

DIN EN ISO 13788

ICS 91.120.10; 91.120.30

Einsprüche bis 2011-08-06
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 13788:2001-11

Entwurf

**Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen –
Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren –
Berechnungsverfahren (ISO/DIS 13788:2011);
Deutsche Fassung prEN ISO 13788:2011**

Hygrothermal performance of building components and building elements –
Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation –
Calculation methods (ISO/DIS 13788:2011);
German version prEN ISO 13788:2011

Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments –
Température de surface permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse –
Méthodes de calcul (ISO/DIS 13788:2011);
Version allemande prEN ISO 13788:2011

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-05-30 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nabau@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 51 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 13788:2011) 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“ (Sekretariat: SIS, Schweden) unter deutscher Mitwirkung erarbeitet.

Der für die deutsche Mitarbeit zur EN ISO 13788 zuständige Arbeitsausschuss im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist der als Spiegelausschuss zu CEN/TC 89 eingesetzte Arbeitsausschuss NA 005-56-99 AA „Feuchte“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau).

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

ISO 6946	siehe DIN EN ISO 6946
ISO 9346	siehe DIN EN ISO 9346
ISO 10211	siehe DIN EN ISO 10211
ISO 10077-2	siehe DIN EN ISO 10077-2
ISO 10456	siehe DIN EN ISO 10456
ISO 12572	siehe DIN EN ISO 12572
ISO 13790	siehe DIN EN ISO 13790
ISO 15927-1	siehe DIN EN ISO 15927-1

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 13788:2001-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 7, *Berechnung des Trocknungsvorgangs von Bauteilen*, aufgenommen;
- b) Anhänge ZA und ZB gestrichen;
- c) in inhaltlicher und redaktioneller Hinsicht überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 6946, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren*

DIN EN ISO 9346, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Gebäuden und Baustoffen — Physikalische Größen für den Stofftransport — Begriffe*

DIN EN ISO 10077-2, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen — Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten — Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen*

DIN EN ISO 10211, *Wärmebrücken im Hochbau — Wärmeströme und Oberflächentemperaturen — Detaillierte Berechnungen*

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 12572, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit*

DIN EN ISO 13790, *Energieeffizienz von Gebäuden — Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung*

DIN EN ISO 15927-1, *Wärme- und feuchteschutztechnisches Verhalten von Gebäuden — Berechnung und Darstellung von Klimadaten — Teil 1: Monats- und Jahresmittelwerte einzelner meteorologischer Elemente*

— Leerseite —

Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen — Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren — Berechnungsverfahren (ISO/DIS 13788:2011)

Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments — Température de surface permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse — Méthodes de calcul (ISO/DIS 13788:2011)

Hygrothermal performance of building components and building elements — Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation — Calculation methods (ISO/DIS 13788:2011)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.4a

Inhalt

Seite

Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe, Symbole und Einheiten	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole und Einheiten	8
3.3 Indizes.....	9
4 Eingabedaten für die Berechnungen	9
4.1 Material- und Produkteigenschaften.....	9
4.2 Außenseitige Randbedingungen.....	9
4.2.1 Standort	9
4.2.2 Zeitraum für Klimadaten	10
4.2.3 Außenseitige Temperatur	10
4.2.4 Außenseitige Luftfeuchte.....	10
4.3 Raumseitige Randbedingungen.....	11
4.3.1 Raumseitige Lufttemperatur.....	11
4.3.2 Raumseitige Luftfeuchte.....	11
4.4 Wärmeübergangswiderstände	11
4.4.1 Wärmeübertragung.....	11
4.4.2 Wasserdampfübergang.....	12
5 Berechnung der Oberflächentemperatur zur Vermeidung der kritischen Oberflächenfeuchte	12
5.1 Allgemeines.....	12
5.2 Einflussgrößen.....	12
5.3 Bemessung zur Verhinderung des Schimmelbefalls.....	13
5.4 Bemessung zur Verhinderung der Tauwasserbildung auf Oberflächen von Bauelementen mit niedriger Wärmeträgheit.....	14
6 Berechnung der Tauwasserbildung im Bauteilinneren	15
6.1 Allgemeines.....	15
6.2 Kurzbeschreibung	15
6.3 Einschränkungen der Fehlerquellen.....	16
6.4 Berechnung	16
6.4.1 Materialeigenschaften	16
6.4.2 Randbedingungen für die Tauwasserbildung im Bauteilinneren	17
6.4.3 Anfangsmonat.....	17
6.4.4 Verteilung von Temperatur und Sättigungsdampfdruck.....	18
6.4.5 Dampfdruckverteilung.....	19
6.4.6 Rate der Tauwasserbildung.....	20
6.4.7 Verdunstung.....	20
6.4.8 Verdunstung und Tauwasserbildung	22
6.5 Kriterien für die Beurteilung von Bauteilen	23
7 Berechnung des Trocknungsvorgangs von Bauteilen.....	23
7.1 Allgemeines.....	23
7.2 Kurzbeschreibung	23
7.3 Festlegung des Verfahrens.....	24
7.4 Kriterien zur Beurteilung des Trocknungspotentials von Bauteilen.....	24

Anhang A (informativ) Raumseitige Randbedingungen	25
A.1 "Kontinentales" und tropisches Klima.....	25
A.2 Maritime Klimate	26
Anhang B (informativ) Beispiele für die Berechnung des Temperaturfaktors für die raumseitige Oberfläche zur Vermeidung der kritischen Oberflächenfeuchte.....	28
B.1 Beispiel 1 unter Verwendung der in Anhang A definierten raumseitigen Bedingungen	28
B.2 Beispiel 2 unter Annahme einer konstanten raumseitigen relativen Luftfeuchte	29
B.3 Beispiel 3 mit bekannter Feuchtezufuhr und konstanter Luftwechselrate	30
B.4 Beispiel 4 mit bekannter Feuchtezufuhr und veränderlicher Luftwechselrate	31
Anhang C (informativ) Beispiele für die Berechnung der Tauwasserbildung im Bauteilinneren.....	32
C.1 Umgebungsbedingungen	32
C.2 Beispiel 1: Bauteil mit Tauwasserbildung in einer Grenzebene	32
C.3 Beispiel 2: Bauteil mit Tauwasserbildung an zwei Grenzflächen.....	34
C.4 Beispiel 3: Bauteil, das einen gut belüfteten Hohlraum enthält	36
C.5 Beispiel 4: Bauteil in einem warmen feuchten Klima	37
C.6 Beispiel 5: Unterteilung einer Schicht mit hohem Wärmedurchlasswiderstand	40
Anhang D (informativ) Beispiel der Berechnung des Trocknungsvorgangs einer befeuchteten Schicht.....	42
Anhang E (informativ) Zusammenhänge, die den Feuchtetransport und den Wasserdampfdruck bestimmen.....	45
E.1 Sättigungsdampfdruck als Funktion der Temperatur	45
E.2 Dampfdruck und volumenbezogene Luftfeuchte.....	47

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 13788:2011) 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.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 13788: 2001 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 13788:2011 wurde vom CEN als prEN ISO 13788:2011 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Der Feuchtetransport ist ein äußerst komplexer Vorgang, und die Kenntnis der Feuchtetransportmechanismen, der Materialeigenschaften sowie der Ausgangs- und Randbedingungen ist häufig begrenzt. Daher legt diese Norm vereinfachte Berechnungsverfahren fest, denen die Annahme zugrunde liegt, dass der Feuchtetransport nur durch Dampfdiffusion erfolgt, und bei denen monatliche Klimadaten zum Einsatz kommen. Die Normung dieser Berechnungsverfahren schließt die Anwendung von weiterentwickelten Verfahren nicht aus. Die Berechnungen führen gewöhnlich zu Konstruktionen, die sehr sicher sind, und sofern eine Konstruktion einem nach diesem Verfahren festgelegten Bemessungskriterium nicht entspricht, können genauere Verfahren angewendet werden, um nachzuweisen, dass die Konstruktion die Anforderungen erfüllt.

Die vorliegende Norm behandelt Folgendes:

- a) die kritische Oberflächenfeuchte, bei der Probleme wie Schimmelbefall auf den raumseitigen Oberflächen von Gebäuden zu erwarten sind, und
- b) Tauwasserbildung im Inneren eines Bauteils
 - i) in Heizperioden, wenn die Innentemperatur üblicherweise höher ist als die Außentemperatur;
 - ii) in Kühlperioden, wenn die Innentemperatur üblicherweise niedriger ist als die Außentemperatur;
 - iii) in Kühllagern, in denen die Innentemperatur immer geringer ist als die Außentemperatur.
- c) einen Schätzwert für die Zeit, die ein zwischen Schichten mit hohem Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand liegendes und aus einer beliebigen Quelle befeuchtetes Bauteil zum Trocknen benötigt, sowie das Risiko der Tauwasserbildung an anderer Stelle im Inneren des Bauteils während des Trocknungsvorgangs.

Die Norm gilt nicht für weitere Feuchteaspekte, z. B. Grundwasser und Eindringen von Niederschlag.

In einigen Fällen stellt die Luftströmung aus dem Gebäudeinneren in das Bauwerk den Hauptmechanismus für den Feuchtetransport dar, wodurch sich das Risiko für Probleme der Tauwasserbildung signifikant erhöhen kann. Die vorliegende Norm behandelt diesen Aspekt nicht; sofern er als wichtig angesehen wird, sollten weiterentwickelte Beurteilungsverfahren in Betracht gezogen werden.

Die Beschränkungen der durch diese Norm abgedeckten physikalischen Prozesse bedeuten, dass die Norm für einige Bauwerke eine robustere Analyse ermöglicht als für andere. Die Ergebnisse sind zuverlässiger für leichte luftdichte Bauwerke, die keine Baustoffe enthalten, die große Wassermengen speichern. Sie sind weniger zuverlässig für Bauwerke, die ein hohes Wärme- und Feuchtespeichervermögen aufweisen und signifikanter Luftleckage unterliegen.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gibt vereinfachte Verfahren an zur Berechnung

- a) der raumseitigen Oberflächentemperatur von Bauteilen oder Bauelementen, unterhalb der bei der gegebenen Innentemperatur und relativen Luftfeuchte ein Befall durch Schimmel wahrscheinlich ist — das Verfahren kann auch eingesetzt werden um das Risiko dafür zu beurteilen, dass weitere Probleme im Zusammenhang mit der Tauwasserbildung auf der raumseitigen Oberfläche auftreten können.
- b) zum Zwecke der Beurteilung des Risikos der Tauwasserbildung im Bauteilinneren infolge von Wasserdampfdiffusion. Bei dem angewendeten Verfahren wird vorausgesetzt, dass die Rohbaufeuchte ausgetrocknet ist; nicht berücksichtigt wird eine Reihe wichtiger physikalischer Phänomene, einschließlich der folgenden:

- Schwankungen der Materialeigenschaften in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt;
- kapillare Saugwirkung und Transport von Feuchte in der flüssigen Phase in Baustoffen;
- Luftbewegung aus dem Gebäudeinneren in das Bauteil durch Spalte oder in Lufträumen;
- hygroskopisches Verhalten von Baustoffen.

Folglich gilt das Verfahren nur, wenn die Wirkung dieser Phänomene vernachlässigbar ist.

- c) der Zeit, die in einer Schicht zwischen zwei Schichten mit hohem Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand befindliches und aus einer beliebigen Quelle stammendes Wasser zum Trocknen benötigt, sowie des Risikos der Tauwasserbildung an anderer Stelle im Inneren des Bauteils während des Trocknungsvorgangs.

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 6946:2007, *Building components and building elements — Thermal resistance and thermal transmittance — Calculation method*

ISO 9346, *Thermal insulation — Mass transfer — Physical quantities and definitions*

ISO 10211, *Thermal bridges in building construction — Heat flows and surface temperatures — Detailed calculations*

ISO 10456, *Building materials and products — Procedures for determining declared and design thermal values*

ISO 12572, *Hygrothermal performance of building materials and products — Determination of water vapour transmission properties*

ISO 13790, *Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling*

ISO 15927-1, *Hygrothermal performance of buildings — Calculation and presentation of climatic data — Part 1: Monthly means of single meteorological elements*

3 Begriffe, Symbole und Einheiten

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 9346 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Temperaturfaktor für die raumseitige Oberfläche

Differenz zwischen der Temperatur der raumseitigen Oberfläche und der außenseitigen Lufttemperatur, dividiert durch die Differenz zwischen raumseitiger operativer Lufttemperatur und außenseitiger Lufttemperatur, berechnet mit einem Wärmeübergangswiderstand R_{si} an der raumseitigen Oberfläche:

$$f_{R,si} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad (1)$$

Als operative Temperatur gilt der arithmetische Mittelwert der raumseitigen Lufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur aller Oberflächen, die die Innenumgebung umschließen.

Verfahren zur Berechnung des Temperaturfaktors in komplexen Bauwerken sind in ISO 10211 angegeben.

3.1.2

Bemessungs-Temperaturfaktor für die raumseitige Oberfläche

kleinster zulässiger Temperaturfaktor für die raumseitige Oberfläche:

$$f_{R,si,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad (2)$$

3.1.3

niedrigste zulässige Temperatur

niedrigste raumseitige Oberflächentemperatur vor dem möglichen Beginn eines Schimmelwachstums

3.1.4

mittlere jährliche Mindesttemperatur

Mittelwert der über mindestens 10 Jahre für jedes Jahr aufgezeichneten niedrigsten Temperaturen

3.1.5

raumseitiger Feuchteüberschuss

Rate der Feuchteerzeugung im Raum, dividiert durch die Luftwechselrate und das Raumvolumen:

$$\Delta v = v_i - v_e = \frac{G}{n V} \quad (3)$$

3.1.6

wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke

Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl einer Luftschicht

Dicke einer ruhenden Luftschicht mit demselben Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand wie die betrachtete Materialschicht:

$$s_d = \mu \cdot D \quad (4)$$

3.1.7

relative Luftfeuchte

Quotient aus Dampfdruck und Sättigungsdampfdruck bei gleicher Temperatur:

$$\varphi = \frac{p}{p_{sat}} \quad (5)$$

3.1.8

kritische Oberflächenfeuchte

relative Luftfeuchte an der Oberfläche, die zu einer qualitativen Verschlechterung der Oberfläche, insbesondere Schimmelbefall, führt

3.1.9

Heizperiode

außenseitiges Klima, das zum Risiko der Tauwasserbildung führt, wenn ein Gebäude beheizt wird, sodass raumseitige Temperatur und raumseitiger Dampfdruck höher sind als die außenseitigen

3.1.10

Kühlperiode

außenseitiges Klima, das zum Risiko der Tauwasserbildung führt, wenn ein Gebäude gekühlt wird, sodass raumseitige Temperatur und raumseitiger Dampfdruck geringer sind als die außenseitigen

3.2 Symbole und Einheiten

Symbol	Größe	Einheit
D	Wasserdampfdiffusionskoeffizient in einem Material	m^2/s
D_0	Wasserdampfdiffusionskoeffizient in Luft	m^2/s
G	Rate der raumseitigen Feuchteerzeugung, raumseitige Feuchtebelastung	kg/h
M_a	flächenbezogener akkumulierter Feuchtegehalt der betreffenden Grenzfläche	kg/m^2
R	Wärmedurchlasswiderstand	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
R_v	Gaskonstante für Wasserdampf = 462	$\text{Pa} \cdot \text{m}^3/(\text{K} \cdot \text{kg})$
T	thermodynamische Temperatur	K
U	Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils oder -elements	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
V	Innenvolumen des Gebäudes	m^3
Z_p	Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand bezogen auf den Dampfteildruck	$\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$
Z_v	Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand bezogen auf die volumenbezogene Luftfeuchte	s/m^2
D	Dicke der Materialschicht	m
$f_{R,si}$	Temperaturfaktor für die raumseitige Oberfläche	-
$f_{R,si,min}$	Bemessungs-Temperaturfaktor für die raumseitige Oberfläche	-
G	Wasserdampf-Diffusionsstromdichte	$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
N	Luftwechselrate	h^{-1}
P	Wasserdampfdruck	Pa
Q	Wärmestromdichte	W/m^2
s_d	wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke	m
T	Zeit	s
W	volumenbezogene Masse des Feuchtegehalts	kg/m^3
δ_p	Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient eines Materials bezogen auf den Dampfteildruck	$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$
δ_0	Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient von Luft bezogen auf den Dampfteildruck	$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$
v	volumenbezogene Luftfeuchte	kg/m^3
Δv	raumseitiger Feuchteüberschuss, $v_i - v_e$	kg/m^3
Δp	raumseitiger Dampfüberdruck, $p_i - p_e$	Pa
φ	relative Luftfeuchte	-
λ	Wärmeleitfähigkeit	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
μ	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	-
θ	Temperatur in Grad Celsius	$^{\circ}\text{C}$
$\theta_{si,min}$	niedrigste zulässige Oberflächentemperatur	$^{\circ}\text{C}$

3.3 Indizes

c	Tauwasser	n	Grenzfläche
cr	kritischer Wert	s	Oberfläche
e	Außenluft	sat	Wert bei Sättigung
ev	Verdunstung	se	außenseitige Oberfläche
eq	äquivalent (Außentemperatur)	si	raumseitige Oberfläche
i	Raumluft	T	Gesamtwert für ein Bauteil oder ein Element
min	Mindestwert		

4 Eingabedaten für die Berechnungen

4.1 Material- und Produkteigenschaften

Für die Berechnungen sind Bemessungswerte zu verwenden. Bemessungswerte aus Produkt- oder Materialspezifikationen oder tabellierte Bemessungswerte aus den Normen, auf die in Tabelle 1 verwiesen wird, sind zulässig.

Tabelle 1 — Material- und Produkteigenschaften

Eigenschaft	Symbol	Bemessungswerte
Wärmeleitfähigkeit	λ	entnommen aus oder bestimmt nach ISO 10456.
Wärmedurchlasswiderstand	R	
Wasserdampf-Diffusions-Widerstandszahl	μ	entnommen aus ISO 10456 oder bestimmt nach ISO 12572.
wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke	s_d	

Die Wärmeleitfähigkeit, λ , und die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl, μ , gelten für homogene Materialien; der Wärmedurchlasswiderstand, R , und die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke, s_d , gelten in erster Linie für Verbundprodukte oder Produkte ohne gut definierbare Dicke.

Für Luftschichten wird R aus ISO 6946 entnommen und s_d wird unabhängig von Luftschichtdicke und -neigung mit 0,01 m angesetzt.

4.2 Außenseitige Randbedingungen

4.2.1 Standort

Sofern nicht anders festgelegt, müssen die angewendeten außenseitigen Bedingungen für den Standort des Gebäudes repräsentativ sein, wobei das Mikroklima und die Höhenlage zu berücksichtigen sind, sofern zutreffend.

ANMERKUNG Wenn keine weiteren Angaben verfügbar sind (beispielsweise in nationalen Normen), kann davon ausgegangen werden, dass die Temperatur je 200 m Höhenzunahme um 1 K fällt.

4.2.2 Zeitraum für Klimadaten

Zur Berechnung des Risikos des Schimmelbefalls an der Oberfläche oder zur Beurteilung von Bauwerken hinsichtlich des Risikos der Tauwasserbildung im Bauteilinneren sind monatliche Mittelwerte anzuwenden, die nach den in ISO 15927-1 oder nationalen Normen beschriebenen Verfahren ermittelt wurden.

Sofern keine nationalen Daten oder Normen vorliegen, muss es sich bei den monatlichen Mittelwerten der Temperatur um diejenigen handeln, die wahrscheinlich einmal in zehn Jahren auftreten, entnommen aus lokalen Klimaaufzeichnungen. Sofern derartige Daten nicht verfügbar sind, dürfen für Berechnungen eines Klimas mit Heizung 2 K von den monatlichen Mittelwerten der Temperatur für ein durchschnittliches Jahr abgezogen bzw. für Berechnungen eines Klimas mit Kühlung 2 K zu den monatlichen Mittelwerten der Temperatur für ein durchschnittliches Jahr hinzugefügt werden.

Zur Berechnung des Risikos der Tauwasserbildung an den Oberflächen von Bauelementen mit niedriger Wärmeträgheit, wie z. B. Fenster und deren Rahmen, sind die mittlere jährliche Mindesttemperatur sowie die entsprechende relative Luftfeuchte anzuwenden.

ANMERKUNG Das bedeutet, dass sich in der Hälfte der Jahre an einem Tag etwas Tauwasser bildet.

4.2.3 Außenseitige Temperatur

Folgende Temperaturen sind in den Berechnungen anzuwenden:

- Bei Berechnungen für Wände, die dem außenseitigen Klima ausgesetzt sind oder sich unterhalb der Erdoberfläche befinden, ist die unter 4.2.1 und 4.2.2 festgelegte außenseitige Lufttemperatur anzuwenden.
- Bei Berechnungen für massive Böden auf Erdreich oder im Erdreich liegende Wände ist der jährliche Mittelwert der außenseitigen Lufttemperatur, $\overline{\theta_{\text{ann}}}$, als Temperatur des Erdreichs unter dem Fußboden anzusetzen.
- Bei Berechnungen für Dächer sollte die dem monatlichen Mittelwert äquivalente Außentemperatur, $\overline{\theta_{\text{eq}}}$, angewendet werden, die solare Wärmegewinne und Kühlung durch langwellige Strahlung berücksichtigt. Verfahren zur Berechnung der $\overline{\theta_{\text{eq}}}$ sind in ISO 13790 angegeben. Stark vereinfacht kann die äquivalente Außentemperatur, $\overline{\theta_{\text{eq}}}$, durch Subtraktion von 2 K von jedem monatlichen Mittelwert der außenseitigen Lufttemperatur bestimmt werden.

4.2.4 Außenseitige Luftfeuchte

4.2.4.1 Außenluft

Zur Festlegung der außenseitigen Luftfeuchtebedingungen ist der Dampfdruck, p_e , anzuwenden.

Der monatliche Mittelwert des Dampfdrucks kann nach Gleichung (6) aus der mittleren Temperatur und der mittleren relativen Luftfeuchte berechnet werden.

$$\overline{p_e} = \overline{\varphi_e} p_{\text{sat}}(\overline{\theta_e}) \quad (6)$$

Zur Berechnung des Risikos der Tauwasserbildung an den Oberflächen von Bauelementen mit niedriger Wärmeträgheit, wie z. B. Fenster und deren Rahmen, ist die der mittleren jährlichen Mindesttemperatur entsprechende außenseitige relative Luftfeuchte anzuwenden.

ANMERKUNG Für einige Klimate kann für die relative Luftfeuchte, die mit der mittleren jährlichen Mindesttemperatur im Zusammenhang steht, ein Wert von 0,85 angenommen werden.

4.2.4.2 Luftfeuchtebedingungen im Erdreich

Es ist Sättigung anzunehmen ($\varphi = 1$).

4.3 Raumseitige Randbedingungen

4.3.1 Raumseitige Lufttemperatur

Es sind Werte anzuwenden, die der erwarteten Nutzung des Gebäudes entsprechen.

ANMERKUNG Anhang A enthält ein Verfahren zur Abschätzung der raumseitigen Lufttemperatur auf der Grundlage der Außentemperatur.

4.3.2 Raumseitige Luftfeuchte

Die raumseitige Luftfeuchte kann

- 1) entweder nach der Gleichung

$$p_i = p_e + \Delta p \quad (7)$$

berechnet werden.

Die Werte von Δp sind entsprechend der erwarteten Nutzung des Gebäudes zu wählen.

Δp kann unter Anwendung der folgenden Gleichung aus dem raumseitigen Feuchteüberschuss, Δv , abgeleitet werden:

$$\Delta p = \Delta v R_v T_i = \frac{G}{nV} R_v T_i \quad (8)$$

Werte für Δp für einen Bereich von Gebäudetypen sind in Anhang A zu finden.

Die raumseitige Luftfeuchte kann auch

- 2) als Konstante, φ_i , angegeben werden, wenn die raumseitige relative Luftfeuchte bekannt ist und konstant gehalten wird, z. B. durch Klimatisierung.

ANMERKUNG Anhang A enthält ein Verfahren zur Abschätzung der raumseitigen relativen Luftfeuchte auf der Grundlage der außenseitigen Lufttemperatur.

4.4 Wärmeübergangswiderstände

4.4.1 Wärmeübertragung

Für R_{se} ist ein Wert von $0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ anzusetzen.

Für Tauwasserbildung oder Schimmelbefall auf lichtundurchlässigen Oberflächen ist ein Wärmedurchlasswiderstand an raumseitigen Oberflächen von $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ anzusetzen, um die Auswirkungen von Ecken, Möbeln, Vorhängen oder abgehängten Decken zu repräsentieren.

Die in Tabelle 2 angegebenen Werte von R_{si} sind für die Beurteilung der Tauwasserbildung im Bauteilinneren bzw. der Tauwasserbildung an Oberflächen von Fenstern und Türen anzuwenden.

Tabelle 2 — Raumseitiger Wärmedurchlasswiderstand für die Beurteilung der Tauwasserbildung im Bauteilinneren bzw. die Tauwasserbildung an Oberflächen von Fenstern und Türen

Richtung des Wärmestroms	Wärmedurchlasswiderstand $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$
aufwärts	0,10
horizontal	0,13
abwärts	0,17

4.4.2 Wasserdampfübergang

Der Wasserdampfübergangswiderstand an Oberflächen wird bei den Berechnungen nach dieser Norm als vernachlässigbar angesehen.

5 Berechnung der Oberflächentemperatur zur Vermeidung der kritischen Oberflächenfeuchte

5.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt wird ein Verfahren zur Bemessung der Gebäudehülle festgelegt, das dazu dient, negativen Auswirkungen der kritischen Oberflächenfeuchte, z. B. Schimmelbefall, vorzubeugen.

ANMERKUNG Eine Tauwasserbildung auf Oberflächen kann zu Schäden an ungeschützten feuchteempfindlichen Baustoffen führen. Sie kann vorübergehend und in kleinen Mengen annehmbar sein, z. B. bei Fenstern und Fliesen in Badezimmern, sofern die Oberfläche die Feuchte nicht absorbiert und entsprechende Vorkehrungen zur Vermeidung eines Kontaktes der Feuchte mit angrenzenden empfindlichen Materialien getroffen werden.

Wenn die monatlichen Mittelwerte der relativen Luftfeuchte an den Oberflächen 0,8 überschreiten, besteht das Risiko eines Schimmelbefalls.

5.2 Einflussgrößen

Neben dem außenseitigen Klima (Lufttemperatur und Luftfeuchte) bestimmen drei Einflussgrößen die Tauwasserbildung auf Oberflächen und den Schimmelbefall:

- die „wärmeschutztechnische Güte“ jedes Elements der Gebäudehülle, die durch den Wärmedurchlasswiderstand, Wärmebrücken, die Geometrie und innere Wärmeübergangswiderstände repräsentiert wird. Die wärmeschutztechnische Güte kann durch den Temperaturfaktor für die raumseitige Oberfläche $f_{R,si}$ charakterisiert werden.

ANMERKUNG ISO 10211 enthält ein Verfahren zur Berechnung von Gewichtungsfaktoren bei Vorliegen mehrerer raumseitiger Temperatur-Randbedingungen.

- die raumseitige Feuchtezufuhr;
- die raumseitige Lufttemperatur sowie die Heizungsanlage und deren Einstellungen.