

DIN EN 1745

ICS 91.080.30; 91.120.10

Ersatz für
DIN EN 1745:2002-08**Mauerwerk und Mauerwerksprodukte –
Verfahren zur Bestimmung von wärmeschutztechnischen
Eigenschaften;
Deutsche Fassung EN 1745:2012**

Masonry and masonry products –
Methods for determining thermal properties;
German version EN 1745:2012

Maçonnerie et éléments de maçonnerie –
Méthodes pour la détermination des propriétés thermiques;
Version allemande EN 1745:2012

Gesamtumfang 76 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1745:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 125 „Mauerwerk“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) ausgearbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist hierfür der Arbeitsausschuss NA 005-06-01 AA, Spiegelausschuss zu CEN/TC 125/WG 6 „EN 1745“, des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1745:2002-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) strukturelle Überarbeitung zur Verbesserung der Lesbarkeit und des Verständnisses;
- b) inhaltliche Anpassung in Abschnitt 6, Feuchteumrechnung;
- c) Abstimmung zu überarbeiteten Produktnormen der Reihe EN 771:2011.

Frühere Ausgaben

DIN EN 1745: 2002-08

Deutsche Fassung

Mauerwerk und Mauerwerksprodukte - Verfahren zur Bestimmung von wärmeschutztechnischen Eigenschaften

Masonry and masonry products - Methods for determining thermal properties

Maçonnerie et éléments de maçonnerie - Méthodes pour la détermination des propriétés thermiques

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. 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.....	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe und Symbole.....	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole	9
3.3 Indizes.....	10
4 Verfahren zur Ermittlung des Wertes $\lambda_{10,dry,unit}$ für Vollmauersteine und des Wertes $\lambda_{10,dry,mor}$ für Mörtel	10
4.1 Allgemeines.....	10
4.2 $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werte für Vollmauersteine und Mörtel	11
4.2.1 Modell S1: Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der tabellierten Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ -und der Netto-Trockenrohichte	11
4.2.2 Modell S2: Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der graphischen Darstellung der Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ -und der Netto-Trockenrohichte	11
4.2.3 Modell S3: Verfahren für die Ermittlung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U_{mas}) des aus Vollmauersteinen und Mörtel hergestellten Mauerwerks.....	13
4.3 Prüfverfahren und die für die verschiedenen Modelle zu verwendenden Anzahlen an Prüfkörpern	13
5 Verfahren zur Ermittlung der äquivalenten $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte für Mauerwerk aus gelochten und zusammengesetzten Mauersteinen	14
5.1 Allgemeines.....	14
5.2 Berechnungsverfahren	14
5.3 $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte von Mauersteinen	15
5.3.1 Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der tabellierten Beziehung von λ_{unit} zu λ_{mat}	15
5.3.2 Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts anhand von Berechnungen	16
5.3.3 Modell P5: Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts anhand der Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U_{mas}) von aus gelochten oder zusammengesetzten Mauersteinen und Mörtel hergestelltem Mauerwerk.....	16
Prüfverfahren und die für die verschiedenen Modelle zu verwendenden Anzahl	19
5.4 an Proben	19
6 Feuchteumrechnung	19
7 Verfahren zur Bestimmung der Wärmeschutzrechenwerte ($R_{design,mas}$ oder $\lambda_{design,mas}$) für aus Mauersteinen und Mörtel errichtetes Mauerwerk.....	20
7.1 Allgemeines.....	20
7.2 Bestimmung der Werte für $R_{design,mas}$ oder $\lambda_{design,mas}$ durch Berechnung	20
7.2.1 Bestimmung der Werte für $R_{design,mas}$ oder $\lambda_{design,mas}$ auf der Grundlage von λ_{design} -Werten für die Mauersteine und den Mörtel.....	20

7.2.2	Bestimmung der Werte für $R_{\text{design,mas}}$ oder $\lambda_{\text{design,mas}}$ durch ein numerisches Berechnungsverfahren auf der Grundlage des Bemessungswertes der Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Materialien	21
7.3	Bestimmung der Werte für $R_{\text{design,mas}}$ oder $\lambda_{\text{design,mas}}$ von aus gelochten oder zusammengesetzten Mauersteinen und Mörtel errichtetem Mauerwerk auf der Grundlage von tabellierten Werten	21
7.3.1	Tabellierte Werte	21
7.3.2	Anwendung von Anhang B	21
7.3.3	Alternative Anwendung von Anhang B	22
8	Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Mauerwerk	23
9	Spezifische Wärmekapazität	23
10	Rundungsregeln der λ -Bemessungswerte für Mauerwerk	23
Anhang A (normativ)	Tabellierte $\lambda_{10,\text{dry,mat}}$ -Werte von Materialien, die für Mauerwerksprodukte verwendet werden	24
Anhang B (informativ)	Werte für $R_{\text{dry,mas}}$ oder $\lambda_{10,\text{dry,mas}}$ von aus verschiedenen gelochten Mauersteinen errichtetem Mauerwerk	33
Anhang C (informativ)	Beispiel für die Anwendung der Tabellen in Anhang B	61
Anhang D (normativ)	Anforderungen an geeignete Berechnungsverfahren	63
D.1	Programmeigenschaften	63
D.2	Eingabedaten und Ergebnisse	63
D.3	Überprüfung der Programmgenauigkeit	64
D.4	Referenzfälle	64
D.4.1	Fall 1: Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes R und der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ eines Mauersteins (Hochlochstein)	64
D.4.2	Fall 2: Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes $R_{\text{dry,mas}}$ von Mauerwerk aus Hochloch-Mauersteinen mit Innen- und Außenputz	66
D.4.3	Fall 3: Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes R_t von Mauerwerk, das aus Mauersteinen, horizontalen Mörtelschichten, vertikalen Mörtelnestern und einer zusätzlichen äußeren Dämmschicht besteht	68
Anhang E (informativ)	Konformitätsbewertung	72
Anhang F (informativ)	Alternatives Verfahren für die Feuchteberichtigung in Bezug auf gelochte Mauersteine	73
Literaturhinweise		74

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1745:2012) 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 Oktober 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2012 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 1745:2002.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

Die wesentlichen technischen Änderungen im Vergleich zur vorherigen Ausgabe sind:

- Ergänzung von Bild 1 zum Aufzeigen der Abläufe und Berechnungsmethoden;
- editorielle Verbesserungen;
- Ergänzungen im Anhang B;
- Anpassungen im Anhang E;
- Ergänzungen im Anhang F;
- Entfernung von Anhang ZA.

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.

Einleitung

Diese Europäische Norm stellt Regeln für die Ermittlung von Trocken- und Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit und des Wärmedurchlasswiderstandes sowohl von Mauerwerksprodukten als auch von Mauerwerk zur Verfügung.

Sie beschreibt, wie Trockenwerte der Wärmeleitfähigkeit zu bestimmen sind. Sie beschreibt auch die Korrekturverfahren zur Ableitung von Bemessungswerten aus einem Trockenwert. Der Trockenwert ist ein Kennwert des Mauerwerksmaterials, des Mauersteins oder des Mauerwerks. Es werden Verfahren zur Bestimmung von Wärmeschutzrechenwerten anhand von Trockenwerten der Wärmeleitfähigkeit angegeben.

Es werden drei Verfahren (Modelle S1 bis S3) für die Ermittlung des äquivalenten Trockenwertes der Wärmeleitfähigkeit ($\lambda_{10,\text{dry,unit}}$) von Vollmauersteinen beschrieben und fünf Verfahren (Modelle P1 bis P5) für die Ermittlung des Trockenwertes der Wärmeleitfähigkeit ($\lambda_{10,\text{dry,unit}}$) von gelochten Mauersteinen und zusammengesetzten Mauersteinen, siehe Bild 1.

Für Mörtel nach EN 998-1 und EN 998-2 können die Modelle S1 und S2 herangezogen werden.

Darüber hinaus werden drei Verfahren für die Ermittlung des Wärmedurchlasswiderstandes beschrieben. Diese Verfahren sind:

- die Verwendung tabellierter R -Werte;
- die Messung von R -Werten;
- die numerische Berechnung von R -Werten.

Diese Europäische Norm berücksichtigt die folgenden Haupttypen von Mauersteinen:

- Vollmauersteine;
- gelochte Mauersteine;
- zusammengesetzte Mauersteine.

In Bild 1 sind die unterschiedlichen Modelle und Verfahren graphisch dargestellt.

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

Wärmeschutzrechenwerte werden nach den in dieser Europäischen Norm angegebenen Verfahren entsprechend der geplanten Anwendung des Produktes, der Umwelt- bzw. Klimabedingungen und unter Berücksichtigung des Zwecks dieses Verfahrens bestimmt, wie beispielsweise:

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

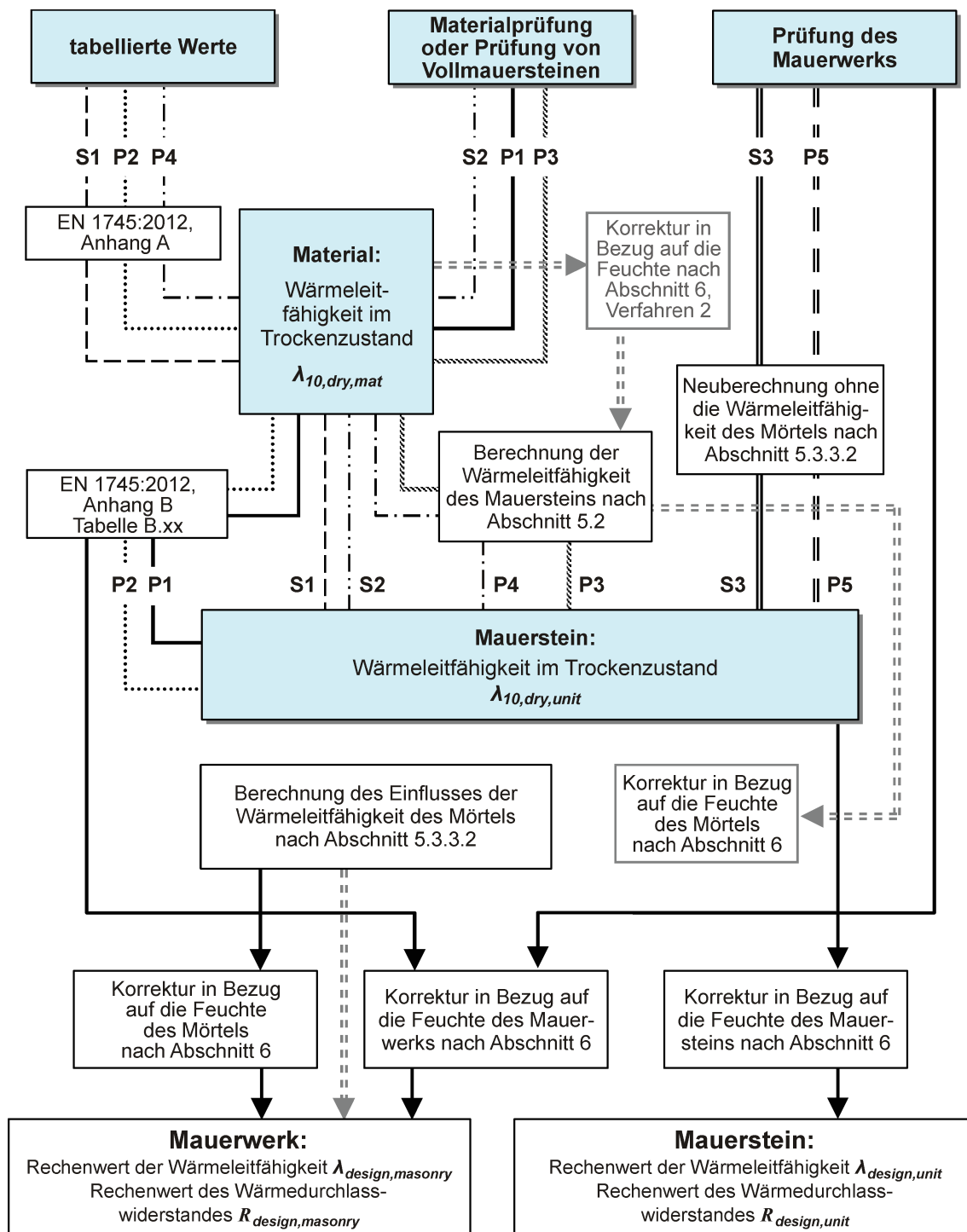


Bild 1 — Ermittlung der wärmeschutztechnischen Eigenschaften von Mauersteinen und Mauerwerk

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Verfahren zur Ermittlung der wärmeschutztechnischen Eigenschaften von Mauerwerk und Mauerwerksprodukten fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 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-Trockenrohddichte von Mauersteinen (außer Naturstein)*

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

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

EN 1936, *Prüfverfahren für Naturstein — Bestimmung der Reindichte, der Rohdichte, der offenen Porosität und der Gesamtporosität*

EN 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*

EN ISO 6946:2007, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren (ISO 6946:2007)*

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

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

EN ISO 10456, *Baustoffe und Bauprodukte — Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften — Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte (ISO 10456)*

3 Begriffe und Symbole

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

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 z. B. oberflächliche Aussparungen, wie Grifflöcher, Rillen usw.

3.1.4

gelochter Mauerstein

Mauerstein mit einem System bewusst angelegter Löcher

3.1.5

zusammengesetzter Mauerstein

Mauerstein, der aus Schichten verschiedener Materialien zusammengesetzt ist, um dessen Eigenschaften zu verbessern

3.1.6

Wärmeschutzwert

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

3.1.7

trockener Zustand

Zustand nach dem Trocknen unter üblichen Bedingungen, wie in den einschlägigen Normen beschrieben

3.1.8

Wärmeschutzwert im trockenen Zustand

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wärmeschutzwert im trockenen Zustand kann als Wärmeleitfähigkeit oder als Wärmedurchlasswiderstand ausgedrückt werden.

3.1.9

Wärmeschutzrechenwert

Wert einer wärmeschutztechnischen 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 oder Bauwerk verwendet wird

3.1.10

Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks

Wert, der durch Division der Dicke eines bestimmten Mauerwerkselements durch seinen Wärmedurchlasswiderstand unter Ausschluss des Oberflächenwiderstandes abgeleitet wird

3.1.11

Referenzbedingungen

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

3.1.12

äquivalente Wärmeleitfähigkeit

Wert, der durch Division der Dicke eines gelochten Mauersteins oder zusammengesetzten Mauersteins oder des Mauerwerks durch seinen Wärmedurchlasswiderstand unter Ausschluss des Oberflächenwiderstandes abgeleitet wird

3.2 Symbole

Die Indizes der Wärmeschutzwerte sind nach Temperatur, Bedingung und Gegenstand geordnet.

Symbol	Größe	Einheit
$\lambda_{10,dry,mat}$	Wärmeleitfähigkeit des Materials im trockenen Zustand bei einer Durchschnittstemperatur von 10 °C	W/(m · K)
$\lambda_{10,dry,mas}$	Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks im trockenen Zustand bei einer Durchschnittstemperatur von 10 °C	W/(m · K)
$\lambda_{10,dry,mor}$	Wärmeleitfähigkeit des Mörtels im trockenen Zustand bei einer Durchschnittstemperatur von 10 °C	W/(m · K)
$\lambda_{10,dry,unit}$	Wärmeleitfähigkeit des Mauersteins im trockenen Zustand bei einer Durchschnittstemperatur von 10 °C. Bei Vollmauersteinen ist $\lambda_{10,dry,unit}$ gleich $\lambda_{10,dry,mat}$, und bei gelochten und zusammengesetzten Mauersteinen entspricht $\lambda_{10,dry,unit}$ der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit	W/(m · K)
$\lambda_{design,mas}$	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks	W/(m · K)
$\lambda_{design,mor}$	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Mörtels	W/(m · K)
$\lambda_{design,unit}$	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Mauersteins	W/(m · K)
λ_i	gemessener oder berechneter Einzelwert der Wärmeleitfähigkeit	W/(m · K)
R_i	gemessener Einzelwert des Wärmedurchlasswiderstandes	m ² · K/W
$R_{dry,mas}$	Wärmedurchlasswiderstand des Mauerwerks	m ² · K/W
$R_{design,mas}$	Bemessungswärmedurchlasswiderstand des Mauerwerks	m ² · K/W
R_{si}, R_{se}	Innerer und äußerer Oberflächenwiderstand	m ² · K/W
$R_{t,mas}$	wahrer Wärmedurchlasswiderstand des Mauerwerks	m ² · K/W
a_{mor}	prozentuale Fläche der Mörtelfugen im gemessenen Mauerwerk	%
a_{unit}	prozentuale Fläche der Mauersteine im gemessenen Mauerwerk	%
d	Dicke des Mauerwerks	m
T	Temperatur	K
μ	Wasserdampfdiffusions-Widerstandszahl	
c_p	spezifische Wärmekapazität	J/(kg · K)
l	Länge eines Mauersteines	mm
w	Breite eines Mauersteines	mm
h_{unit}	Höhe eines Mauersteines	mm
h_{mor}	Dicke einer 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
$U_{10,dry,mas}$	Wärmedurchgangskoeffizient des Mauerwerks im trockenen Zustand	W/(m ² · K)
U_{mas}	Wärmedurchgangskoeffizient des Mauerwerks	W/(m ² · K)
U_{mor}	Wärmedurchgangskoeffizient des Mörtels	W/(m ² · K)
U_{unit}	Wärmedurchgangskoeffizient der Mauersteine	W/(m ² · K)
P	Quantil der Grundgesamtheit	%
$\rho_{g,dry}$	Brutto-Trockenrohddichte	kg/m ³
$\rho_{n,dry}$	Netto-Trockenrohddichte	kg/m ³
v	prozentualer Lochanteil	%

3.3 Indizes

10	durchschnittliche Prüftemperatur 10 °C
dry	Zustand nach dem Trocknen unter konventionellen Bedingungen nach den Angaben in den einschlägigen Normen
mas	Mauerwerk
mat	Material
mor	Mörtel
unit	Mauerstein

4 Verfahren zur Ermittlung des Wertes $\lambda_{10,dry,unit}$ für Vollmauersteine und des Wertes $\lambda_{10,dry,mor}$ für Mörtel

4.1 Allgemeines

Der für Vollmauersteine geltende Wert $\lambda_{10,dry,unit}$ und der für Mörtel geltende Wert $\lambda_{10,dry,mor}$ sind identisch mit den $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werten. Die $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werte von Vollmauersteinen und Mörteln können durch Prüfungen an Materialproben oder aus Tabellen oder Diagrammen, in denen $\lambda_{10,dry,mat}$ auf die Rohddichte bezogen ist, oder durch Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U_{mas}) des aus Mauersteinen und Mörtel hergestellten Mauerwerks bestimmt werden. In jedem Falle muss der $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert repräsentativ für das Material sein.

4.2 $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werte für Vollmauersteine und Mörtel

4.2.1 Modell S1: Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der tabellierten Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ -und der Netto-Trockenrohdichte

Tabellierte $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werte von verschiedenen Mauerwerksmaterialien sind im Anhang A angegeben, unterschieden nach Materialtyp und Trockenrohdichte. Dieser Anhang enthält auch Werte für die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl, die spezifische Wärmekapazität und den Feuchteumrechnungskoeffizienten.

Diese tabellierten Werte gelten für Materialien, deren Netto-Trockenrohdichte im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle überwacht wird, ohne dass direkt gemessene λ -Werte vorliegen. Die $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werte sind als 50 %- und 90 %-Quantile (P) angegeben.

4.2.2 Modell S2: Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der graphischen Darstellung der Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ -und der Netto-Trockenrohdichte

4.2.2.1 Allgemeines

Zur Bestimmung von $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werten aus einer Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert und Netto-Trockenrohdichte ist das folgende Verfahren anzuwenden:

4.2.2.2 Prüfkörper

Die Prüfkörper müssen den Anforderungen aus EN 12664 entsprechen. Es ist darauf zu achten, dass die Prüfkörper repräsentativ für das Mauerwerksprodukt selbst sind.

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

4.2.2.3 Probenvorbereitung

Üblicherweise 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 nach einem in Abschnitt 6 angegebenen Verfahren auf den Trockenzustand umzurechnen.

4.2.2.4 Prüfmessungen

Das Referenzprüfverfahren ist in EN 12664 angegeben. Die Messung ist bei einer mittleren Temperatur von 10°C durchzuführen.

Alternative Prüfverfahren für die anders beschaffene Probekörper und andere Probenvorbereitungsverfahren erforderlich sein können, dürfen angewendet werden, falls die Korrelation zwischen dem Referenzprüfverfahren und dem alternativen Verfahren angegeben werden kann.

4.2.2.5 Erstellung einer produktbezogenen Kurve für die Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ und Netto-Trockenrohdichte

Für dieses Bestimmungsverfahren sind drei Grundinformationen erforderlich:

- 1) die tabellierte Korrelation zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ und Netto-Trockenrohdichte für das betreffende Material (siehe Anhang A);
- 2) die Bandbreite der Netto-Trockenrohdichte des Produktes, die entweder aus der Produktionshistorie oder aus den in den einschlägigen Produktnormen angegebenen Netto-Trockenrohdichtetoleranzen abgeleitet werden kann;

- 3) mindestens drei Einzelprüfwerte für Netto-Trockenrohddichte und λ_i des Prüfmateri als, das repräsentativ für das jeweils produzierte Material sein muss. Die Messungen von Netto-Trockenrohddichte und λ sind an jeweils demselben Prüfkörper durchzuführen. Die drei Prüfungen müssen an Prüfkörpern aus unterschiedlichen Produktionschargen durchgeführt werden, um die Bandbreite der Netto-Trockenrohddichte des Produktes wiederzugeben. Diese drei Messungen werden zur Ermittlung des Abstandes der individuellen $\lambda_{10,dry,mat}$ /Netto-Trockenrohddichte-Kurve von der tabellierten $\lambda_{10,dry,mat}$ /Netto-Trockenrohddichte-Kurve für eine bestimmte Produktion verwendet.

Der gemessene λ_i -Wert ist wie in 4.2.2.1 bis 4.2.2.3 beschrieben zu ermitteln, und dann ist der arithmetische Mittelwert der 3 λ_i -Ergebnisse zu berechnen.

Die Netto-Trockenrohddichte jeder der drei Proben ist nach dem in EN 772-4 oder EN 772-13 oder EN 1015-10 vorgeschriebenen Verfahren zu messen, und dann ist der arithmetische Mittelwert der 3 Ergebnisse zu berechnen.

Danach ist das folgende Verfahren anzuwenden:

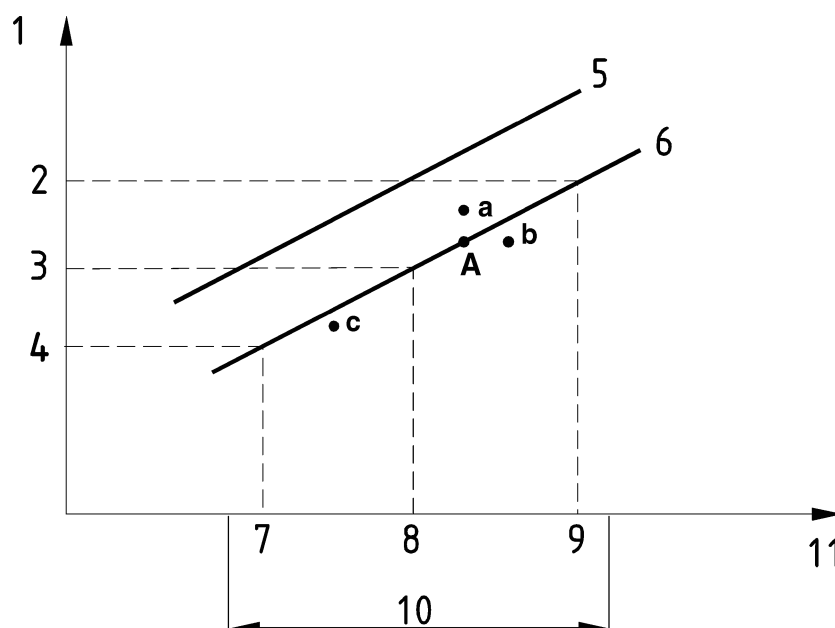
Durch den Punkt A, der die mittlere Wärmeleitfähigkeit und die mittlere Netto-Trockenrohddichte darstellt, ist eine λ /Netto-Trockenrohddichte-Kurve parallel zur allgemeinen $\lambda_{10,dry,mat}$ /Netto-Trockenrohddichte-Kurve zu zeichnen, die sich durch Auftragen der in Anhang A angegebenen tabellierten Werte für λ und die Netto-Trockenrohddichte des Produktes (Materials) ergibt.

Der mittlere λ -Wert des Produktes ist aus der durchschnittlichen Netto-Trockenrohddichte abzuleiten. Der obere und der untere Grenzwert sind als diejenigen Werte abzuleiten, die 90 % und 10 % des für das betrachtete Produkt geltenden Rohdichtebereichs mit einem Vertrauensbereich von 90 % nach EN ISO 10456 entsprechen.

Die für das Produkt geltende $\lambda_{10,dry,mat}$ /Netto-Trockenrohddichte-Kurve ist zur Ermittlung des auf die mittlere Netto-Trockenrohddichte bezogenen $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wertes zu verwenden, den zu erreichen sich der Hersteller sicher ist.

Die Werte von $\lambda_{10,dry,unit}$ für Vollmauersteine oder $\lambda_{10,dry,mor}$ für Mörtel sind als mittlerer $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert gemeinsam mit der Differenz zwischen Grenz- und Mittelwert anzugeben.

Bild 2 stellt dieses Verfahren graphisch dar.



Legende

- 1 $\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]
- 2 Oberer Grenzwert für λ
- 3 Mittelwert für λ
- 4 Unterer Grenzwert für λ
- 5 Kurve, die sich aus den tabellierten Werten (Anhang A) ergibt
- 6 Parallelverschobene Kurve durch den Punkt A (Mittelwert der Einzelwerte a, b, c)
- 7 10 % der Produktion des betrachteten Produktes
- 8 Mittlere Netto-Trockenrohdichte
- 9 90 % der Produktion des betrachteten Produktes
- 10 Bandbreite der Netto-Trockenrohdichte
- 11 Netto-Trockenrohdichte (kg/m³)

Bild 2 — Ableitung des $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wertes für das betrachtete Material

ANMERKUNG Für die werkseigene Produktionskontrolle darf die Wärmeleitfähigkeit indirekt über die Netto-Trockenrohdichte des Materials kontrolliert werden, siehe Anhang E.

4.2.3 Modell S3: Verfahren für die Ermittlung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U_{mas}) des aus Vollmauersteinen und Mörtel hergestellten Mauerwerks

Zur Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus Prüfmessungen des Wärmedurchgangskoeffizienten des aus Mauersteinen und Mörtel hergestellten Mauerwerks ist das Verfahren in 5.3.3 anzuwenden.

4.3 Prüfverfahren und die für die verschiedenen Modelle zu verwendenden Anzahlen an Prüfkörpern

Die nachstehende Tabelle enthält die Prüfverfahren und die für die verschiedenen Modelle zu verwendenden Anzahlen an Prüfkörpern.

Tabelle 1 — Prüfverfahren und Mindestanzahl der in den Prüfungen zu verwendenden Prüfkörper

Prüfverfahren	Mindestanzahl an Prüfkörpern
<i>Modell S1:</i> Materialrohddichte, EN 772-13 oder EN 1936 (Natursteine)	6
<i>Modell S2:</i> Materialrohddichte, EN 772-13 oder EN 1015-10 oder EN 1936 (Natursteine)	3
Wärmeleitfähigkeit, EN 12664	3
<i>Modell S3:</i> Brutto-Trockenrohddichte, EN 772-13, EN 1015-10 oder EN 1936 (Natursteine)	3 × 6
Wärmedurchgangskoeffizient, EN 1934	3

5 Verfahren zur Ermittlung der äquivalenten $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte für Mauerwerk aus gelochten und zusammengesetzten Mauersteinen

5.1 Allgemeines

Die wärmeschutztechnischen Eigenschaften von gelochten Mauersteinen können nicht ausschließlich aus dem $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert des Materials ermittelt werden, vielmehr haben darüber hinaus auch die Form und die Geometrie der Löcher im Stein einen großen Einfluss. Die Wärmeleitfähigkeit des Materials kann dabei aus Tabellen oder Messungen abgeleitet werden.

Die $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte von gelochten Mauersteinen können ermittelt werden aus:

- Tabellen;
- Berechnungen;
- Prüfmessungen an Mauerwerksproben.

Die $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte von zusammengesetzten Mauersteinen können ermittelt werden aus:

- Berechnungen;
- Messungen an Mauerwerksproben.

5.2 Berechnungsverfahren

Es sind verschiedene numerische Verfahren (z. B. das Verfahren der finiten Differenzen und das Finite-Elemente-Verfahren) für die Berechnung der wärmeschutztechnischen Eigenschaften von gelochten oder zusammengesetzten Mauersteinen in Gebrauch. Die Wärmeleitfähigkeiten der Materialien und die Ausführung der Mauersteine sind notwendige Eingangsparameter für derartige Berechnungen.

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

Das in EN ISO 6946 beschriebene Verfahren darf ebenfalls angewendet werden.

5.3 $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte von Mauersteinen

5.3.1 Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der tabellierten Beziehung von λ_{unit} zu λ_{mat}

5.3.1.1 Allgemeines

$\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte, die für Mauersteine mit unterschiedlichen Lochmustern verwendet werden, sind in Anhang B angegeben. Anhang C gibt ein Beispiel zur Anwendung von Anhang B an.

Anhang B enthält keine tabellierten Werte für zusammengesetzte Mauersteine.

ANMERKUNG Die darin aufgeführten Arten von Mauersteinen und deren Lochmuster sind als Beispiele für die üblicherweise am Markt erhältlichen Mauersteine gedacht. Ihr Ziel ist nicht, sämtliche der produzierten Mauersteingrößen oder -typen oder deren Lochmuster abzudecken.

5.3.1.2 Anwendung von Anhang B

Beispiele für $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte für gelochte Mauersteine sind in Anhang B angegeben; diese werden unterschieden nach:

- Material;
- Geometrie der Mauersteine und der Hohlräume;
- λ -Wert des Materials der Mauersteine.

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

5.3.1.3 Modell P1: Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts mit Hilfe von Anhang B unter Verwendung der gemessenen Wärmeleitfähigkeit des Mauersteinmaterials

Für die Bestimmung eines $\lambda_{10,dry,unit}$ -Wertes mit Hilfe von Anhang B unter Verwendung der gemessenen Wärmeleitfähigkeit des Mauersteinmaterials ist das folgende Verfahren anzuwenden:

Die für die betreffenden Mauersteine geltende Tabelle ist auszuwählen. Der $\lambda_{10,dry,unit}$ -Wert ist als der in dieser Tabelle für $\lambda_{10,dry,mat}$ angegebene Wert anzugeben, den zu erreichen sich der Hersteller sicher ist. Der $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert ist eine gemessene Wärmeleitfähigkeit des Mauersteinmaterials nach der Festlegung in 4.2.2.

5.3.1.4 Modell P2: Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts mit Hilfe von Anhang B unter Verwendung der in Anhang A angegebenen tabellierten Werte

Für die Bestimmung eines $\lambda_{10,dry,unit}$ -Wertes mit Hilfe von Anhang B unter Verwendung der in Anhang A angegebenen tabellierten Werte ist das folgende Verfahren anzuwenden:

Die für die betreffenden Mauersteine geltende Tabelle ist auszuwählen. Der $\lambda_{10,dry,unit}$ -Wert ist als der in dieser Tabelle für $\lambda_{10,dry,mat}$ angegebene Wert anzugeben, den zu erreichen sich der Hersteller sicher ist. Der $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert ist ein tabellierter Wert aus Anhang A.

5.3.2 Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts anhand von Berechnungen

5.3.2.1 Allgemeines

Für die Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts eines Mauersteins mit Hilfe von Berechnungsverfahren nach 5.2 ist das folgende Verfahren anzuwenden:

Anhand von:

- Geometrie der Mauersteine;
- Geometrie der geformten Hohlräume;
- $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert;
- Ausrichtung des Mauersteins im Mauerwerk

lässt sich ein numerisches Modell des Mauersteins erstellen und ein Näherungswert für den Wärmedurchgangskoeffizienten ermitteln.

Dieses Verfahren ist auch für zusammengesetzte Mauersteine geeignet, falls die Berechnung für jede Schicht einzeln vorgenommen wird.

5.3.2.2 Modell P3: Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts mit Hilfe der gemessenen Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerksmaterials

Der $\lambda_{10,dry,unit}$ -Wert ist als Ergebnis der Berechnung mit Hilfe des $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werts anzugeben, den zu erreichen sich der Hersteller sicher ist. Der $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert ist eine gemessene Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerksmaterials nach der Festlegung in 4.2.2.

5.3.2.3 Modell P4: Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts mit Hilfe der in Anhang A angegebenen tabellierten Werte

Der $\lambda_{10,dry,unit}$ -Wert ist als Ergebnis der Berechnung mit Hilfe des $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werts anzugeben, den zu erreichen sich der Hersteller sicher ist. Der $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert ist ein tabellierter Wert aus Anhang A.

5.3.3 Modell P5: Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts anhand der Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U_{mas}) von aus gelochten oder zusammengesetzten Mauersteinen und Mörtel hergestelltem Mauerwerk

5.3.3.1 Allgemeines

Für die Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts aus Prüfmessungen des Wärmedurchgangskoeffizienten von aus Mauersteinen und Mörtel hergestelltem Mauerwerk ist das folgende Verfahren anzuwenden:

5.3.3.2 Prüfverfahren

Es sind Proben aus drei verschiedenen Produktionschargen des betrachteten Produkts auszuwählen. Deren mittlere Brutto-Trockenrohdichte ist zu bestimmen.

Aus jeder dieser Produktionschargen ist je eine Wand zu errichten.

Der Wärmedurchgangskoeffizient jeder dieser Wände ist nach EN 1934 zu messen. Falls die gemessene Wand nicht trocken ist, muss der dafür erhaltene Messwert nach dem in Abschnitt 6 angegebenen Verfahren auf den trockenen Zustand umgerechnet werden.

5.3.3.3 Bestimmung des $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ -Werts

— Der $\lambda_{10,\text{dry,mas}}$ -Wert ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$\lambda_{10,\text{dry,mas}} = \frac{d}{\frac{1}{U_{10,\text{dry,mas}}} - R_{\text{si}} - R_{\text{se}}}$$

Dabei ist

$U_{10,\text{dry,mas}}$	der Wärmedurchgangskoeffizient des Mauerwerks im trockenen Zustand, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
$R_{\text{si}}, R_{\text{se}}$	der innere und äußere Oberflächenwiderstand nach EN ISO 6946, in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
d	die Dicke des Mauerwerks, in m;
$\lambda_{10,\text{dry,mas}}$	die Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks im trockenen Zustand, in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

— Der $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ -Wert ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$\lambda_{10,\text{dry,unit}} = \frac{100 \times \lambda_{10,\text{dry,mas}} - a_{\text{mor}} \times \lambda_{10,\text{dry,mor}}}{a_{\text{unit}}}$$

Dabei ist

a_{mor}	die prozentuale Fläche der Mörtelfugen im gemessenen Mauerwerk;
a_{unit}	die prozentuale Fläche der Mauersteine im gemessenen Mauerwerk;
$\lambda_{10,\text{dry,mor}}$	die Wärmeleitfähigkeit der tatsächlich vorhandenen Mörtelfuge;
$\lambda_{10,\text{dry,unit}}$	die Wärmeleitfähigkeit der Mauersteine.

In die Wärmeleitfähigkeit der Mörtelfugen müssen Mörteltaschen und Mörtelstreifen sowie die Verwendung von Dämmmaterial zwischen den Streifen einbezogen werden.

Falls die Mauersteine mit nicht verfüllten vertikalen Stoßfugen verwendet werden sollen, muss das zu prüfende Mauerwerk ebenfalls nicht verfüllte Fugen aufweisen, und in die $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ -Werte für die Mauersteine müssen die nach EN 6946 berechneten Auswirkungen der nicht verfüllten Fugen einbezogen werden.

Es ist der arithmetische Mittelwert unter Verwendung der 3 individuell berechneten $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ -Werte zu verwenden.

An den drei Proben, die jeder Charge von Mauersteinen und Mörtel entnommen wurden, ist unter Anwendung des in EN 772-4 oder EN 772-13 oder EN 1050-10 vorgeschriebenen Verfahrens die Brutto-Trockenrohichte zu messen, und es ist der arithmetische Mittelwert der 3 Ergebnisse zu berechnen.

Zu den in der einschlägigen Tabelle von Anhang B angegebenen $\lambda_{10,\text{dry,mat}}$ -Werten sind die entsprechenden Werte der Netto-Trockenrohichte aus Anhang A zu entnehmen. Anhand dieser Werte der Netto-Trockenrohichte sind die dazu gehörigen Werte der Brutto-Trockenrohichte nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$\rho_{\text{g,dry}} = \frac{100 - v}{100} \rho_{\text{n,dry}}$$

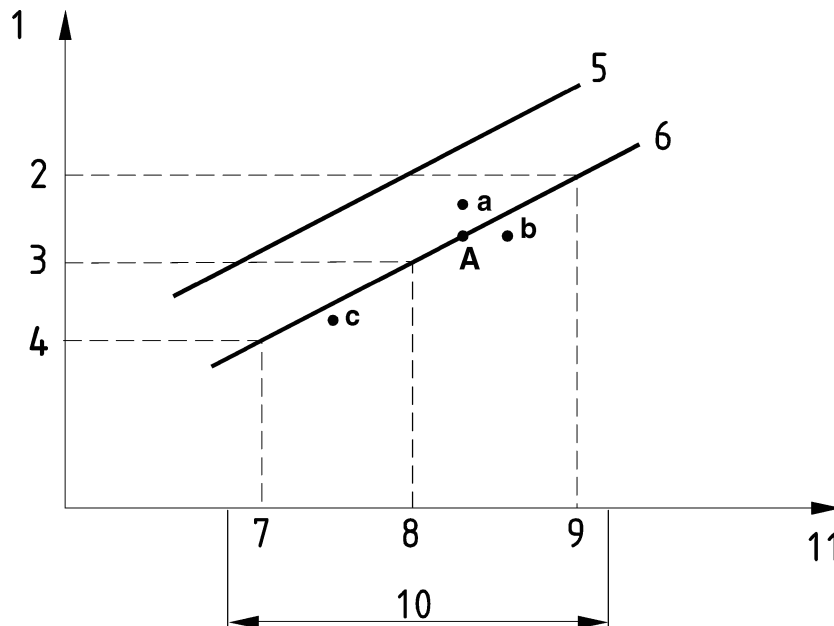
Dabei ist

$\rho_{\text{g,dry}}$	die Brutto-Trockenrohichte in kg/m^3 ;
$\rho_{\text{n,dry}}$	die Netto-Trockenrohichte in kg/m^3 ;
v	der aus der einschlägigen Tabelle in Anhang B entnommene prozentuale Lochanteil.

Durch den Punkt A, der die mittlere Wärmeleitfähigkeit und die mittlere Rohdichte darstellt, ist eine λ /Brutto-Trockenrohddichte-Kurve parallel zur allgemeinen $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ /Brutto-Trockenrohddichte-Kurve zu zeichnen, die sich durch Auftragen der in Anhang B angegebenen tabellierten Werte für $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ und die entsprechende rechnerische Brutto-Trockenrohddichte des Produkts ergibt.

Die für das Produkt geltende $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ /Brutto-Trockenrohddichte-Kurve ist zur Ermittlung des auf die mittlere Brutto-Trockenrohddichte bezogenen $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ -Wertes zu verwenden, den zu erreichen sich der Hersteller sicher ist.

Bild 3 stellt dieses Verfahren graphisch dar.



Legende

- 1 $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ [W/(m·K)]
- 2 Oberer Grenzwert für λ
- 3 Mittelwert für λ
- 4 Unterer Grenzwert für λ
- 5 Kurve, die sich aus den tabellierten Werten (Anhang A und Anhang B kombiniert) ergibt
- 6 Parallelverschobene Kurve durch den Punkt A (Mittelwert der Einzelwerte a, b, c)
- 7 10 % der Produktion des betrachteten Produktes
- 8 Mittlere Brutto-Trockenrohddichte
- 9 90 % der Produktion des betrachteten Produktes
- 10 Bandbreite der Rohddichte
- 11 Brutto-Trockenrohddichte (kg/m³)

Bild 3 — Ableitung des $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ -Wertes

ANMERKUNG Für die werkseigene Produktionskontrolle darf die Wärmeleitfähigkeit indirekt über die Brutto-Trockenrohddichte des Materials kontrolliert werden, siehe Anhang E.

5.4 Prüfverfahren und die für die verschiedenen Modelle zu verwendenden Anzahl an Proben

Die nachstehende Tabelle enthält die Prüfverfahren und die für die verschiedenen Modelle zu verwendenden Anzahlen an Proben.

Tabelle 2 — Prüfverfahren und Mindestanzahl der in den Prüfungen zu verwendenden Prüfkörper

Prüfverfahren	Mindestanzahl an Prüfkörpern
<i>Modell P1:</i>	
Materialrohddichte, EN 772-13	6
Wärmeleitfähigkeit, EN 12664	3
<i>Modell P2:</i>	
Materialrohddichte, EN 772-13	6
<i>Modell P3:</i>	
Materialrohddichte, EN 772-13	3
Wärmeleitfähigkeit, EN 12664	3
<i>Modell P4:</i>	
Materialrohddichte, EN 772-13	6
<i>Modell P5:</i>	
Brutto-Trockenrohddichte, EN 772-13 und EN 1015-10	3 × 6
Wärmedurchgangskoeffizient, EN ISO 1934	3

6 Feuchteumrechnung

Die Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit und den Wärmedurchlasswiderstand von Mauersteinen oder Mörtel können nach einem der folgenden 3 Verfahren ermittelt werden.

Anhand des $\lambda_{10,\text{dry}}$ -Wertes ist mit Hilfe des in Anhang A für jedes Material angegebenen Feuchteumrechnungskoeffizienten und des in den entsprechenden Tabellen von EN ISO 10456 angegebenen Bemessungsfeuchtegehalts oder des für bestimmte Materialien und Anwendungen auf nationaler Ebene angegebenen Bemessungsfeuchtegehalts der entsprechende λ_{design} -Wert zu berechnen.

Alternativ können die Feuchteumrechnungskoeffizienten und die Feuchteumrechnungsfaktoren auch aus Prüfungen abgeleitet werden, die bei verschiedenen in der Praxis auftretenden Feuchtegehalten durchgeführt wurden.

Verfahren 1 (für Materialien, Mörtel und Vollmauersteine):

$$\lambda_{\text{design}} = \lambda_{10,\text{dry}} \times F_{\text{m}} \text{ oder alternativ } R_{\text{design}} = \frac{R_{10,\text{dry}}}{F_{\text{m}}}$$

mit:

$$F_{\text{m}} = e^{f_{\text{u}} \times u_{\text{design}}} \text{ oder alternativ } F_{\text{m}} = e^{f_{\psi} \times \psi_{\text{design}}}$$

Dabei ist

- F_m der Feuchteumrechnungsfaktor [1];
 f_u der massebezogene Feuchteumrechnungskoeffizient kg/kg;
 u_{design} der massebezogene Bemessungsfeuchtegehalt kg/kg;
 f_ψ der volumenbezogene Feuchtekoeffizient m³/m³;
 ψ_{design} der volumenbezogene Bemessungsfeuchtegehalt m³/m³.

Verfahren 2 (für gelochte und zusammengesetzte Mauersteine):

Die Feuchteumrechnung ist für die Wärmeleitfähigkeit jedes der enthaltenen Materialien nach Verfahren 1 durchzuführen, gefolgt von einer Berechnung der Wärmeleitfähigkeit des Mauersteins nach 5.2.

Bei zusammengesetzten Mauersteinen und teilweise gefüllten gelochten Mauersteinen sind die Feuchteumrechnungsfaktoren jedes der verwendeten Materialien zu berücksichtigen.

Verfahren 3 (für gelochte Mauersteine):

Als Alternative zu Verfahren 2 kann ein Näherungsverfahren angewendet werden, bei dem der prozentuale Lochanteil berücksichtigt wird. Einzelheiten zu diesem Verfahren sind dem informativen Anhang F zu entnehmen.

7 Verfahren zur Bestimmung der Wärmeschutzrechenwerte ($R_{\text{design,mas}}$ oder $\lambda_{\text{design,mas}}$) für aus Mauersteinen und Mörtel errichtetes Mauerwerk

7.1 Allgemeines

Die Bemessungswerte für den Wärmedurchlasswiderstand oder die Wärmeleitfähigkeit von Mauerwerk können nach einem der folgenden Verfahren ermittelt werden.

Die Werte für $R_{\text{design,mas}}$ oder $\lambda_{\text{design,mas}}$ von aus Mauersteinen errichtetem Mauerwerk können durch Berechnungen, aus Tabellen oder anhand von Prüfungen ermittelt werden.

7.2 Bestimmung der Werte für $R_{\text{design,mas}}$ oder $\lambda_{\text{design,mas}}$ durch Berechnung

7.2.1 Bestimmung der Werte für $R_{\text{design,mas}}$ oder $\lambda_{\text{design,mas}}$ auf der Grundlage von λ_{design} -Werten für die Mauersteine und den Mörtel

Die Werte für $R_{\text{design,mas}}$ oder $\lambda_{\text{design,mas}}$ sind nach folgendem Verfahren zu ermitteln:

Die $\lambda_{\text{design,mas}}$ -Werte sind nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$\lambda_{\text{design,mas}} = a_{\text{mor}} \lambda_{\text{design,mor}} + a_{\text{unit}} \lambda_{\text{design,unit}}$$

Dabei ist

- a_{mor} die prozentuale Fläche der Mörtelfugen;
 a_{unit} die prozentuale Fläche der Mauersteine;
 $\lambda_{\text{design,mor}}$ die Bemessungswert der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Mörtelfuge;
 $\lambda_{\text{design,unit}}$ die Bemessungswärmeleitfähigkeit der Mauersteine.

Der Bemessungswert des Wärmedurchlasswiderstandes $R_{\text{design,mas}}$ ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$R_{\text{design,mas}} = \frac{d}{\lambda_{\text{design,mas}}}$$

Dabei ist

d die Dicke des Mauerwerks, in m.

7.2.2 Bestimmung der Werte für $R_{\text{design,mas}}$ oder $\lambda_{\text{design,mas}}$ durch ein numerisches Berechnungsverfahren auf der Grundlage des Bemessungswertes der Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Materialien

Es sind verschiedene numerische Verfahren (z. B. das Verfahren der finiten Differenzen und das Finite-Elemente-Verfahren) für die Berechnung der wärmeschutztechnischen Eigenschaften von Mauersteinen in Gebrauch. Die Wärmeleitfähigkeiten der Materialien als notwendige Eingangsparameter für derartige Berechnungen sind der λ_{design} -Wert für das verwendete Mauerwerksprodukt.

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

Das in EN ISO 6946 beschriebene Verfahren darf ebenfalls angewendet werden.

7.3 Bestimmung der Werte für $R_{\text{design,mas}}$ oder $\lambda_{\text{design,mas}}$ von aus gelochten oder zusammengesetzten Mauersteinen und Mörtel errichtetem Mauerwerk auf der Grundlage von tabellierten Werten

7.3.1 Tabellierte Werte

Äquivalente $\lambda_{10,\text{dry,unit}}$ -Werte für Mauerwerk, dass aus Mauersteinen mit unterschiedlichen Lochmustern verwendet werden, sind in Anhang B angegeben.

Anhang B enthält keine tabellierten Werte für zusammengesetzte Mauersteine.

ANMERKUNG Die darin aufgeführten Arten von Mauersteinen und deren Lochmuster sind als Beispiele für die üblicherweise am Markt erhältlichen Mauersteine gedacht. Ihr Ziel ist nicht, sämtliche der produzierten Mauersteingrößen oder -typen oder deren Lochverteilungsmuster abzudecken.

7.3.2 Anwendung von Anhang B

Beispiele für materialabhängige $\lambda_{10,\text{dry,mat}}$ -Werte für die Bestimmung der Werte für $R_{\text{dry,mas}}$ oder $\lambda_{10,\text{dry,mas}}$ von aus gelochten Mauersteinen errichtetem Mauerwerk sind in Anhang B angegeben; diese werden unterschieden nach:

- Material;
- Geometrie der Mauersteine und Geometrie der geformten Hohlräume;
- $\lambda_{10,\text{dry,mat}}$ -Wert des Materials der Mauersteine;
- $\lambda_{10,\text{dry,mor}}$ -Wert des Mörtels.

Die tabellierten Werte für $R_{\text{dry,mas}}$ oder $\lambda_{10,\text{dry,mas}}$ sollten unter Anwendung von Abschnitt 6 als Grundlage für die Berechnung etwaiger nationaler Bemessungswerte, die von den klimatischen Bedingungen und Anpassungen für die jeweilige Anwendung abhängen, verwendet werden.

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