Temperatur.

Der Grad an Genauigkeit des Berechnungsverfahrens sollte anhand der Anwendung der in Abschnitt 6 angegebenen Validierungsmethode überprüft werden. Die Einstufung erfolgt in eine der drei Klassen 1, 2 und/oder 3 (siehe 6.2).

6 Validierungsverfahren

6.1 Einleitung

Durch dieses Dokument wird kein konkretes numerisches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der wirksamen Temperatur eines einzelnen Raumes vorgeschrieben. Die in Abschnitt 6 angegebenen Fälle basieren auf EN ISO 13791.

6.2 Validierungsverfahren für das gesamte Berechnungsverfahren

6.2.1 Allgemeines

Das gesamte Validierungsmodell geht von der Berechnung der wirksamen Temperatur unter periodischen Bedingungen für mehrere im Folgenden angegebene Fälle und den Vergleich dieser Werte mit den Werten von Tabelle 11 aus.

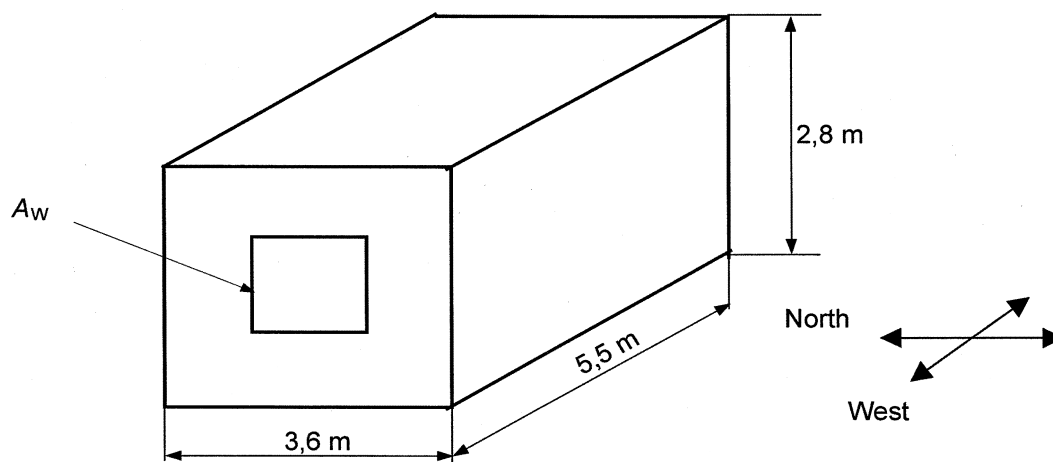
6.2.2 Raumgeometrie

Die Werte der Raumgeometrie (auf Grundlage äußerer Maße) sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3 — Raumdaten

Bauteil	Raumgeometrie A	Raumgeometrie B
Fläche (m ²):		
Außenseitige opaque Wand	6,58	3,08
Verglasungsfläche	3,50	7,00
Raumteiler (links)	15,40	15,40
(rechts)	15,40	15,40
(hinten)	10,08	10,08
Flur	19,80	19,80
Decke	19,80	19,80
Volumen (m ³)	55,44	55,44

Die Raumgeometrie ist in Bild 1 verdeutlicht.



Legende

- 1 Raumgeometrie A: $A_w = 3,5 \text{ m}^2$
- 2 Raumgeometrie B: $A_w = 7,0 \text{ m}^2$

Bild 1 — Raumgeometrie

6.2.3 Beschreibung von Bauteilen

Die thermophysikalischen Eigenschaften der Wände, Geschossdecke und des Flurs sind in Tabelle 4 angegeben. Die thermophysikalischen Eigenschaften der Scheiben, die das Verglasungssystem bilden, sowie der außenliegende Sonnenschutz sind in Bild 2 angegeben.

Sofern diese Prüfbeispiele betroffen sind, sind die Solareigenschaften von Scheiben unabhängig zum Einfallswinkel. Die optischen Eigenschaften jeder Platte sind in Tabelle 5 angegeben.