

Mauerwerk und Mauerwerksprodukte
Verfahren zur Ermittlung von Wärmeschutzrechenwerten
Deutsche Fassung EN 1745:2002

DIN
EN 1745

ICS 91.080.30; 91.120.10

Masonry and masonry products —
Methods for determining design thermal values;
German version EN 1745:2002

Maçonnerie et éléments de maçonnerie —
Détermination des valeurs thermiques de calcul;
Version allemande EN 1745:2002

Die Europäische Norm EN 1745:2002 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 125 „Mauerwerk“ (Sekretariat: Vereinigtes Königreich) ausgearbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist hierfür der als Spiegelausschuss zu CEN/TC 125 eingesetzte Arbeitsausschuss 06.01.00 „Mauerwerksbau“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

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

ISO 8301 siehe DIN 52616

ISO 8302 siehe DIN 52612-1

Fortsetzung Seite 2
und 53 Seiten EN

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

Nationaler Anhang NA
(informativ)
Literaturhinweise

DIN 52612-1, *Wärmeschutztechnische Prüfungen — Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Platten-
gerät — Durchführung und Auswertung.*

DIN 52616, *Wärmeschutztechnische Prüfungen — Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Wärme-
strommessplatten-Gerät.*

Deutsche Fassung

Mauerwerk und Mauerwerksprodukte – Verfahren zur Ermittlung von Wärmeschutzrechenwerten

Masonry and masonry products – Methods for determining design thermal values

Maçonnerie et éléments de maçonnerie – Détermination des valeurs thermiques de calcul

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 15. September 2000 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, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



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

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

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	3	6.3.1 Tabellierte Werte	10
Einleitung	3	6.3.2 Prüfungen	12
1 Anwendungsbereich	4	6.3.3 Berechnungsverfahren	12
2 Normative Verweisungen	4	7 Ermittlung des Wärmedurchgangs-	
3 Begriffe und Symbole	4	koeffizienten von Mauerwerk	12
3.1 Begriffe	5	Anhang A (normativ)	
3.2 Symbole	6	Tabellierte $\lambda_{10, \text{dry}}$-Werte von Materialien,	
4 Verfahren zur Ermittlung der		die für Mauerwerksprodukte und Mörtel	
Wärmeschutzrechenwerte für		verwendet werden	13
Vollmauersteine und Mörtel	6	Anhang B (informativ)	
4.1 Allgemeines	6	Tabellierte Basiswerte für R- oder	
4.2 λ -Basiswerte für Vollmauersteine und		äquivalente λ-Werte von Mauerwerk aus	
Mörtel	7	gelochten Mauersteinen	20
4.2.1 Tabellierte λ -Werte (die Bestimmung		Anhang C (informativ)	
erfolgt ausschließlich auf Basis einer		Beispiel für die Anwendung der Tabellen	
λ -Rohdichte-Beziehung)	7	in Anhang B	41
4.2.2 Gemessene λ -Werte (die Bestimmung		Anhang D (normativ)	
erfolgt auf Basis einer λ -Rohdichte-		Anforderungen für geeignete	
Beziehung und der Erstprüfung von λ)	7	Berechnungsverfahren	42
4.3 Rechenwerte R_U oder λ_U für Vollmauer-		D.1 Programmeigenschaften	42
steine und Mörtel	9	D.2 Eingabedaten und Resultate	42
5 Verfahren zur Ermittlung der		D.3 Überprüfung der Programm-	
Wärmeschutzrechenwerte (R_U- oder		genauigkeit	42
λ_U-Äquivalent) für Mauerwerk aus		D.4 Referenzbeispiele	43
Vollmauersteinen		Anhang E (normativ)	
und Mörteln	9	Bewertung der Konformität der λ- oder	
5.1 Prüfungen	9	R-Werte	51
5.2 Berechnungsmethoden	10	E.1 Allgemeines	51
5.2.1 Allgemeines	10	E.2 Wärmetechnische Erstprüfung des	
5.2.2 Numerische Berechnung	10	Produktes	51
5.2.3 Vereinfachte Berechnung	10	E.3 Werkseigene Produktionskontrolle .	51
6 Verfahren zur Ermittlung der Wärme-		E.3.1 Kontrolle der Endprodukte — auf der	
schutzrechenwerte für gelochte und		Grundlage von tabellierten Werten .	51
zusammengesetzte Mauersteine sowie		E.3.2 Kontrolle der Endprodukte — auf der	
für Wände aus derartigen Steinen und		Grundlage von Prüfungen	51
Mörtel	10	Anhang ZA (informativ)	
6.1 Allgemeines	10	A-Abweichungen	52
6.2 R_U - oder äquivalente λ_U -Werte von		Literaturhinweise	53
gelochten Mauersteinen und			
zusammengesetzten Mauersteinen . . .	10		
6.3 R_U - oder äquivalente λ_U -Werte von			
Mauerwerk aus gelochten oder			
zusammengesetzten Mauersteinen und			
Mörtel	10		

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1745:2002) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 125 „Mauerwerk“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis 2002-10, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis 2002-10 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm wurde auf der Grundlage eines von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CEN erteilten Mandates erstellt und unterstützt die wesentlichen Anforderungen der EG-Richtlinie(n).

Die Anhänge A, D und E sind normativ. Die Anhänge B und C sind informativ.

Die folgenden Abschnitte dieser Norm sind Gegenstand einer A-Abweichung, die sich aus einem Antrag von Frankreich ergibt: 4.1, 4.2.1, 4.2.2.4, 4.3, 5.1, 5.2.1, 6.2 und 6.3.1.2.

Anhang ZA (informativ) enthält weitere Einzelheiten zur A-Abweichung.

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, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Einleitung

Diese Norm beschreibt Regeln für die Ermittlung von Rechenwerten der Wärmeleitfähigkeit und des Wärmedurchlasswiderstandes sowohl von Mauerwerk als auch von Mauerwerksprodukten.

Sie beschreibt auch, wie die Basiswerte für die Berechnung der Rechenwerte ermittelt werden, und auch die Rechenverfahren, um aus diesen Basiswerten die Rechenwerte abzuleiten. Sie gilt sowohl für Vollmauersteine (Abschnitte 4 und 5) als auch für gelochte und zusammengesetzte Mauersteine (Abschnitt 6).

Es werden 3 Verfahren für die Ermittlung des Wärmedurchlasswiderstandes und/oder der Wärmeleitfähigkeit beschrieben. Diese Verfahren sind:

- die Verwendung tabellierter λ - und/oder R -Werte;
- die Messung von λ - und/oder R -Werten;
- die Berechnung von äquivalenten λ - und/oder R -Werten.

Die Norm berücksichtigt die wesentlichen unterschiedlichen Typen von Mauerwerksprodukten:

- Vollmauersteine;
- gelochte Mauersteine;
- zusammengesetzte Mauersteine.

Der Rechenwert einer Produkteigenschaft ist jener Wert, der für eine bestimmte Anwendung des Produkts sowie für die Verwendung in Berechnungen ermittelt wird.

Wärmeschutzrechenwerte werden gemäß den Verfahren, die in dieser Norm angegeben sind, durch den Anwender/Planer und Baubehörden ermittelt, entsprechend der geplanten Anwendung des Produktes, der Umwelt- bzw. Klimabedingungen sowie gemäß dem Zweck der Berechnung, wie beispielsweise:

- Energieverbrauch;
- Planung von Heizungs- und Kühlanlagen;
- Oberflächentemperatur-Berechnung;
- Übereinstimmung mit nationalen Bauvorschriften;
- Untersuchung der instationären thermischen Bedingungen in Gebäuden.

Ein bestimmtes Bauprodukt kann verschiedene Wärmeschutzrechenwerte, entsprechend der geplanten Verwendung des Produktes, haben. Normalerweise werden Wärmeschutzrechenwerte von den Erzeugern/Händlern der Produkte angegeben.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm beschreibt Verfahren zur Ermittlung von Wärmeschutzrechenwerten (Wärmedurchlasswiderstand und/oder Wärmeleitfähigkeit) für Mauerwerk und Mauerwerksprodukte sowie Verfahren für die Erstprüfung und die Eigenüberwachung von Wärmedämmeigenschaften.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische 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 Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 771 (alle Teile), *Festlegungen für Mauersteine*.

EN 772-3, *Prüfverfahren für Mauersteine — Teil 3: Bestimmung des Nettovolumens und des prozentualen Lochanteils von Mauerziegeln mittels hydrostatischer Wägung (Unterwasserwägung)*.

EN 772-4, *Prüfverfahren für Mauersteine — Teil 4: Bestimmung der Dichte und der Rohdichte sowie der Gesamtporosität und der offenen Porosität von Mauersteinen aus Naturstein*.

EN 772-13, *Prüfverfahren für Mauersteine — Teil 13: Bestimmung der Netto- und Brutto-Trockenroh-dichte von Mauersteinen (außer Naturstein)*.

EN 772-16, *Prüfverfahren für Mauersteine — Teil 16: Bestimmung der Maße*.

EN 1015-10, *Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk — Teil 10: Bestimmung der Trockenroh-dichte von Festmörtel*.

EN 1934, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Messung des Wärmedurchlasswiderstandes — Heizkastenverfahren mit dem Wärmestrommesser — Mauerwerk*.

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

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

EN ISO 8990, *Wärmeschutz — Bestimmung der Wärmedurchgangseigenschaften im stationären Zustand — Verfahren mit dem kalibrierten und dem geregelten Heizkasten (ISO 8990:1994)*.

EN ISO 10211-1, *Wärmebrücken im Hochbau — Wärmeströme und Oberflächentemperaturen — Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren (ISO 10211-1:1995)*.

EN ISO 10456, *Wärmeschutz — Baustoffe und -produkte — Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte (ISO 10456:1999)*.

ISO 8301, *Thermal insulation — Determination of steady-state thermal resistance and related properties — Heat flow meter apparatus*.

ISO 8302, *Thermal insulation — Determination of steady-state thermal resistance and related properties — Guarded hot plate apparatus*.

prEN 12664, *Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät — Trockene und feuchte Produkte mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlasswiderstand*.

3 Begriffe und Symbole

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in EN ISO 7345 angegebenen Begriffe und Symbole sowie die folgenden:

3.1 Begriffe

3.1.1 Mauerwerk

nach einer bestimmten Regel verlegte Mauersteine, die mit Mörtel zusammengefügt sind

3.1.2

Mauerwerksprodukt

Mauersteine, Mauermörtel und Putzmörtel

3.1.3

Vollmauerstein

Mauerstein, der keine Hohlräume enthält, ausgenommen beispielsweise oberflächliche Aussparungen, wie Grifflöcher, Rillen usw.

3.1.4

zusammengesetzter Mauerstein

Mauerstein, der aus mehreren Materialien zusammengesetzt ist

3.1.5

Wärmeschutzwert

ein allgemeiner Ausdruck für die Wärmeleitfähigkeit $[W/(m \cdot K)]$ oder den Wärmedurchlasswiderstand $[m^2 \cdot K/W]$

3.1.6

Wärmeschutzbasiswert

der Wert einer wärmetechnischen Eigenschaft eines Baumaterials oder -produktes in trockenem Zustand, der nach dieser Norm als Grundlage für die Berechnung von Wärmeschutzrechenwerten ermittelt wird

ANMERKUNG Der Wärmeschutzbasiswert kann als Wärmeleitfähigkeit oder als Wärmedurchlasswiderstand ausgedrückt werden.

3.1.7

Wärmeschutzrechenwert

der Wert einer thermischen Eigenschaft eines Baumaterials oder -produktes unter bestimmten Außen- und Innenbedingungen, die für die Eigenschaften des Materials oder Produktes als typisch angesehen werden können, wenn dieses in einem Bauteil verwendet wird

ANMERKUNG Der Wärmeschutzrechenwert kann als Wärmeleitfähigkeit oder als Wärmedurchlasswiderstand ausgedrückt werden.

3.1.8

äquivalente Wärmeleitfähigkeit

der Wert, der durch Division der Dicke eines bestimmten Mauersteines oder einer Mauerwerkskonstruktion durch den gemessenen Wärmedurchlasswiderstand erhalten wird

3.1.9

Referenzbedingungen

Bedingungen, die einen Gleichgewichtszustand beschreiben, der als Bezugsbasis für Wärmeschutzwerte von Baumaterialien und -produkten herangezogen wird

3.1.10

trockener Zustand

Zustand nach dem Trocknen, unter üblichen Bedingungen, wie in den entsprechenden Produktnormen beschrieben

3.2 Symbole

Symbol	Bedeutung	Einheit
$\lambda_{10, \text{dry}}$	Wärmeleitfähigkeit, gemessen in trockenem Zustand bei einer Durchschnittstemperatur von 10 °C	W/(m · K)
λ_i	Einzelwert der Wärmeleitfähigkeit	W/(m · K)
λ_U	Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit	W/(m · K)
λ_{equ}	äquivalente Wärmeleitfähigkeit	W/(m · K)
R_i	Einzelwert des Wärmedurchlasswiderstandes	m ² · K/W
R_U	Rechenwert des Wärmedurchlasswiderstandes	m ² · K/W
T	Temperatur	K
μ	Wasserdampfdiffusionskoeffizient	—
c	spezifische Wärmekapazität	kJ/(kg · K)
l	Länge des Mauersteines	mm
w	Breite des Mauersteines	mm
H_U, h_U	Höhe des Mauersteines	mm
H_M, h_M	Dicke der Mörtelfuge	mm
F_m	Umrechnungsfaktor für den Feuchtegehalt	—
f_u	massebezogener Feuchteumrechnungskoeffizient	kg/kg
f_ψ	volumenbezogener Feuchteumrechnungskoeffizient	m ³ /m ³
u	massebezogener Feuchtegehalt	kg/kg
ψ	volumenbezogener Feuchtegehalt	m ³ /m ³
U	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² · K)
P	Fraktile-Anteil	%

4 Verfahren zur Ermittlung der Wärmeschutzrechenwerte für Vollmauersteine und Mörtel

4.1 Allgemeines

Für Vollmauersteine sind der λ -Wert des Materials und der äquivalente λ -Wert des Mauersteines gleich.

ANMERKUNG Grifflöcher, die nicht durch den Mauerstein hindurchgehen, sind nicht als Löcher anzusehen.

Die λ -Basiswerte von Vollmauersteinen und Mörteln können durch Prüfungen an Materialproben oder aus Tabellen oder Diagrammen, in denen $\lambda_{10, \text{dry}}$ auf die Rohdichte bezogen ist, ermittelt werden. In beiden Fällen muss der λ -Wert repräsentativ für das Material nach der Produktnorm sein.

Aus diesen λ -Basiswerten können Rechenwerte R_U oder λ_U errechnet werden, wobei der Einfluss der Feuchte zu berücksichtigen ist.

Die Rechenwerte R_U oder λ_U von Mauerwerk aus Vollmauersteinen können aus Tabellen oder durch Prüfungen an Mauerwerksprobekörpern oder durch Berechnungen ermittelt werden.

4.2 λ -Basiswerte für Vollmauersteine und Mörtel

4.2.1 Tabellierte λ -Werte (die Bestimmung erfolgt ausschließlich auf Basis einer λ -Rohdichte-Beziehung)

$\lambda_{10, \text{dry}}$ -Werte von verschiedenen Mauerwerksmaterialien sind im Anhang A angegeben, unterschieden nach Materialtyp und Trockenrohddichte. Dieser Anhang enthält auch Werte für die Wasserdampfdiffusionskoeffizienten, die spezifische Wärmekapazität, die Feuchteumrechnungskoeffizienten, die die Zunahme von λ je Prozent Feuchtezunahme beschreiben.

Diese tabellierten Werte gelten für Materialien, deren Dichte bei der Eigenüberwachung kontrolliert wird, ohne dass direkte λ -Wert-Messungen durchgeführt werden. Die Werte sind als 50 %- und 90 %-Fraktile (P) der vorhandenen Bandbreite der λ -Werte für ein bestimmtes Material mit gegebener Dichte angeführt.

4.2.2 Gemessene λ -Werte (die Bestimmung erfolgt auf Basis einer λ -Rohdichte-Beziehung und der Erstprüfung von λ)

Wenn der Hersteller entscheidet, einen λ -Wert aus Messungen zu ermitteln, ist folgendes Verfahren anzuwenden:

4.2.2.1 Prüfkörper

Detaillierte Informationen über die Prüfkörper sind der prEN 12664 zu entnehmen. Es ist darauf zu achten, dass die Prüfkörper so hergestellt werden, dass sie für das Mauerwerksprodukt selbst repräsentativ sind.

ANMERKUNG Ein geeignetes Verfahren, um dies sicherzustellen, ist, die Probekörper aus den Mauersteinen herauszuschneiden.

4.2.2.2 Probenvorbereitung

Normalerweise werden Mauerwerksmaterialien im trockenen Zustand geprüft. Es ist auch möglich, Prüfungen im feuchten Zustand durchzuführen (z. B. konditioniert bis zur Massenkonstanz in einem Klima von $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 5)\%$ relativer Luftfeuchte). In diesem Fall ist der gemessene Wert auf den Trockenzustand umzurechnen.

4.2.2.3 Prüfungen

Das Referenzprüfverfahren ist in ISO 8302 festgelegt. Weitergehende Informationen über das Prüfverfahren für Mauerwerksmaterialien sind in prEN 12664 angegeben.

Alternative Prüfverfahren, wie ISO 8301, für die unterschiedliche Probekörper und Methoden der Probenvorbereitung erforderlich sein können, dürfen verwendet werden, falls die Beziehung zwischen dem Referenzprüfverfahren und dem alternativen Verfahren angegeben werden kann.

4.2.2.4 Bestimmung des λ -Basiswertes

Die Bestimmung des λ -Basiswertes beruht auf dem mittleren λ -Wert und dem λ -Grenzwert. Für dieses Bestimmungsverfahren sind 3 Grundinformationen erforderlich:

- 1) Die tabellierte λ -Rohdichte-Beziehung für das betreffende Material (siehe Anhang A).
- 2) Die Bandbreite der Produktrohddichte, die entweder aus der Produktionskontrolle oder aus den Rohdichtetoleranzen, die in den entsprechenden Produktnormen angegeben sind, abgeleitet werden kann.
- 3) Mindestens 3 Einzelwerte der Rohddichte und von λ_1 , die sicherstellen, dass der λ -Basiswert repräsentativ für das jeweils produzierte Material ist. Die 3 Prüfungen müssen an Prüfkörpern aus unterschiedlichen Produktionschargen durchgeführt werden, um die Bandbreite der Produktrohddichte wiederzugeben. Diese 3 Messungen werden zur Ermittlung des Abstandes der individuellen λ -Rohdichte-Kurve von der tabellierten λ -Rohdichte-Kurve für eine bestimmte Produktion benutzt.

Dann ist folgendes Verfahren anzuwenden:

Berechnung des λ -Wertes als arithmetisches Mittel aus den 3 Einzelwerten.

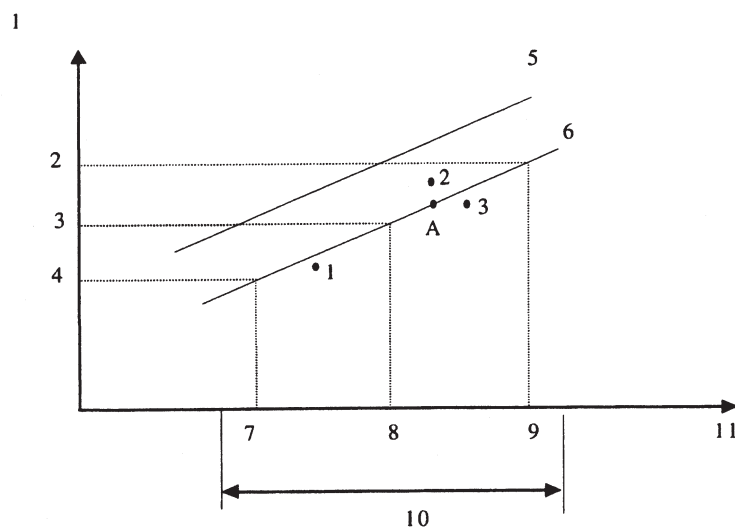
Bestimmung der Rohdichte von jedem der 3 Prüfkörper nach EN 772-4 oder EN 772-13 oder EN 1015-10 und Berechnung der Rohdichte als arithmetisches Mittel aus den 3 Einzelwerten.

Durch den Punkt A, der die mittlere Wärmeleitfähigkeit und die mittlere Rohdichte darstellt, ist eine λ -Rohdichte-Kurve parallel zur allgemeinen λ -Rohdichte-Kurve, die sich aus den tabellierten λ - und Rohdichte-Werten für das Produkt (Material) nach Anhang A ergibt, zu verschieben.

Ermittlung des mittleren λ -Wertes der Produktion aus der mittleren Rohdichte. Ableitung des oberen und unteren Grenzwerts, das sind jene Werte, die 90 % und 10 % der produzierten Bandbreite an Rohdichten mit einem Vertrauensbereich von 90 % nach EN ISO 10456 entsprechen.

Angabe des Basis- λ -Wertes als mittlerer λ -Wert gemeinsam mit der Differenz zwischen dem Grenzwert und dem Mittelwert.

Bild 1 stellt dieses Verfahren graphisch dar.



Legende

- 1 $\lambda_{10, \text{dry}}$ ($\text{W/m} \cdot \text{K}$)
- 2 Oberer Grenzwert für λ
- 3 Mittlerer Wert für λ
- 4 Unterer Wert für λ
- 5 Kurve, die sich aus den tabellierten Werten (Anhang A) ergibt
- 6 Parallelverschobene Kurve durch den Punkt A
- 7 10 % der Produktion
- 8 Mittlere Rohdichte
- 9 90 % der Produktion
- 10 Bandbreite der Rohdichte
- 11 Rohdichte (kg/m^3)

Bild 1 — Ableitung des λ -Basiswertes

ANMERKUNG Für die werkseigene Produktionskontrolle darf die Wärmeleitfähigkeit indirekt über die Trockenroh-dichte des Materials kontrolliert werden.

4.3 Rechenwerte R_U oder λ_U für Vollmauersteine und Mörtel

Rechenwerte R_U oder λ_U werden aus den λ -Basiswerten, unter Verwendung der Feuchte-Umrechnungskoeffizienten aus dem Anhang A für jedes Material sowie den national angegebenen Rechenwerten für den Feuchtegehalt bestimmter Materialien in bestimmten Anwendungen, berechnet. Die Berechnung ist nach EN ISO 10456 unter Verwendung folgender Formeln durchzuführen:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \times F_m \quad (1)$$

oder

$$R_2 = \frac{R_1}{F_m} \quad (2)$$

mit

$$F_m = e^{f_\psi(\psi_2 - \psi_1)} \quad (3)$$

oder

$$F_m = e^{f_u(u_2 - u_1)} \quad (4)$$

5 Verfahren zur Ermittlung der Wärmeschutzrechenwerte (R_U - oder λ_U -Äquivalent) für Mauerwerk aus Vollmauersteinen und Mörteln

5.1 Prüfungen

Wenn der Hersteller entscheidet, einen R_U - oder äquivalenten λ_U -Wert aus Prüfmessungen zu ermitteln, ist folgendes Verfahren anzuwenden:

- Auswahl von Proben aus 3 verschiedenen Produktionschargen;
- aus jeder dieser Proben ist eine Wand zu errichten;
- von jeder dieser Wände ist der Wärmedurchlasswiderstand und/oder die äquivalente Wärmeleitfähigkeit nach EN ISO 8990 oder EN 1934 zu messen;
- aus den 3 Prüfergebnissen ist der mittlere Wärmedurchlasswiderstand und/oder die äquivalente Wärmeleitfähigkeit zu berechnen;
- auf der Grundlage dieses Mittelwertes ist der Rechenwert des Wärmedurchlasswiderstandes und/oder die äquivalente Wärmeleitfähigkeit der Wand, unter Berücksichtigung des nationalen Rechenwertes für den Feuchtegehalt, zu ermitteln.

Anzugeben sind die Art der Mauersteine und die entsprechende EN aus der Reihe EN 771, die Masse des Steines (Trockenmasse oder Masse bei einem national angegebenen Rechenwert für den Feuchtegehalt) und die Geometrie der Probekörper sowie die Wärmeleitfähigkeit und die Geometrie (z. B. der Mörtelbänder) der für die Messung verwendeten Mörtelfugen.

Für die Berechnung von R_U - oder des äquivalenten λ_U -Wertes bei einem anderen Feuchtegehalt ist es erforderlich, den Einfluss der Feuchte zu berücksichtigen. Die Werte der Feuchteumrechnungskoeffizienten können durch Prüfungen bei mehreren unterschiedlichen Feuchtegehalten abgeleitet werden. Alternativ können die Feuchteumrechnungskoeffizienten nationalen Richtlinien entnommen werden. Wenn keine dieser beiden Möglichkeiten besteht, ist für alle Materialarten und Geometrien ein Feuchteumrechnungskoeffizient von 6 % zu verwenden (d. h., der Wärmedurchlasswiderstand des Mauerwerkes ändert sich um 6 % je Prozent Änderung des Feuchtegehalts).

Für Mauersteinarten, die mit unterschiedlichen Mörtelarten kombiniert werden können, sind Wärmeschutzwerte für alle diese Kombinationen anzugeben.

ANMERKUNG Als Näherung können die für Mörtel mit niedriger Wärmedämmfähigkeit gemessenen Werte durch eine einfache Mittelwertberechnung der Leitwerte ($1/R$) entsprechend dem Flächenverhältnis der Mörtelfugen und der Mauersteine auf entsprechende Werte für Mörtel mit hoher Wärmedämmfähigkeit umgerechnet werden und umgekehrt, vorausgesetzt, dass das Verhältnis der Wärmedurchlasswiderstände der Mauersteinschicht und der Mörtelschicht 1 : 5 nicht überschreitet.

5.2 Berechnungsmethoden

5.2.1 Allgemeines

Die λ -Materialwerte, die notwendige Eingabeparameter für Berechnungsmethoden sind, sind entweder nach 4.2.1 oder 4.2.2 zu ermitteln.

Die R_U - oder äquivalenten λ_U -Werte des Mauerwerks sind nach folgendem Verfahren zu ermitteln:

λ -Basiswert ($\lambda_{10, \text{dry}}$) $\Rightarrow$ Feuchtekorrektur (siehe 4.3) $\Rightarrow \lambda_U$ -Wert des Materials $\Rightarrow$ Berechnung $\Rightarrow R_U$ - oder äquivalenter λ_U -Wert des Mauerwerks.

Es sind die Feuchteumrechnungskoeffizienten für Materialien nach Anhang A zu verwenden.

5.2.2 Numerische Berechnung

Anhang D enthält Anforderungen für geeignete Berechnungsprogramme (Genauigkeit, Randbedingungen usw.).

ANMERKUNG Numerische Berechnungsverfahren (z. B. Finite-Elemente-Methode oder Finite-Differenzen-Methode usw.) führen zu richtigen Ergebnissen, auch wenn es große Unterschiede zwischen den λ -Werten des Mauersteinmaterials und des Mauermörtels gibt.

5.2.3 Vereinfachte Berechnung

Das in EN ISO 6946:1996 dargestellte Verfahren darf angewandt werden.

6 Verfahren zur Ermittlung der Wärmeschutzrechenwerte für gelochte und zusammengesetzte Mauersteine sowie für Wände aus derartigen Steinen und Mörtel

6.1 Allgemeines

Die thermischen Eigenschaften gelochter Mauersteine können nicht ausschließlich aus dem λ -Wert des Materials ermittelt werden, darüber hinaus haben auch die Form und die Geometrie der Löcher im Stein einen großen Einfluss.

Der R_U - oder äquivalente λ_U -Wert von Mauerwerk aus gelochten Mauersteinen kann entweder aus Tabellen oder aus Prüfmessungen an Mauerwerksprobekörpern oder durch Berechnungen ermittelt werden. Der R_U - oder äquivalente λ_U -Wert von Mauerwerk aus zusammengesetzten Mauersteinen kann entweder aus Prüfmessungen an Mauerwerksprobekörpern oder durch Berechnungen ermittelt werden.

6.2 R_U - oder äquivalente λ_U -Werte von gelochten Mauersteinen und zusammengesetzten Mauersteinen

Derzeit sind verschiedene numerische Methoden (z. B. Finite-Differenzen-Methode, Finite-Elemente-Methode) für die Berechnung der thermischen Eigenschaften von gelochten oder zusammengesetzten Mauersteinen in Gebrauch. Die Wärmeleitfähigkeiten der Materialien sind notwendige Eingangsparameter für derartige Berechnungen, diese sind nach 4.3 zu ermitteln.

Die Anforderungen an geeignete Berechnungsprogramme (Genauigkeit, Randbedingungen usw.) sind in Anhang D angeführt.

Das in EN ISO 6946:1996 beschriebene Verfahren darf ebenfalls angewandt werden.

6.3 R_U - oder äquivalente λ_U -Werte von Mauerwerk aus gelochten oder zusammengesetzten Mauersteinen und Mörtel

6.3.1 Tabellierte Werte

6.3.1.1 Anwendung von Anhang B

Beispiele für Basiswerte für die Ermittlung von R_U - oder äquivalenten λ_U -Werten von Mauerwerk aus gelochten Mauersteinen sind in Anhang B angegeben. Diese sind unterschieden nach:

- Material;
- Geometrie der Steine und der Hohlräume;
- λ -Wert des Materials des Mauersteins;
- λ -Wert des Mörtels.

Anhang B enthält keine tabellierten Werte für zusammengesetzte Mauersteine.

Die tabellierten R - oder äquivalenten λ -Basiswerte sollten als Grundlage für die Berechnung jeglicher nationaler Rechenwerte herangezogen werden, die durch die Klimabedingungen und die Anwendung der Produkte beeinflusst werden. Werte der Feuchteumrechnungskoeffizienten können durch Prüfungen bei mehreren unterschiedlichen Feuchtegehalten abgeleitet werden. Alternativ können die Feuchteumrechnungskoeffizienten nationalen Richtlinien entnommen werden. Falls derartige Werte nicht existieren, ist für alle Materialarten und Geometrien ein Feuchteumrechnungskoeffizient von 6 % zu verwenden (d. h., der Wärmedurchlasswiderstand des Mauerwerkes ändert sich um 6 % je Prozent Änderung des Feuchtegehalts). Es ist auch möglich, einen Rechenwert zu ermitteln, indem der λ -Wert jedes Materials unter Verwendung der Umrechnungskoeffizienten im Anhang A korrigiert wird und die Tabellen für R_U oder äquivalent λ_U von Mauerwerk in Anhang B verwendet werden.

Die Werte für die Wärmeleitfähigkeit der Materialien sind $\lambda_{10, \text{dry}}$ -Werte. Wenn keine Messwerte für die Wärmeleitfähigkeit des Mauersteinmaterials und des Mörtels zur Verfügung stehen, können die tabellierten Werte aus Anhang A verwendet werden.

Material-Wärmeleitfähigkeiten zwischen den in den Tabellen von Anhang B angegebenen Werten können linear interpoliert werden.

6.3.1.2 Alternative Anwendung von Anhang B

Die tabellierten Werte wurden unter der Annahme einer bestimmten Höhe und Länge der Mauersteine, einer bestimmten Dicke der horizontalen Mörtelfugen und ohne Mörtel in den vertikalen Fugen berechnet (die „Basisabmessungen“ sind für alle Geometrieklassen angegeben). Für Mauerwerk aus Mauersteinen mit einer abweichenden Höhe kann der Einfluss der Mörtelfugen wie folgt berücksichtigt werden. Das gleiche Verfahren kann auch für die Ermittlung von Werten für Mauerwerk mit vertikalen Mörtelfugen verwendet werden, für das keine eigenen Werte angegeben sind. Diese Verfahren gelten für alle Arten von Mauersteinen.

Der U -Wert des Mauerwerks ist aus der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit in der Tabelle nach folgender Formel zu berechnen:

$$U_T = \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda_{\text{equ}}} + R_{se}} \quad (5)$$

Dabei ist:

U_T Wärmedurchgangskoeffizient der Wand, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

R_{si}, R_{se} innerer und äußerer Wärmeübergangswiderstand, in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

d Dicke der Wand, in m

λ_{equ} tabellierter Wert der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit, in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Der Wärmedurchgangskoeffizient der Mauersteine ohne Mörtel ist wie folgt zu berechnen:

$$U_U = \frac{U_T \times h - U_M \times h_M}{h_U} \quad (6)$$

Der Wärmedurchgangskoeffizient des Mauerwerks aus Steinen mit einer abweichenden Höhe ist wie folgt zu berechnen:

$$U_H = \frac{U_U \times H_U + U_M \times H_M}{H} \quad (7)$$

Dabei ist:

- h_U Mauersteinhöhe, die Grundlage für die Berechnung der tabellierten Werte war, in mm
 h_M Höhe der Mörtelfuge, die Grundlage für die Berechnung der tabellierten Werte war, in mm
 $h = h_U + h_M$, in mm
 U_U Wärmedurchgangskoeffizient des Mauersteins ohne den Einfluss des Mörtels, in $W/(m^2 \cdot K)$
 U_M Wärmedurchgangskoeffizient der Mörtelfuge nach:

$$U_M = \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda_M} + R_{se}} \text{ in } W/(m^2 \cdot K) \quad (8)$$

- λ_M Wärmeleitfähigkeit des Mörtels, in $W/(m \cdot K)$
 U_H Wärmedurchgangskoeffizient des Mauerwerks aus Mauersteinen mit der Höhe H_U , in $W/(m^2 \cdot K)$
 H_U Höhe des Mauersteines (Messwert); in mm
 H_M Höhe der Mörtelfuge (Messwert); in mm
 $H = H_U + H_M$, in mm

Eine analoge Berechnung kann für abweichende Längen der Mauersteine und Dicken der vertikalen Mörtelfugen angewendet werden.

Falls es keine vertikalen Mörtelfugen gibt, kann eine abweichende Mauersteinlänge vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 1 Die Wärmedurchgangszahl von Mauerwerk aus Mauersteinen mit einer Länge > 250 mm mit einem Nut- und Feder-System anstelle einer vertikalen Mörtelfuge wird niedriger als der tabellierte Wert sein, was bedeutet, dass der tabellierte Wert auf der sicheren Seite liegt. Für Mauersteine mit Formen nach B.23 bis B.28, bei denen die vertikale Fuge das Lochbild nicht unterbricht, hat die Länge der Steine keinen Einfluss auf die Wärmedurchgangszahl.

ANMERKUNG 2 In den Zeichnungen im Anhang B ist die Wärmeflussrichtung mit einem Pfeil gekennzeichnet.

6.3.2 Prüfungen

Es ist das Verfahren nach 5.1 anzuwenden.

6.3.3 Berechnungsverfahren

Es ist das Verfahren nach 5.2 anzuwenden oder es ist eine vereinfachte Berechnung auf Grundlage der Ergebnisse einer Berechnung nach 6.2 durchzuführen.

7 Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Mauerwerk

Die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U hat nach EN ISO 6946:1996 zu erfolgen.

Werte für die spezifische Wärmekapazität c sind dem Anhang A zu entnehmen.

ANMERKUNG Für Energiebedarfsberechnungen sollte der Einfluss des Wärmespeichervermögens berücksichtigt werden.

Anhang A (normativ)

Tabellierte $\lambda_{10, \text{dry}}$ -Werte von Materialien, die für Mauerwerksprodukte und Mörtel verwendet werden

Die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ ist definiert als jener Faktor, der beschreibt, wie viel mal höher der Diffusionswiderstand einer Materialschicht gegenüber dem Widerstand einer Luftschicht der gleichen Dicke unter den gleichen Bedingungen ist. Für den Vergleich des Diffusionswiderstandes zweier Bauteile ist es notwendig, den μ -Wert mit der Dicke der jeweiligen Schicht zu multiplizieren, was zu einem Ergebnis der Dimension m führt. Das Diffusionsverhalten ist unterschiedlich, je nachdem, ob es sich um eine Diffusion in das Bauteil hinein (niedrigerer Wert) oder aus dem Bauteil heraus (Austrocknungsperiode, höherer Wert) handelt.

Tabelle A.1 — Ziegel (gebrannter Ton)

Materialrohddichte [kg/m ³]	$\lambda_{10, \text{dry}}$ [W/(m · K)]		Wasserdampf- Diffusions- widerstandszahl μ —	c [kJ/(kg · K)]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
1 000	0,20	0,27	5/10	1,0
1 100	0,23	0,30	5/10	1,0
1 200	0,26	0,33	5/10	1,0
1 300	0,30	0,36	5/10	1,0
1 400	0,34	0,40	5/10	1,0
1 500	0,37	0,43	5/10	1,0
1 600	0,41	0,47	5/10	1,0
1 700	0,45	0,51	5/10	1,0
1 800	0,49	0,55	5/10	1,0
1 900	0,53	0,60	5/10	1,0
2 000	0,58	0,64	5/10	1,0
2 100	0,62	0,69	5/10	1,0
2 200	0,67	0,74	5/10	1,0
2 300	0,72	0,79	5/10	1,0
2 400	0,77	0,84	5/10	1,0

$f_{\psi} = 10 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$
Für in Sichtmauerwerk verwendete Ziegelmateriale mit einer Rohddichte zwischen 1 800 kg/m³ und 2 400 kg/m³, die normalerweise bei signifikant höheren Temperaturen gebrannt werden, ist der μ -Wert 50/100 statt 5/10.

Tabelle A.2 — Kalksandsteine

Materialrohddichte [kg/m ³]	$\lambda_{10, \text{dry}}$ [W/(m · K)]		Wasserdampf- Diffusions- widerstandszahl μ —	c [kJ/(kg · K)]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
900	0,22	0,29	5/10	1,0
1 000	0,24	0,30	5/10	1,0
1 100	0,26	0,32	5/10	1,0
1 200	0,30	0,36	5/10	1,0
1 300	0,34	0,41	5/10	1,0
1 400	0,40	0,46	5/10	1,0
1 500	0,47	0,53	5/25	1,0
1 600	0,55	0,61	5/25	1,0
1 700	0,64	0,70	5/25	1,0
1 800	0,75	0,81	5/25	1,0
1 900	0,86	0,92	5/25	1,0
2 000	0,98	1,05	5/25	1,0
2 100	1,14	1,20	5/25	1,0
2 200	1,31	1,37	5/25	1,0
$f_{\psi} = 10 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$				

Tabelle A.3 — Betonsteine aus Normalbeton und Betonwerksteine

Materialrohddichte [kg/m ³]	$\lambda_{10, \text{dry}}$ [W/(m · K)]		Wasserdampf- Diffusionswider- standszahl μ —	c [kJ/(kg · K)]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
1 600	0,69	0,88	5/15	1,0
1 700	0,75	0,93	5/15	1,0
1 800	0,82	1,01	5/15	1,0
1 900	0,90	1,09	5/15	1,0
2 000	1,00	1,19	5/15	1,0
2 100	1,11	1,30	5/15	1,0
2 200	1,24	1,42	30/100	1,0
2 300	1,37	1,56	50/150	1,0
2 400	1,52	1,72	50/150	1,0
$f_{\psi} = 4 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$				

Tabelle A.4 — Betonsteine mit Bims als einzigem Zuschlag

Materialrohddichte [kg/m ³]	$\lambda_{10, \text{dry}}$ [W/(m · K)]		Wasserdampf- Diffusions- widerstandszahl μ —	c [kJ/(kg · K)]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
500	0,11	0,14	5/15	1,0
600	0,13	0,16	5/15	1,0
700	0,16	0,18	5/15	1,0
800	0,19	0,21	5/15	1,0
900	0,22	0,24	5/15	1,0
1 000	0,26	0,28	5/15	1,0
1 100	0,30	0,32	5/15	1,0
1 200	0,34	0,36	5/15	1,0
1 300	0,38	0,41	5/15	1,0
$f_{\psi} = 4 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$				

Tabelle A.5 — Betonsteine mit Polystyrol-Zuschlag

Materialrohddichte [kg/m ³]	$\lambda_{10, \text{dry}}$ [W/(m · K)]		Wasserdampf- Diffusions- widerstandszahl μ —	c [kJ/(kg · K)]
	$P = 50 \%$	$P = 90 \%$		
500	0,13	0,16	5/15	1,0
600	0,14	0,19	5/15	1,0
700	0,17	0,22	5/15	1,0
800	0,18	0,25	5/15	1,0
$f_{\psi} = 5 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$				