

DIN EN 1745

ICS 91.080.30; 91.120.10

EntwurfEinsprüche bis 2019-08-07
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 1745:2012-07**Mauerwerk und Mauerwerksprodukte –
Verfahren zur Bestimmung von wärmeschutztechnischen Eigenschaften;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1745:2019**Masonry and masonry products –
Methods for determining thermal properties;
German and English version prEN 1745:2019Maçonnerie et éléments de maçonnerie –
Méthodes pour la détermination des propriétés thermiques;
Version allemande et anglaise prEN 1745:2019**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-06-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 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 185 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1745:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 125 „Mauerwerk“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-06-01 AA „Mauerwerksbau (SpA zu CEN/TC 125, CEN/TC 125/WG 7, CEN/TC 125/WG 8, CEN/TC 250/SC 6 und ISO/TC 179)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1745:2012-07 wurden folgenden Änderungen vorgenommen:

- a) Bild 1 wurde durch Tabelle 1 ersetzt;
- b) editorielle Verbesserungen;
- c) Änderungen in Definition 3.1.5;
- d) Berichtigung eines Begriffs in Anhang A;
- e) Änderung einer Spaltenüberschrift in Anhang A;
- f) Ergänzung von Anhang G.

Mauerwerk und Mauerwerksprodukte — Verfahren zur Bestimmung von wärmeschutztechnischen Eigenschaften

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

Masonry and masonry products — Methods for determining thermal properties

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Begriffe und Symbole	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Symbole	10
4 Ermittlung des Wertes $\lambda_{10,dry,unit}$ für Vollmauersteine und des Wertes $\lambda_{10,dry,mor}$ für Mörtel	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werte für Vollmauersteine und Mörtel	12
4.2.1 Prüfverfahren S1. Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der tabellierten Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ -und der Netto-Trockenrohdichte	12
4.2.2 Prüfverfahren S2. Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der graphischen Darstellung der Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ -und der Netto-Trockenrohdichte	12
4.2.3 Prüfverfahren S3. Ermittlung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U_{mas}) des aus Vollmauersteinen und Mörtel hergestellten Mauerwerks.....	14
4.3 Prüfverfahren und die zu verwendenden Anzahlen an Prüfkörpern	16
5 Ermittlung der äquivalenten $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte für Mauerwerk aus gelochten und zusammengesetzten Mauersteinen.....	16
5.1 Allgemeines	16
5.2 Berechnungsverfahren	17
5.3 $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte von Mauerwerken aus gelochten und zusammengesetzten Mauersteinen.....	17
5.3.1 Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der tabellierten Beziehung von λ_{unit} zu λ_{mat}	17
5.3.2 Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts anhand von Berechnungen	18
5.3.3 Prüfverfahren P5. Bestimmung der $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte anhand der Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U_{mas}) von aus gelochten oder zusammengesetzten Mauersteinen und Mörtel hergestelltem Mauerwerk.....	19
5.4 Prüfverfahren und die zu verwendenden Anzahlen an Prüfkörpern	21
6 Feuchteumrechnung	22
7 Bestimmung der Wärmeschutzrechenwerte ($R_{design,mas}$ oder $\lambda_{design,mas}$) für aus Mauersteinen und Mörtel errichtetes Mauerwerk	23
7.1 Allgemeines	23
7.2 Bestimmung der Werte für $R_{design,mas}$ oder $\lambda_{design,mas}$ durch Berechnung	24
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	24

7.2.2	Bestimmung der Werte für $R_{design,mas}$ oder $\lambda_{design,mas}$ durch ein numerisches Berechnungsverfahren auf der Grundlage des Bemessungswertes der Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Materialien	24
7.3	Bestimmung der Werte für $R_{design,mas}$ oder $\lambda_{design,mas}$ von aus gelochten Mauersteinen und Mörtel errichtetem Mauerwerk auf der Grundlage von tabellierten Werten	24
7.3.1	Tabellierte Werte	24
7.3.2	Anwendung von Anhang B	25
7.3.3	Alternative Anwendung von Anhang B	25
7.4	Verfahren S4/P6 $R_{design,mas}$ - oder $\lambda_{design,mas}$ -Werte von Mauerwerk, die auf einer Prüfung des Mauerwerks basieren.....	27
8	Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Mauerwerk	27
9	Spezifische Wärmekapazität	27
10	Rundungsregeln der λ -Werte für Mauersteine und Mauerwerk	27
Anhang A (normativ)	Tabellierte $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werte von Materialien, die für Mauerwerksprodukte verwendet werden	28
Anhang B (informativ)	Werte für $R_{dry,mas}$ oder $\lambda_{10,dry,mas}$ von aus verschiedenen gelochten Mauersteinen errichtetem Mauerwerk.....	36
Anhang C (informativ)	Beispiel für die Anwendung der Tabellen in Anhang B	71
Anhang D (normativ)	Anforderungen an geeignete Berechnungsverfahren	73
D.1	Programmeigenschaften	73
D.2	Eingabedaten und Ergebnisse	73
D.3	Überprüfung der Programmgenauigkeit.....	74
D.4	Referenzfälle.....	74
D.4.1	Fall 1: Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes R und der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,dry,unit}$ eines Mauersteins (Hochlochstein)	74
D.4.2	Fall 2: Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes $R_{dry,mas}$ von Mauerwerk aus Hochloch-Mauersteinen mit Innen- und Außenputz	76
D.4.2	FALL 3: Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes R_t von Mauerwerk, das aus Mauersteinen, horizontalen Mörtelschichten, vertikalen Mörtelnestern und einer zusätzlichen äußeren Dämmschicht besteht.....	78
Anhang E (informativ)	Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit	82
Anhang F (informativ)	Alternatives Verfahren für die Feuchteberichtigung in Bezug auf gelochte Mauersteine	84
Anhang G (informativ)	Vereinfachte Verfahrensweise für die Bestimmung des Bemessungsfeuchtegehalts von zusammengesetzten Mauerstein	85

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1745:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 125 „Mauerwerk“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 1745:2012 ersetzen.

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

Die wesentlichen technischen Änderungen im Vergleich zur vorherigen Ausgabe sind:

- Bild 1 wurde durch Tabelle 1 ersetzt;
- editorielle Verbesserungen;
- Änderungen in Definition 3.1.5;
- Berichtigung eines Begriffs in Anhang A;
- Änderung einer Spaltenüberschrift in Anhang A;
- Ergänzung von Anhang G.

Einleitung

Diese Europäische Norm legt Verfahren für die Ermittlung von Trocken- und Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit und des Wärmedurchlasswiderstandes sowohl von Mauerwerksprodukten als auch von Mauerwerk fest.

Diese Europäische Norm berücksichtigt die folgenden Typen von Mauersteinen:

- Vollmauersteine;
- gelochte Mauersteine;
- zusammengesetzte Mauersteine.

Es werden Verfahren für die Ermittlung des Trockenwertes der Wärmeleitfähigkeit von Vollmauersteinen ($\lambda_{10,dry,unit}$) und von Mörtel ($\lambda_{10,dry,mor}$) sowie für die Ermittlung des äquivalenten Trockenwertes der Wärmeleitfähigkeit von gelochten Mauersteinen und zusammengesetzten Mauersteinen ($\lambda_{10,dry,unit}$) beschrieben. Auch Verfahren zur Ermittlung von Wärmeschutzrechenwerten von Mauersteinen und Mauerwerk werden beschrieben. Die verschiedenen Verfahren sind in Tabelle 1 dargestellt.

Der Trockenwert ist ein Kennwert des Mauerwerksmaterials, des Mauersteins oder des Mauerwerks.

Die Ermittlung von Wärmeschutzwerten kann auf tabellierten Werten, Messungen, Berechnungen oder einer Kombination derselben basieren.

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.

Tabelle 1 — Ermittlung der wärmeschutztechnischen Eigenschaften von Mauersteinen und Mauerwerk

Überblick über Verfahren zur Ermittlung von $\lambda_{10,dry,unit}$

Verfahren (Abschnitt)	Mauersteine	Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ ^{a,b}	Erforderliche Parameter
S1 (4.2.1)	Vollmauersteine	mit Hilfe des tabellierten Werts aus Anhang A für die Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ und der Netto-Trockenrohdichte	Netto-Trockenrohdichte des Mauersteins/Materials ^a
S2 (4.2.2)	Vollmauersteine	auf der Grundlage der Ermittlung des Trockenwerts der Wärmeleitfähigkeit durch Messung und der Kurve des Mauersteinmaterials / der Trockenrohdichte	Netto-Trockenrohdichte und Wärmeleitfähigkeit des Mauersteins/Materials ^a
S3 (4.2.3)	Vollmauersteine	auf der Grundlage des Wärmedurchgangskoeffizienten (U_{mas}) des Mauerwerks, welcher anschließend an den Einfluss des Mörtels angepasst wird	Netto-Trockenrohdichte und prozentuale Fläche der Mauersteine; Wärmeleitfähigkeit und prozentuale Fläche des Mörtels
P1 (5.3.1.3)	Gelochte Mauersteine	auf der Grundlage der Ermittlung des Trockenwerts der Wärmeleitfähigkeit des Mauersteinmaterials, dann unter Verwendung von Anhang B	Netto-Trockenrohdichte und Wärmeleitfähigkeit des Mauersteins/Materials und Ausführung der Mauersteine
P2 (5.3.1.4)	Gelochte Mauersteine	unter Verwendung tabellierter Werte aus Anhang A, dann unter Verwendung von Anhang B	Netto-Trockenrohdichte des Mauersteins/Materials und Ausführung der Mauersteine
P3 (5.3.2.2)	Gelochte und zusammengesetzte Mauersteine	durch Berechnung nach 5.2 unter Verwendung des Trockenwerts der Wärmeleitfähigkeit durch Messung des Mauersteinmaterials und jedweder Füllung	Netto-Trockenrohdichte und Wärmeleitfähigkeit des Mauersteins/ Füllmaterials und Ausführung der Mauersteine
P4 (5.3.2.3)	Gelochte und zusammengesetzte Mauersteine	durch Berechnung nach 5.2 unter Verwendung der tabellierten Wärmeleitfähigkeit des Mauersteinmaterials aus Anhang A und der Wärmeleitfähigkeit jedweden Füllmaterials	Netto-Trockenrohdichte und Wärmeleitfähigkeit des Mauersteins/ Füllmaterials und Ausführung der Mauersteine
P5 (5.3.3)	Gelochte und zusammengesetzte Mauersteine	auf der Grundlage des Wärmedurchgangskoeffizienten (U_{mas}) des Mauerwerks, welcher anschließend an den Einfluss des Mörtels angepasst wird	Brutto-Trockenrohdichte und prozentuale Fläche der Mauersteine, Wärmeleitfähigkeit und prozentuale Fläche des Mörtels
^a Die Verfahren S1 und S2 sind auch für die Bestimmung von $\lambda_{10,dry,mor}$ anwendbar.			
^b Sofern erforderlich, Feuchteberichtigung nach Abschnitt 6.			

Überblick über Verfahren zur Bestimmung von $\lambda_{design,unit}^a$ und $\lambda_{design,mas}^b$

$\lambda_{design}^{a,b}$ (Abschnitt)	Mauersteine	Bestimmung von $\lambda_{design,unit}^a$ / $\lambda_{design,mas}^b$	Erforderliche Parameter
$\lambda_{design,unit}$ (6)	Vollmauersteine, gelocht und zusammen- gesetzt	durch Anwendung der Feuchteberichtigung nach Abschnitt 6 auf $\lambda_{10,dry,unit}$	Wärmeleitfähigkeit in trockenem Zustand und Umrechnungsfaktor für den Feuchtegehalt des Mauersteins
$\lambda_{design,mas}$ (7.2.1)	Vollmauersteine, gelocht und zusammen- gesetzt	unter Verwendung einer vereinfachten Berechnung auf der Grundlage von $\lambda_{design,unit}$ und $\lambda_{design,mor}$	Bemessungswärmeleit- fähigkeit des Mauersteins und Mörtels sowie die prozentuale Fläche der Mörtelfugen
$\lambda_{design,mas}$ (7.2.2)	Vollmauersteine, gelocht und zusammen- gesetzt	durch numerische Berechnung auf der Grundlage von $\lambda_{design,mat}$	Bemessungswärmeleit- fähigkeit der Materialien und Ausführung
$\lambda_{design,mas}$ (7.3)	gelocht	unter Verwendung von Anhang B und Anwendung der Berichtigung nach Abschnitt 6	Netto-Trockenrohdichte und Wärmeleitfähigkeit des Mauersteins/Materials und entsprechender Umrechnungsfaktor für den Feuchtegehalt
S4/P6 $\lambda_{design,mas}$ (7.4)	Vollmauersteine, gelocht und zusammen- gesetzt	durch Anwendung der Feuchteberichtigung nach Abschnitt 6 auf den Wärmedurchgangskoeffizienten (U_{mas}) des Mauerwerks	Wärmedurchgangskoeffi- zient des Mauerwerks und Umrechnungsfaktor für den Feuchtegehalt
^a Oder, alternativ, der Bemessungswärmedurchlasswiderstand des Mauersteins $R_{design,unit}$ ^b Oder, alternativ, der Bemessungswärmedurchlasswiderstand des Mauerwerks $R_{design,mas}$			

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Verfahren zur Ermittlung der wärmeschutztechnischen Eigenschaften von Mauerwerk und Mauerwerksprodukten fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 772-3, *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-Trockenrohichte 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 Trockenrohichte 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 12667, *Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät — Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand*

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

EN ISO 7345, *Wärmeverhalten von Gebäuden und Baustoffen — Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345)*

EN ISO 10211, *Wärmebrücken im Hochbau — Wärmeströme und Oberflächentemperaturen — Detaillierte Berechnungen (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 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>.
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

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 zusätzlichem Material zusammengesetzt ist

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 einer Mauersteinmaterials und/oder Füllmaterials 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	einzelne bestimmte 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
a_{mor}	prozentuale Fläche der Mörtelfugen im gemessenen Mauerwerk	%

Symbol	Größe	Einheit
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	%

4 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 Rohdichte 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.

ANMERKUNG Die Grundlage für die Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts, des $\lambda_{10,dry,mor}$ -Werts und des $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werts mit einem Quantil X und einem Vertrauensbereich Y bildet die entsprechende Brutto-Trockenrohddichte oder Netto-Trockenrohddichte und die Ausführung.

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

4.2.1 Prüfverfahren S1. Bestimmung von $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werten aus der tabellierten Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ -und der Netto-Trockenrohddichte

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

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

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

4.2.2.1 Allgemeines

Zur Bestimmung von $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werten aus einer Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert und Netto-Trockenrohddichte 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 ± 2) °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-Trockenrohdichte und λ_i des Prüfmateri als, das repräsentativ für das jeweils produzierte Material sein muss. Die Messungen von Netto-Trockenrohdichte und λ sind an jeweils demselben Prüfkörper durchzuführen. Die drei Prüfungen müssen an Prüfkörpern aus unterschiedlichen Produktionschargen durchgeführt werden, um die Bandbreite der Netto-Trockenrohdichte des Produktes wiederzugeben. Diese drei Messungen werden zur Ermittlung des Abstandes der individuellen $\lambda_{10,dry,mat}$ /Netto-Trockenrohdichte-Kurve von der tabellierten $\lambda_{10,dry,mat}$ /Netto-Trockenrohdichte-Kurve für eine bestimmte Produktion verwendet.

Der λ_T -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_T -Ergebnisse zu berechnen.

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

Danach ist das folgende Verfahren anzuwenden:

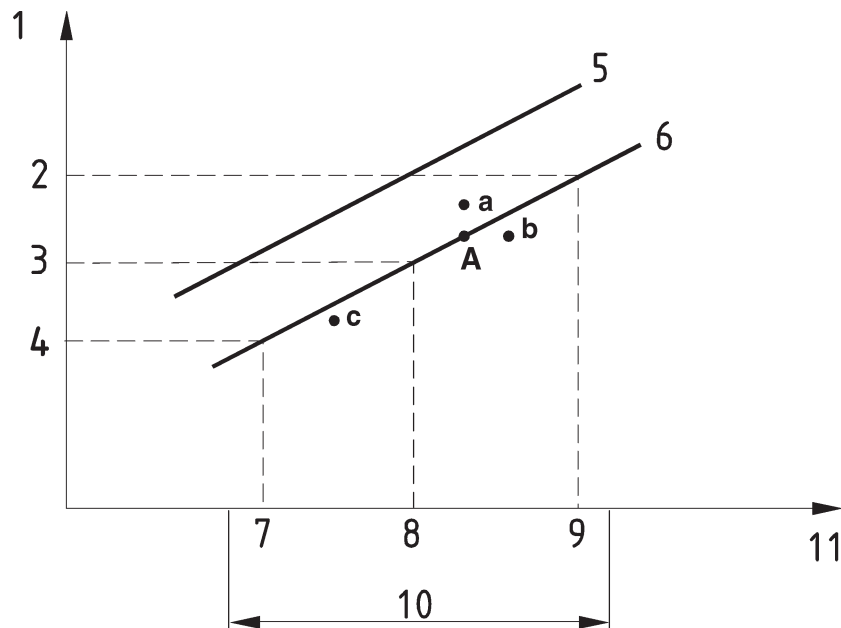
Durch den Punkt A, der die mittlere Wärmeleitfähigkeit und die mittlere Netto-Trockenrohdichte darstellt, ist eine λ -/Netto-Trockenrohdichte-Kurve parallel zur allgemeinen $\lambda_{10,dry,mat}$ /Netto-Trockenrohdichte-Kurve zu zeichnen, die sich durch Auftragen der in Anhang A angegebenen tabellierten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

Der mittlere λ -Wert des Produktes ist aus der durchschnittlichen Netto-Trockenrohdichte 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-Trockenrohdichte-Kurve ist zur Ermittlung des auf die mittlere Netto-Trockenrohdichte 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 1 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 1 — Ableitung des $\lambda_{10, dry, mat}$ -Wertes für das betrachtete Material

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

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

4.2.3.1 Allgemeines

Für die Bestimmung eines $\lambda_{10, dry, unit}$ -Werts auf der Grundlage von Prüfmessungen des Wärmedurchgangskoeffizienten von aus Vollmauersteinen und Mörtel hergestelltem Mauerwerk ist das folgende Verfahren anzuwenden.

4.2.3.2 Prüfverfahren

- Es sind Proben aus drei verschiedenen Produktionschargen des betrachteten Produkts auszuwählen. Deren mittlere Netto-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.

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

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

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

Dabei ist

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

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

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

Dabei ist

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

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

Die Wärmeleitfähigkeit des Mörtels darf entsprechend dem in Abschnitt 4 beschriebenen Verfahren S1 von tabellierten Werten, Messwerten nach Verfahren S2 oder von einer Leistungserklärung abgeleitet 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 $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte für die Mauersteine müssen die nach EN ISO 6946 berechneten Auswirkungen der nicht verfüllten Fugen einbezogen werden.

Es ist der arithmetische Mittelwert unter Verwendung der 3 individuell berechneten $\lambda_{10,dry,unit}$ -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 1015-10 vorgeschriebenen Verfahrens die Netto-Trockenrohdichte zu messen, und es ist der arithmetische Mittelwert der 3 Ergebnisse zu berechnen.

ANMERKUNG Die Dichte des Mörtels kann dazu verwendet werden, einen tabellierten $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert zu ermitteln.

Nach Ermittlung eines mittleren $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts und der mittleren Netto-Trockenrohddichte des Vollmauersteins ist das Verfahren nach 4.2.2.5 zur Erstellung einer produktbezogenen Kurve für die Beziehung zwischen $\lambda_{10,dry,unit}$ und Netto-Trockenrohddichte anzuwenden.

Es ist das Verfahren nach 4.2.2.5 anzuwenden, wobei angenommen wird, dass der mittlere $\lambda_{10,dry,unit}$ -Wert von den vorstehend erwähnten Prüfungen nach 4.2.3.2 abgeleitet wurde, und die nachfolgende Berechnung dem Mittelwert entspricht, der von dem arithmetischen Mittelwert der 3 λ_i -Ergebnisse abgeleitet wurde. Die entsprechenden Werte für die Netto-Trockenrohddichte, die für den Erhalt der Kurve zu verwenden sind, entsprechen jenen Werten, die aus drei Prüfstücken gewonnen wurden, die, wie zuvor beschrieben, aus jeder Mauersteincharge entnommen wurden. Die in Bild 1 dargestellte Kurve 5 entspricht immer noch der Korrelation zwischen $\lambda_{10,dry,mat}$ und Netto-Trockenrohddichte des Mauersteinmaterials (siehe Anhang A).

4.3 Prüfverfahren und die zu verwendenden Anzahlen an Prüfkörpern

Tabelle 2 enthält Prüfverfahren und die zu verwendenden Anzahlen an Prüfkörpern.

Tabelle 2 — Prüfverfahren und Mindestanzahl der Prüfkörper

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

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

5.1 Allgemeines

Die wärmeschutztechnischen Eigenschaften von solchen Mauersteinen werden durch die Form und die Geometrie der Löcher und jedweden Materials in den Löchern beeinflusst.

Die $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte von gelochten Mauersteinen können ermittelt werden aus (Tabelle 1):

- Tabellen;
- Berechnungen;
- Prüfmessungen an Mauerwerksproben.

Die $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte von zusammengesetzten Mauersteinen können ermittelt werden aus (Tabelle 1):

- Berechnungen;
- Prüfmessungen an Mauerwerksproben.

Der $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert von jedem Material muss nach EN ISO 10456, EN 12664, EN 12667 von der Leistungserklärung sämtlicher Füllmaterialien bzw. des Mörtels oder von Anhang A abgeleitet werden.

ANMERKUNG Die Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts, des $\lambda_{10,dry,mor}$ -Werts oder des $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werts mit einem Quantil X und einem Vertrauensbereich Y basiert auf der entsprechenden Brutto- oder Netto-Trockenrohdichte sowie der Ausführung.

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 vereinfachte Verfahren darf ebenfalls angewendet werden.

5.3 $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte von Mauerwerken aus gelochten und zusammengesetzten 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 geformten 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 Prüfverfahren 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 basiert auf einer Wärmeleitfähigkeit des Mauersteinmaterials nach der Festlegung in 4.2.2.

5.3.1.4 Prüfverfahren 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:

- der Geometrie der Mauersteine;
- der Geometrie der geformten Hohlräume;
- der $\lambda_{10,dry,mat}$ -Werte; der Ausführung des verwendeten Mauersteins

lässt sich eine numerische Simulation des Mauersteins erstellen und ein Näherungswert für den Wärmedurchgangskoeffizienten ermitteln. Sämtliche Berechnungsverfahren müssen Anhang D entsprechen.

5.3.2.2 Prüfverfahren P3. Bestimmung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts mit Hilfe der gemessenen Wärmeleitfähigkeit der Mauerwerksmaterialien

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 für Mauerstein und Füllmaterial sicher ist. Der $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert wird nach der Festlegung in 4.2.2.2, 4.2.2.3 und 4.2.2.4 bestimmt.

5.3.2.3 Prüfverfahren 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 für Mauerstein und Füllmaterial sicher ist. Der $\lambda_{10,dry,mat}$ -Wert entspricht tabellierten Werten aus Anhang A.

5.3.3 Prüfverfahren P5. Bestimmung der $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte 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 eines $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts auf der Grundlage von 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 $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts

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

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

Dabei ist

$U_{10,dry,mas}$ der Wärmedurchgangskoeffizient des Mauerwerks im trockenen Zustand, in W/m^2K ;

R_{si} , R_{se} der innere und äußere Oberflächenwiderstand nach EN ISO 6946, in $m^2 \cdot K/W$;

d die Dicke des Mauerwerks, in m;

$\lambda_{10,dry,mas}$ die Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks im trockenen Zustand, in $W/(m \cdot K)$.

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

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

Dabei ist

a_{mor} die prozentuale Fläche der Mörtelfugen im gemessenen Mauerwerk;

a_{unit} die prozentuale Fläche der Mauersteine im gemessenen Mauerwerk;

$\lambda_{10,dry,mor}$ die Wärmeleitfähigkeit der tatsächlich vorhandenen Mörtelfuge;

$\lambda_{10,dry,unit}$ 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 $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werte für die Mauersteine müssen die nach EN ISO 6946 berechneten Auswirkungen der nicht verfüllten Fugen einbezogen werden.

Es ist der arithmetische Mittelwert unter Verwendung der 3 individuell berechneten $\lambda_{10,dry,unit}$ -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 1015-10 vorgeschriebenen Verfahrens die Brutto-Trockenrohdichte zu messen, und es ist der arithmetische Mittelwert der 3 Ergebnisse zu berechnen.

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

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

Dabei ist

$\rho_{g,dry}$ die Brutto-Trockenrohdichte in kg/m³;

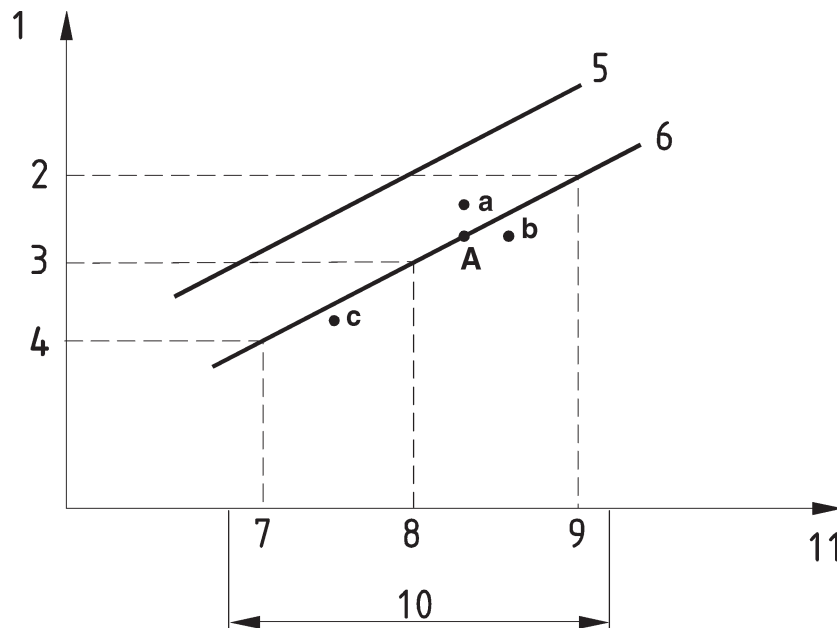
$\rho_{n,dry}$ die Netto-Trockenrohdichte in kg/m³;

v der aus der einschlägigen Tabelle in Anhang B entnommene prozentuale Lochanteil.

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

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

Bild 2 stellt dieses Verfahren graphisch dar.



Legende

- 1 $\lambda_{10,dry,unit}$ (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-Trockenrohdichte
- 9 90 % der Produktion des betrachteten Produktes
- 10 Bandbreite der Netto-Trockenrohdichte
- 11 Brutto-Trockenrohdichte (kg/m³)

Bild 2 — Ableitung des $\lambda_{10,dry,unit}$ -Werts

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

Wenn für das gelochte Produkt in Anhang B keine anwendbaren tabellierten Werte vorliegen, ist alternativ eine statistische Prüfung der funktionalen Beziehung zwischen Dichte und Wärmeleitfähigkeit der Mauersteine zulässig.

5.4 Prüfverfahren und die zu verwendenden Anzahlen an Prüfkörpern

Die nachstehende Tabelle 3 enthält die Prüfverfahren und die für die verschiedenen Verfahren zu verwendenden Anzahlen an Prüfkörpern.

Tabelle 3 — Prüfverfahren und Mindestanzahl der in den Prüfungen zu verwendenden Prüfkörper

Prüfverfahren	Mindestanzahl an Prüfkörpern
<i>Verfahren P1:</i>	
Materialrohddichte, EN 772-13	3 × 6
Wärmeleitfähigkeit, EN 12664	3
<i>Verfahren P2:</i>	
Materialrohddichte, EN 772-13	6
<i>Verfahren P3:</i>	
Materialrohddichte, EN 772-13	3 × 6
Wärmeleitfähigkeit, EN 12664	3
Wärmeleitfähigkeit, EN 12667	3
<i>Verfahren P4:</i>	
Materialrohddichte, EN 772-13	6
Wärmeleitfähigkeit für Füllung	3 oder nach einschlägiger Produktnorm
<i>Verfahren P5:</i>	
Brutto-Trockenrohddichte, EN 772-13 und EN 1015-10	3 × 6
Wärmedurchgangskoeffizient, EN 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 $\lambda_{10,dry}$ -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.

ANMERKUNG Beispiele praktischer Bedingungen sind der trockenere Zustand, 23 °C/80 %, 23 °C/50 %.

Verfahren A (für Materialien, Mörtel, Vollmauersteine und Mauerwerk):

$$\lambda_{design} = \lambda_{10,dry} \times F_m$$

oder alternativ

$$R_{design} = \frac{R_{10,dry}}{F_m}$$

mit

$$F_m = e^{f_u \times u_{design}}$$

oder alternativ

$$F_m = e^{f_\psi \times \psi_{design}}$$

Dabei ist

F_m der Feuchteumrechnungsfaktor;

f_u der massebezogene Feuchtekoeffizient, in kg/kg;

u_{design} der massebezogene Bemessungsfeuchtegehalt, in kg/kg;

f_ψ der volumenbezogene Feuchtekoeffizient, in m³/m³;

ψ_{design} der volumenbezogene Bemessungsfeuchtegehalt, in m³/m³.

Verfahren B (für gelochte Mauersteine):

Die Feuchteumrechnung ist für die Wärmeleitfähigkeit nach Verfahren A durchzuführen, gefolgt von einer Berechnung der Wärmeleitfähigkeit des Mauersteins nach 5.2.

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

Verfahren C (für zusammengesetzte Mauersteine):

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

Bei zusammengesetzten Mauersteinen sind die Feuchteumrechnungsfaktoren jedes der verwendeten Materialien zu berücksichtigen.

Für Mauerwerksprüfkörper, die aus zusammengesetzten Mauersteinen bestehen, und in trockenem Zustand nach EN 1934 durch das Heizkastenverfahren geprüft werden, darf das Berechnungsverfahren in Anhang G angewandt werden.

7 Bestimmung der Wärmeschutzrechenwerte ($R_{design,mas}$ oder $\lambda_{design,mas}$) 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 $R_{design,mas}$ oder $\lambda_{design,mas}$ von aus Mauersteinen errichtetem Mauerwerk können durch Berechnungen, aus Tabellen oder anhand von Prüfungen ermittelt werden.

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

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

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

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

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

Dabei ist

a_{mor} die prozentuale Fläche der Mörtelfugen;

a_{unit} die prozentuale Fläche der Mauersteine;

$\lambda_{design,mor}$ die Bemessungswert der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Mörtelfuge;

$\lambda_{design,unit}$ die Bemessungswärmeleitfähigkeit der Mauersteine.

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

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

Dabei ist

d die Dicke des Mauerwerks, in m.

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

7.3.1 Tabellierte Werte

Äquivalente $\lambda_{10,dry,mas}$ -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 Lochmuster abzudecken.

7.3.2 Anwendung von Anhang B

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

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

Die tabellierten Werte für $R_{dry,mas}$ oder $\lambda_{10,dry,mas}$ 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.

7.3.3 Alternative Anwendung von Anhang B

Die tabellierten Werte wurden unter Annahme einer bestimmten Höhe und Länge der Mauersteine sowie einer bestimmten Dicke der horizontalen Mörtelfugen berechnet und unter der Voraussetzung, dass die vertikalen Fugen keinen Mörtel enthalten (die „Grundmaße“ sind für alle Geometrieklassen abgegeben). Für aus Mauersteinen unterschiedlicher Höhe errichtetes Mauerwerk kann der Einfluss der Mörtelfugen wie folgt berücksichtigt werden. Dasselbe Verfahren kann auch für die Ermittlung von Werten für Mauerwerk mit vertikalen Mörtelfugen verwendet werden, für das keine eigenen Werte angegeben sind. Diese Verfahren sind für alle erhältlichen Mauersteine geeignet.

Der U_{mas} -Wert des Mauerwerks ist anhand des in der Tabelle angegebenen λ_{mas} -Wertes des Mauerwerks nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$U_{mas} = \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda_{mas}} + R_{se}}$$

Dabei ist

- U_{mas} der Wärmedurchgangskoeffizient des Mauerwerks, in $W/(m^2 \cdot K)$;
- R_{si} , R_{se} der innere und äußere Oberflächenwiderstand nach EN ISO 6946, in $m^2 \cdot K/W$;
- d die Dicke des Mauerwerks, in m;
- λ_{mas} der tabellierte Wert der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks, in $W/(m \cdot K)$.

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

$$U_{unit} = \frac{U_{mas} \times h - U_{mor} \times h_{mor}}{h_{unit}}$$

Dabei ist

h_{unit} die Mauersteinhöhe, die der Berechnung des tabellierten Wertes zugrundeliegt, in mm;

h_{mor} die Mörtelfugenhöhe, die der Berechnung des tabellierten Wertes zugrundeliegt, in mm;

$h = h_{unit} + h_{mor}$ in mm;

U_{unit} der Wärmedurchgangskoeffizient der Mauersteine ohne Mörtel einfluss, in $W/(m^2K)$;

U_{mor} der Wärmedurchgangskoeffizient der Mörtelfuge, in $W/(m^2K)$, gegeben durch:

$$U_{mor} = \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda_{mor}} + R_{se}}$$

λ_{mor} die Wärmeleitfähigkeit des Mörtels, in $W/(m \cdot K)$.

Der Wärmedurchgangskoeffizient von aus Mauersteinen einer anderen Höhe errichtetem Mauerwerk ist wie folgt zu berechnen:

$$U_{mas,act} = \frac{U_{unit} \times h_{unit,act} + U_{mor} \times h_{mor,act}}{h_{act}}$$

Dabei ist

$U_{mas,act}$ der Wärmedurchgangskoeffizient des aus den Mauersteinen der Höhe h_{unit} errichteten Mauerwerks, in $W/m^2 \cdot K$;

$h_{unit,act}$ die tatsächliche Höhe des Mauersteins, in mm;

$h_{mor,act}$ die tatsächliche Höhe der Mörtelfuge, in mm;

$h_{act} = h_{unit, act} + h_{mor, act}$ in mm.

Eine ähnliche Berechnung kann für abweichende Längen der Mauersteine und Dicken der vermörtelten Stoßfugen angewendet werden.

Falls es keine vermörtelten Stoßfugen gibt, kann eine abweichende Mauersteinlänge vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 1 Die Wärmeleitfähigkeit 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 Bild B.23 bis Bild B.28, bei denen die vertikale Fuge das Lochbild nicht unterbricht, hat die Länge der Steine keinen Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit.

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

7.4 Verfahren S4/P6 $R_{design,mas}$ - oder $\lambda_{design,mas}$ -Werte von Mauerwerk, die auf einer Prüfung des Mauerwerks basieren

$\lambda_{10,dry,mas}$ -Werte werden durch Prüfung des Mauerwerks nach EN 1934 (Tabelle 1) ermittelt.

Eine Feuchteberichtigung nach Abschnitt 6 wird zur Berechnung der $R_{design,mas}$ - oder $\lambda_{design,mas}$ -Werte angewandt.

8 Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Mauerwerk

Die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U ist nach EN ISO 6946 durchzuführen.

9 Spezifische Wärmekapazität

Die thermisch wirksame Masse der Konstruktion hat einen signifikanten Einfluss auf den Heiz- und Kühlbedarf von Gebäuden. Werte für die spezifische Wärmekapazität c_p sind in Anhang A angegeben.

10 Rundungsregeln der λ -Werte für Mauersteine und Mauerwerk

Die Werte sollten nach den Regeln in EN ISO 10456 gerundet werden.

Anhang A (normativ)

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

Die Wasserdampfdiffusions-Widerstandszahl μ 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 betreffenden Schicht zu multiplizieren, was zu einem Zahlenwert der Dimension m führt. Das Diffusionsverhalten ist unterschiedlich, je nachdem, ob es sich um eine Diffusion in das Bauteil hinein (niedrigere Werte) oder aus dem Bauteil heraus (Austrocknungsperiode, höherer Wert) handelt.

Tabelle A.1 — Ziegel (gebrannter Ton)

Dichte des Materials (Netto- Trockenrohichte)	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]		Wasserdampf- diffusions- Widerstandszahl	Spezifische Wärmekapazität c_p
[kg/m ³]	$P = 50\%$ ^a	$P = 90\%$	μ	[J/(kg·K)]
1 000	0,20	0,27	5/10	1 000
1 100	0,23	0,30	5/10	1 000
1 200	0,26	0,33	5/10	1 000
1 300	0,30	0,36	5/10	1 000
1 400	0,34	0,40	5/10	1 000
1 500	0,37	0,43	5/10	1 000
1 600	0,41	0,47	5/10	1 000
1 700	0,45	0,51	5/10	1 000
1 800	0,49	0,55	5/10 ^b	1 000
1 900	0,53	0,60	5/10 ^b	1 000
2 000	0,58	0,64	5/10 ^b	1 000
2 100	0,62	0,69	5/10 ^b	1 000
2 200	0,67	0,74	5/10 ^b	1 000
2 300	0,72	0,79	5/10 ^b	1 000
2 400	0,77	0,84	5/10 ^b	1 000
$f_{\psi} = 10 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$				
^a Energiebedarfsberechnungen zur Unterstützung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden beziehen sich auf ein Gebäude, nicht auf ein einzelnes Produkt. Die in der Berechnung verwendeten U -Werte basieren auf dem mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Mauerwerkselemente. Daher entspricht der empfohlene λ -Wert dem 50 %-Quantil-Wert.				
^b Für Ziegelmaterialien mit einer Rohdichte zwischen 1 800 kg/m ³ und 2 400 kg/m ³ , die als Sichtmauerwerk verwendet werden, beträgt der μ -Wert 50/100 statt 5/10.				

Tabelle A.2 — Kalksandsteine

Dichte des Materials (Netto- Trockenrohdichte)	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]		Wasserdampf- diffusions- Widerstandszahl	Spezifische Wärmekapazität c_p [J/(kg·K)]
	$P = 50\%$ ^a	$P = 90\%$		
[kg/m ³]			μ	
900	0,22	0,29	5/10	1 000
1 000	0,24	0,30	5/10	1 000
1 100	0,26	0,32	5/10	1 000
1 200	0,30	0,36	5/10	1 000
1 300	0,34	0,41	5/10	1 000
1 400	0,40	0,46	5/10	1 000
1 500	0,47	0,53	5/25	1 000
1 600	0,55	0,61	5/25	1 000
1 700	0,64	0,70	5/25	1 000
1 800	0,75	0,81	5/25	1 000
1 900	0,86	0,92	5/25	1 000
2 000	0,98	1,05	5/25	1 000
2 100	1,14	1,20	5/25	1 000
2 200	1,31	1,37	5/25	1 000
2 300	1,49	1,56	5/25	1 000
2 400	1,68	1,76	5/25	1 000

$f_{\psi} = 10 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$

^a Energiebedarfsberechnungen zur Unterstützung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden beziehen sich auf ein Gebäude, nicht auf ein einzelnes Produkt. Die in der Berechnung verwendeten U -Werte basieren auf dem mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Mauerwerkselemente. Daher entspricht der empfohlene λ -Wert dem 50 %-Quantil-Wert.

Tabelle A.3 — Betonsteine aus Normalbeton und Betonwerksteine

Dichte des Materials (Netto- Trockenrohdichte)	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]		Wasserdampf- diffusions- Widerstandszahl	Spezifische Wärmekapazität c_p [J/(kg·K)]
	$P = 50 \%^a$	$P = 90 \%$		
[kg/m ³]			μ	
1 600	0,69	0,88	5/15	1 000
1 700	0,75	0,93	5/15	1 000
1 800	0,82	1,01	5/15	1 000
1 900	0,90	1,09	5/15	1 000
2 000	1,00	1,19	5/15	1 000
2 100	1,11	1,30	5/15	1 000
2 200	1,24	1,42	30/100	1 000
2 300	1,37	1,56	50/150	1 000
2 400	1,52	1,72	50/150	1 000

$f_{\psi} = 4 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$

^a Energiebedarfsberechnungen zur Unterstützung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden beziehen sich auf ein Gebäude, nicht auf ein einzelnes Produkt. Die in der Berechnung verwendeten U -Werte basieren auf dem mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Mauerwerkselemente. Daher entspricht der empfohlene λ -Wert dem 50 %-Quantil-Wert.

Tabelle A.4 — Betonsteine mit Bims als einzigem Zuschlag

Dichte des Materials (Netto- Trockenrohdichte)	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]		Wasserdampf- diffusions- Widerstandszahl	Spezifische Wärmekapazität c_p [J/(kg·K)]
	$P = 50 \%^a$	$P = 90 \%$		
[kg/m ³]			μ	
500	0,11	0,14	5/15	1 000
600	0,13	0,16	5/15	1 000
700	0,16	0,18	5/15	1 000
800	0,19	0,21	5/15	1 000
900	0,22	0,24	5/15	1 000
1 000	0,26	0,28	5/15	1 000
1 100	0,30	0,32	5/15	1 000
1 200	0,34	0,36	5/15	1 000
1 300	0,38	0,41	5/15	1 000

$f_{\psi} = 4 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$

^a Energiebedarfsberechnungen zur Unterstützung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden beziehen sich auf ein Gebäude, nicht auf ein einzelnes Produkt. Die in der Berechnung verwendeten U -Werte basieren auf dem mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Mauerwerkselemente. Daher entspricht der empfohlene λ -Wert dem 50 %-Quantil-Wert.

Tabelle A.5 — Betonsteine mit Polystyrol-Zuschlag

Dichte des Materials (Netto-Trockenrohdichte)	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]		Wasserdampf- diffusions- Widerstandszahl	Spezifische Wärmekapazität c_p
[kg/m ³]	$P = 50 \%^a$	$P = 90 \%$	μ	[J/(kg·K)]
500	0,13	0,16	5/15	1 000
600	0,14	0,19	5/15	1 000
700	0,17	0,22	5/15	1 000
800	0,18	0,25	5/15	1 000

$f_{\psi} = 5 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$

^a Energiebedarfsberechnungen zur Unterstützung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden beziehen sich auf ein Gebäude, nicht auf ein einzelnes Produkt. Die in der Berechnung verwendeten U -Werte basieren auf dem mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Mauerwerkselemente. Daher entspricht der empfohlene λ -Wert dem 50 %-Quantil-Wert.

Tabelle A.6 — Betonsteine mit Blähton-Zuschlag

Dichte des Materials (Netto-Trockenrohdichte)	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]		Wasserdampf- diffusions- Widerstandszahl	Spezifische Wärmekapazität c_p
[kg/m ³]	$P = 50 \%^a$	$P = 90 \%$	μ	[J/(kg·K)]
400	0,10	0,12	5/15	1 000
500	0,12	0,15	5/15	1 000
600	0,16	0,18	5/15	1 000
700	0,19	0,21	5/15	1 000
800	0,22	0,25	5/15	1 000
900	0,26	0,28	5/15	1 000
1 000	0,30	0,32	5/15	1 000
1 100	0,34	0,36	5/15	1 000
1 200	0,39	0,41	5/15	1 000
1 300	0,43	0,46	5/15	1 000
1 400	0,48	0,51	5/15	1 000
1 500	0,53	0,56	5/15	1 000
1 600	0,60	0,63	5/15	1 000
1 700	0,67	0,70	5/15	1 000

$f_u = 4 \text{ (kg/kg)}$, falls Blähton der überwiegende Zuschlag ist
 $f_u = 2,6 \text{ (kg/kg)}$, falls Blähton der einzige Zuschlag ist

^a Energiebedarfsberechnungen zur Unterstützung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden beziehen sich auf ein Gebäude, nicht auf ein einzelnes Produkt. Die in der Berechnung verwendeten U -Werte basieren auf dem mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Mauerwerkselemente. Daher entspricht der empfohlene λ -Wert dem 50 %-Quantil-Wert.

Tabelle A.7 — Betonsteine mit mehr als 70 % geschäumter Hochofenschlacke (Hüttenbims) als Zuschlag^a

Dichte des Materials (Netto-Trockenrohdichte)	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]		Wasserdampf- diffusions- Widerstandszahl	Spezifische Wärmekapazität c_p
[kg/m ³]	$P = 50 \%^b$	$P = 90 \%$	μ	[J/(kg·K)]
1 100	0,19	0,21	5/15	1 000
1 200	0,23	0,24	5/15	1 000
1 300	0,28	0,29	5/15	1 000
1 400	0,33	0,34	5/15	1 000
1 500	0,39	0,40	5/15	1 000
1 600	0,45	0,47	5/15	1 000
1 700	0,52	0,54	5/15	1 000

$f_u = 4$ (kg/kg)

^a Leichtzuschlag, der durch Abkühlen der flüssigen Hochofenschlacke mit Wasser entsteht. Hochofenschlacke ist ein Nebenprodukt, das bei der Roheisengewinnung im Hochofen entsteht.

^b Energiebedarfsberechnungen zur Unterstützung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden beziehen sich auf ein Gebäude, nicht auf ein einzelnes Produkt. Die in der Berechnung verwendeten U -Werte basieren auf dem mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Mauerwerkselemente. Daher entspricht der empfohlene λ -Wert dem 50 %-Quantil-Wert.

Tabelle A.8 — Betonsteine mit getempertem Bergematerial als überwiegendem Zuschlag

Dichte des Materials (Netto-Trockenrohdichte)	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]		Wasserdampf- diffusions- Widerstandszahl	Spezifische Wärmekapazität c_p
[kg/m ³]	$P = 50 \%^a$	$P = 90 \%$	μ	[J/(kg·K)]
1 100	0,31	0,35	5/15	1 000
1 200	0,33	0,37	5/15	1 000
1 300	0,35	0,39	5/15	1 000
1 400	0,37	0,41	5/15	1 000
1 500	0,39	0,43	5/15	1 000

$f_u = 4$ (kg/kg)

^a Energiebedarfsberechnungen zur Unterstützung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden beziehen sich auf ein Gebäude, nicht auf ein einzelnes Produkt. Die in der Berechnung verwendeten U -Werte basieren auf dem mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Mauerwerkselemente. Daher entspricht der empfohlene λ -Wert dem 50 %-Quantil-Wert.

Tabelle A.9 ist für Betonsteine mit Zuschlägen zu verwenden, für die keine Erfahrungswerte für λ vorliegen (z. B. für neue Produkte). Es können daher keine 50 %- und 90 %-Quantil-Werte (P) angegeben werden, die angegebenen λ -Werte verstehen sich als auf der sicheren Seite liegende Werte für alle Arten von Zuschlägen.

Tabelle A.9 — Betonsteine mit anderen Zuschlägen

Dichte des Materials (Netto-Trockenrohdichte) [kg/m ³]	$\lambda_{10,dry,mat}^a$ [W/(m·K)]	Wasserdampfdiffusions- Widerstandszahl μ	Spezifische Wärmekapazität c_p [J/(kg·K)]
500	0,24	5/15	1 000
600	0,27	5/15	1 000
700	0,30	5/15	1 000
800	0,33	5/15	1 000
900	0,37	5/15	1 000
1 000	0,41	5/15	1 000
1 100	0,46	5/15	1 000
1 200	0,52	5/15	1 000
1 300	0,58	5/15	1 000
1 400	0,66	5/15	1 000
1 500	0,74	5/15	1 000
1 600	0,83	5/15	1 000
1 800	1,08	5/15	1 000
2 000	1,33	5/15	1 000

$f_{\psi} = 4 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$

^a Energiebedarfsberechnungen zur Unterstützung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden beziehen sich auf ein Gebäude, nicht auf ein einzelnes Produkt. Die in der Berechnung verwendeten U -Werte basieren auf dem mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Mauerwerkselemente. Daher entspricht der empfohlene λ -Wert dem 50 %-Quantil-Wert.

Tabelle A.10 — Porenbetonsteine

Dichte des Materials (Netto-Trockenrohdichte) [kg/m ³]	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]		Wasserdampfdiffusions- Widerstandszahl μ	Spezifische Wärmekapazität c_p [J/(kg·K)]
	$P = 50 \text{ \%}^a$	$P = 90 \text{ \%}$		
300	0,072	0,085	5/10	1 000
400	0,096	0,11	5/10	1 000
500	0,12	0,13	5/10	1 000
600	0,15	0,16	5/10	1 000
700	0,17	0,18	5/10	1 000
800	0,19	0,21	5/10	1 000
900	0,22	0,24	5/10	1 000
1 000	0,24	0,26	5/10	1 000

$f_u = 4 \text{ (kg/kg)}$

^a Energiebedarfsberechnungen zur Unterstützung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden beziehen sich auf ein Gebäude, nicht auf ein einzelnes Produkt. Die in der Berechnung verwendeten U -Werte basieren auf dem mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Mauerwerkselemente. Daher entspricht der empfohlene λ -Wert dem 50 %-Quantil-Wert.

Tabelle E.11 — Natursteine^a

Steinart	Dichte des Materials (Netto-Trocken- rohdichte) [kg/m³]	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]	Wasserdampfdiffusions- Widerstandszahl μ		Spezifische Wärme- kapazität c_p [J/(kg·K)]
			trocken	nass	
1. METAMORPHE GESTEINE UND TIEFENGESTEINE					
— Gneiss, Porphyr	2 300 bis 2 900	3,5	10 000	10 000	1 000
— Marmor	2 600 bis 2 800	3,5	10 000	10 000	1 000
— Granit	2 500 bis 2 700	2,8	10 000	10 000	1 000
— Schieferplatten	2 000 bis 2 800	2,2	1 000	800	1 000
2. VULKANGESTEINE					
— Basalt	2 700 bis 3 000	1,6	10 000	10 000	1 000
— Trachyt, Andesit	2 000 bis 2 700	1,1	20	15	1 000
— poröses Vulkangestein	≤ 1 600	0,55	20	15	1 000
3. KALKSTEINE					
— sehr harter Stein	2 200 bis 2 590	2,3	250	200	1 000
— harter Stein	2 000 bis 2 190	1,7	200	150	1 000
— massiver Stein	1 800 bis 1 990	1,4	50	40	1 000
— weicher Stein	1 600 bis 1 790	1,1	40	25	1 000
— sehr weicher Stein	≤ 1 590	0,85	30	20	1 000
4. SANDSTEINE					
— Quarz-Sandstein	2 600 bis 2 800	2,6	40	30	1 000
— Kieselsandstein	2 200 bis 2 590	2,3	40	30	1 000
— Kalksandstein	2 000 bis 2 700	1,9	30	20	1 000
5. FEUERSTEINE, MÜHLSTEINE, BIMSSTEINE					
— Feuerstein	2 600 bis 2 800	2,6	10 000	10 000	1 000
— Mühlstein	1 900 bis 2 500	1,8	50	40	1 000
— Mühlstein	1 300 bis 1 900	0,9	30	20	1 000
— Natürlicher Bimsstein	≤ 400	0,12	8	6	1 000
^a Auf diese Materialien ist der 50 %/90 %-Ansatz nicht anwendbar.					

Tabelle E.12 — Mörtel (Mauer- und Putzmörtel)

Dichte des Materials (Netto- Trockenrohdichte)	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)]		Wasserdampf- diffusions- Widerstandszahl	Spezifische Wärmekapazität c_p
	$P = 50 \%^a$	$P = 90 \%$		
[kg/m ³]			μ	[J/(kg·K)]
200	0,074	0,081	5/20	1 000
300	0,086	0,094	5/20	1 000
400	0,10	0,11	5/20	1 000
500	0,12	0,13	5/20	1 000
600	0,14	0,15	5/20	1 000
700	0,16	0,17	5/20	1 000
800	0,18	0,20	5/20	1 000
900	0,21	0,23	5/20	1 000
1 000	0,25	0,27	5/20	1 000
1 200	0,33	0,36	5/20	1 000
1 400	0,45	0,49	5/20	1 000
1 600	0,61	0,66	15/35	1 000
1 800	0,82	0,89	15/35	1 000
2 000	1,11	1,21	15/35	1 000
$f_\psi = 4 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$ ^a Energiebedarfsberechnungen zur Unterstützung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden beziehen sich auf ein Gebäude, nicht auf ein einzelnes Produkt. Die in der Berechnung verwendeten U -Werte basieren auf dem mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Mauerwerkselemente. Daher entspricht der empfohlene λ -Wert dem 50 %-Quantil-Wert.				

Anhang B (informativ)

Werte für $R_{dry,mas}$ oder $\lambda_{10,dry,mas}$ von aus verschiedenen gelochten Mauersteinen errichtetem Mauerwerk

ANMERKUNG Der Bereich der Größen und Arten von Mauersteinen und Lochverteilungsmustern soll für die üblicherweise am Markt erhältlichen Mauersteine repräsentativ sein. Er erhebt nicht den Anspruch, eine vollständige Liste aller Kombinationen von Materialien, Mauersteingrößen, Lochkonfigurationen und -größen zu sein. Im Falle von anderen als den in den nachstehenden Tabellen angegebenen Konfigurationen muss das in 7.3.3 angegebene Verfahren befolgt werden.

Die Geometrien sind jeweils numerisch durch zwei Zahlenwerte definiert:

- die Anzahl der Lochreihen;
- die Anzahl der Löcher in einer Reihe.

Beispielsweise bedeutet 3,7/1,6, dass dieser Mauersteintyp 3,7 Lochreihen je 100 mm Breite und 1,6 Löcher in einer Reihe je 100 mm Länge hat; das bedeutet 11 Lochreihen im Fall einer Dicke des Mauerwerks von 300 mm und 4 Löcher in einer Reihe im Fall einer Mauersteinlänge von 250 mm. Der Quersteganteil ist als die Summe der Dicken aller Querstege dividiert durch die Mauersteinlänge definiert und wird als Prozentsatz angegeben; dieser Wert wird für jede Geometrie als zusätzliche Information angegeben.

Weitere Informationen, die für jede Geometrie angegeben sind, betreffen die den numerischen Berechnungen zugrundegelegten Abmessungen.

Die nachstehenden tabellierten Werte sollten als Grundlage für die Ermittlung der äquivalenten Werte für $\lambda_{10,dry,unit}$ oder $R_{dry,mas}$ oder $\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks verwendet werden, falls weder eine individuelle Prüfmessung noch eine Berechnung für ein bestimmtes Produkt zur Verfügung stehen.

Die in diesem Anhang angegebenen Werte wurden mit Hilfe eines dreidimensionalen Finite-Differenzen-Programms berechnet.

Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit der in den Hohlräumen enthaltenen Luft wurde nach EN ISO 6946:2017, D.2, ermittelt. Das verwendete Programm wurde mittels der in Anhang D angegebenen Beispiele überprüft und erfüllt alle Anforderungen an geeignete Berechnungsverfahren.

Der theoretische Hintergrund für die Auswahl der Geometrien war die Kenntnis der grundsätzlichen geometrischen Einflüsse auf den Wärmedurchlasswiderstand:

- Anzahl der Lochreihen;
- Stegdicke zwischen den Löchern (Quersteganteil);
- Löcher versetzt oder „fluchtend“;
- Lochform.

(Die Erfahrung zeigt, dass die letzten beiden Einflussfaktoren für die Anwendung tabellierter Werte vernachlässigbar sind.)

Die in den nachstehenden Tabellen angegebenen tabellierten Werte sind in der Regel nur für Mauerwerk mit horizontalen Mörtelfugen angegeben.

In einigen Fällen sind die tabellierten Werte in jeweils zwei Werte aufgeteilt, von denen einer ohne vertikale Mörtelfugen und der andere mit vertikalen Mörtelfugen gilt. Für jene Geometrieklassen, für die keine getrennten Werte angegeben sind, ist das Berechnungsverfahren nach 7.3.3 anzuwenden.

Der Wärmedurchlasswiderstand der Mörtelfugen, auf dem die Berechnungsergebnisse basieren, kann auf unterschiedliche Weise abgeleitet werden. Es ist möglich, vollflächige Lagerfugen mit einem Dämm-Mörtel auszuführen; der gleiche Wärmedurchlasswiderstand bzw. die gleiche äquivalente Wärmeleitfähigkeit kann durch Mörtelbänder aus einem Normalmörtel erzielt werden, gegebenenfalls mit einem Dämmstoffstreifen dazwischen.

Die Werte sind nach dem Material der Mauersteine geordnet, allerdings gelten die Rechenergebnisse auch für andere Materialien, falls die Geometrie und die Wärmeleitfähigkeit des Materials übereinstimmen.

Die Werte für den Wärmedurchlasswiderstand sind als Widerstand je 100 mm tabelliert, was z. B. für eine Wand von 300 mm Dicke bedeutet, dass die Werte mit 3 zu multiplizieren sind. Als zusätzliche Information sind die Rechenergebnisse auch als $\lambda_{10,dry,mas}$ -Werte des Mauerwerks angegeben, die sich aus folgender Gleichung ergeben:

$$\lambda_{10,dry,mas} = \frac{0,1}{R_{dry,mas}}$$

Die in den Tabellen angegebenen Werte für den prozentualen Lochanteil beziehen sich auf den Querschnitt der Mauersteine.

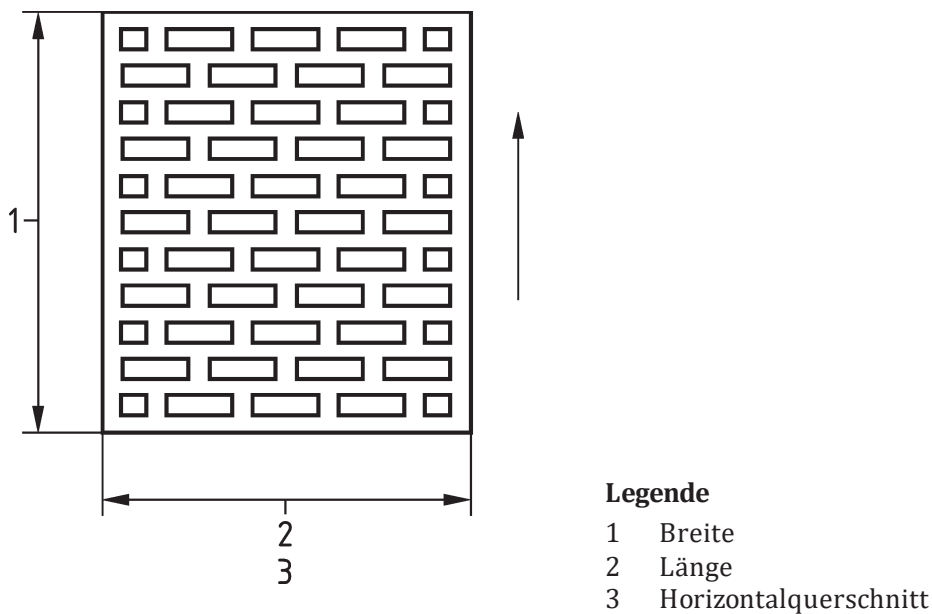


Bild B.1 — Hochlochziegel — Geometrie 3,7/1,6

Tabelle B.1 — Hochlochziegel — Geometrie 3,7/1,6

$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	$\lambda_{10,dry,unit}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	R [m ² ·K/W] je 100 mm Dicke $\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks [W/(m·K)]		
		bei einem Mörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit von [W/m·K]		
		0,16	0,32	0,80
0,34	0,175	0,57 / 0,18	0,55 / 0,18	0,49 / 0,20
0,42	0,199	0,50 / 0,20	0,49 / 0,20	0,44 / 0,23
0,51	0,224	0,46 / 0,22	0,44 / 0,23	0,40 / 0,25
0,60	0,245	0,42 / 0,24	0,40 / 0,25	0,37 / 0,27

(Quersteganteil: 26,4 %; Lochanteil: 38,4 %)

Grundmaße: $l = 250$ mm, $w = 300$ mm, $h_{unit} = 238$ mm, $h_{mor} = 12$ mm

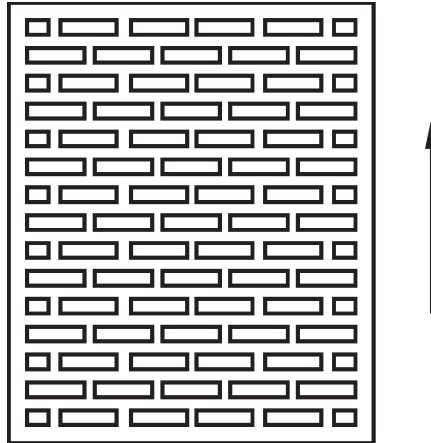


Bild B.2 — Hochlochziegel — Geometrie 5/2

Tabelle B.2 — Hochlochziegel — Geometrie 5/2

$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	$\lambda_{10,dry,unit}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	R[m ² ·K/W] je 100 mm Dicke/ $\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks [W/(m·K)]		
		bei einem Mörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit von [W/m·K]		
		0,16	0,32	0,80
0,34	0,161	0,62/ 0,16	0,59/ 0,17	0,53/ 0,19
0,42	0,182	0,58/ 0,18	0,53/ 0,19	0,48/ 0,21
0,51	0,203	0,50/ 0,20	0,48/ 0,21	0,43/ 0,23
0,60	0,224	0,45/ 0,22	0,44/ 0,23	0,40/ 0,25

(Quersteganteil: 25,8 %; Lochanteil: 37,5 %)

Grundmaße: $l = 250$ mm, $w = 300$ mm, $h_{unit} = 238$ mm, $h_{mor} = 12$ mm

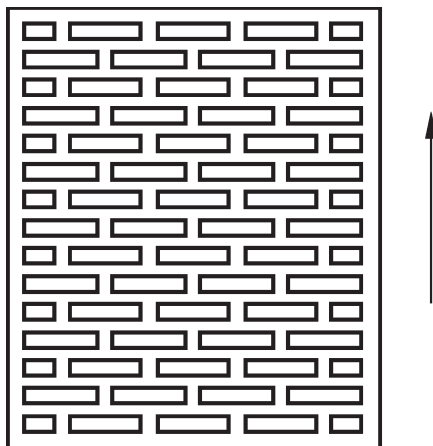


Bild B.3 — Hochlochziegel — Geometrie 5/1,6

Tabelle B.3 — Hochlochziegel — Geometrie 5/1,6

$\lambda_{10,dry,mat}$	$\lambda_{10,dry,unit}$	R[m ² ·K/W] je 100 mm Dicke/		
[W/(m·K)] der Mauersteine	[W/(m·K)] der Mauersteine	$\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks [W/(m·K)]		
		bei einem Mörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit von [W/m·K]		
		0,16	0,32	0,80
0,34	0,150	0,65/	0,62/	0,55/
		0,15	0,16	0,18
0,42	0,171	0,58/	0,56/	0,50/
		0,17	0,18	0,20
0,51	0,192	0,53/	0,51/	0,46/
		0,19	0,20	0,22
0,60	0,203	0,49/	0,47/	0,43/
		0,20	0,21	0,23

(Quersteganteil: 22,2 %; Lochanteil: 39,1 %)

Grundmaße: $l = 250$ mm, $w = 300$ mm, $h_{unit} = 238$ mm, $h_{mor} = 12$ mm

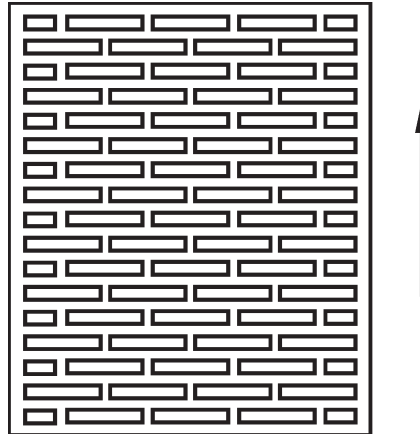


Bild B.4 — Hochlochziegel — Geometrie 5,7/1,6

Tabelle B.4 — Hochlochziegel — Geometrie 5,7/1,6

$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	$\lambda_{10,dry,unit}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	R[m ² ·K/W] je 100 mm Dicke/ $\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks [W/(m·K)]		
		bei einem Mörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit von [W/m·K]		
		0,16	0,32	0,80
0,34	0,140	0,70/ 0,14	0,66/ 0,15	0,59/ 0,17
0,42	0,161	0,63/ 0,16	0,60/ 0,17	0,54/ 0,19
0,51	0,175	0,57/ 0,18	0,55/ 0,18	0,49/ 0,20
0,60	0,192	0,53/ 0,19	0,51/ 0,20	0,46/ 0,22

(Quersteganteil: 20,8 %; Lochanteil: 39,3 %)

Grundmaße: $l = 250$ mm, $w = 300$ mm, $h_{unit} = 238$ mm, $h_{mor} = 12$ mm

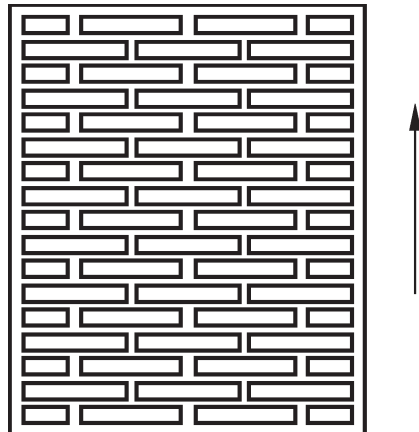


Bild B.5 — Hochlochziegel — Geometrie 5,7/1,2

Tabelle B.5 — Hochlochziegel — Geometrie 5,7/1,2

$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	$\lambda_{10,dry,unit}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	R[m ² ·K/W] je 100 mm Dicke/ $\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks [W/(m·K)] bei einem Mörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit von [W/(m·K)]		
		0,16	0,32	0,80
0,34	0,129	0,75/ 0,13	0,71/ 0,14	0,63/ 0,16
0,42	0,140	0,69/ 0,14	0,65/ 0,15	0,58/ 0,17
0,51	0,157	0,64/ 0,16	0,61/ 0,16	0,54/ 0,19
0,60	0,171	0,59/ 0,17	0,57/ 0,18	0,51/ 0,20

(Quersteganteil: 15,6 %; Lochanteil: 50,9 %)

Grundmaße: $l = 250$ mm, $w = 300$ mm, $h_{unit} = 238$ mm, $h_{mor} = 12$ mm

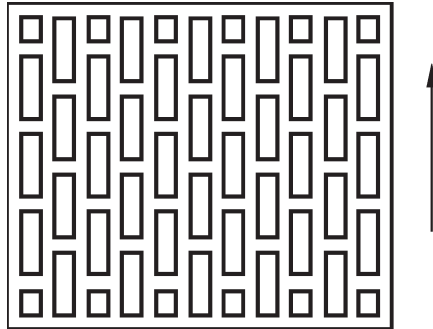


Bild B.6 — Hochlochziegel — Geometrie 1,6/3,7

Tabelle B.6 — Hochlochziegel — Geometrie 1,6/3,7

$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	$\lambda_{10,dry,unit}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	R[m ² ·K/W] je 100 mm Dicke/ $\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks [W/(m·K)]	
		bei einem Mörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit von [W/(m·K)]	
		0,32	0,80
0,34	0,296	0,33	0,31
		0,30	0,32
0,42	0,342	0,29	0,27
		0,34	0,37
0,51	0,392	0,26	0,24
		0,39	0,41
0,60	0,441	0,23	0,22
		0,44	0,46

(Quersteganteil: 48,0 %; Lochanteil: 38,4 %)

Grundmaße: $l = 300$ mm, $w = 250$ mm, $h_{unit} = 238$ mm, $h_{mor} = 12$ mm

ANMERKUNG Es werden keine Werte für eine Kombination solcher Mauersteine mit einem Mörtel angegeben, dessen Wärmeleitfähigkeit 0,16 W/m·K beträgt, da eine solche Kombination nicht sinnvoll ist.

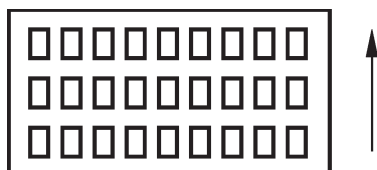


Bild B.7 — Hochlochziegel — Geometrie 2,8/4,1

Tabelle B.7 — Hochlochziegel — Geometrie 2,8/4,1

$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	$\lambda_{10,dry,unit}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	R[m ² ·K/W] je 100 mm Dicke/ $\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks [W/(m·K)]			
		bei einem Mörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit von [W/(m·K)]			
		0,16	0,32	0,80	a
0,25	0,221	0,48/ 0,21	0,42/ 0,24	0,32/ 0,31	(0,30)/ (0,33)
0,34	0,265	0,40/ 0,25	0,36/ 0,28	0,29/ 0,34	(0,28)/ (0,36)/
0,42	0,324	0,33/ 0,30	0,31/ 0,33	0,25/ 0,39	(0,24)/ (0,41)/
0,51	0,387	0,28/ 0,35	0,26/ 0,38	0,22/ 0,45	(0,21)/ (0,47)/
0,60	0,446	0,25/ 0,40	0,23/ 0,43	0,20/ 0,50	(0,19)/ (0,52)/
a Falls es vertikale Mörtelfugen gibt, gelten die Werte in Klammern.					

(Quersteganteil: 50,9 %; Lochanteil: 30 %)

Grundmaße: $l = 220$ mm, $w = 105$ mm, $h_{unit} = 65$ mm, $h_{mor} = 12$ mm

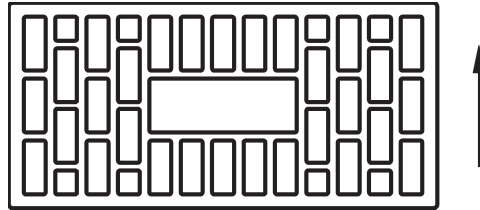


Bild B.8 — Hochlochziegel — Geometrie 2,17/4,51

Tabelle B.8 — Hochlochziegel — Geometrie 2,17/4,51

$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	$\lambda_{10,dry,unit}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	R[m ² ·K/W] je 100 mm Dicke/ $\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks [W/(m·K)]		
		bei einem Mörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit von [W/(m·K)] ^a		
		0,16	0,32	0,80
0,25	0,20	0,53 0,19	0,50 0,20	0,42 0,24
0,34	0,21	0,50 0,20	0,48 0,21	0,40 0,25
0,42	0,21	0,43 0,23	0,42 0,24	0,36 0,28
0,51	0,24	0,38 0,26	0,37 0,27	0,32 0,31
0,60	0,29	0,34 0,29	0,33 0,30	0,29 0,34
^a Sämtliche Werte berücksichtigen vertikale Mörtelfugen.				

(Quersteganteil: 31 %; Lochanteil: 53 %)

Grundmaße: $l = 288$ mm, $w = 138$ mm, $h_{unit} = 138$ mm, $h_{mor} = 12$ mm

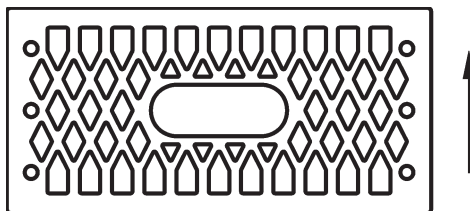


Bild B.9 — Hochlochziegel — Geometrie 3,62/3,82

Tabelle B.9 — Hochlochziegel — Geometrie 3,62/3,82

$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	$\lambda_{10,dry,unit}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	R[m ² ·K/W] je 100 mm Dicke/ $\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks [W/(m·K)]		
		bei einem Mörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit von [W/(m·K)] ^a		
		0,16	0,32	0,80
0,25	0,20	0,50 0,20	0,48 0,21	0,42 0,24
0,34	0,22	0,45 0,22	0,43 0,23	0,38 0,26
0,42	0,27	0,37 0,27	0,36 0,28	0,32 0,31
0,51	0,30	0,34 0,29	0,33 0,30	0,29 0,34
0,60	0,37	0,28 0,36	0,27 0,37	0,24 0,41

^a Sämtliche Werte berücksichtigen vertikale Mörtelfugen.

(Quersteganteil: 64 %; Lochanteil: 39 %)

Grundmaße: $l = 288$ mm, $w = 138$ mm, $h_{unit} = 138$ mm, $h_{mor} = 12$ mm

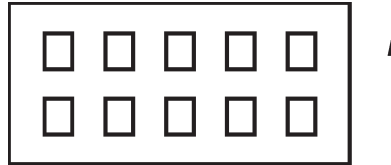


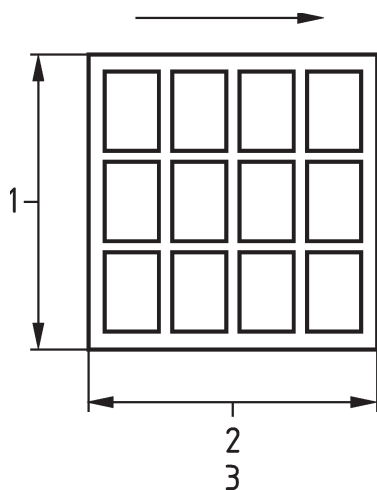
Bild B.10 — Hochlochziegel — Geometrie 1,9/2,3

Tabelle B.10 — Hochlochziegel — Geometrie 1,9/2,3

$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	$\lambda_{10,dry,unit}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	R[m ² ·K/W] je 100 mm Dicke/ $\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks [W/(m·K)]			
		bei einem Mörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit von [W/(m·K)]			
		0,16	0,32	0,80	a
0,25	0,199	0,50/ 0,20	0,44/ 0,23	0,35/ 0,29	(0,32)/ (0,31)
0,34	0,280	0,38/ 0,26	0,34/ 0,29	0,27/ 0,37	(0,26)/ (0,39)
0,42	0,341	0,32/ 0,31	0,29/ 0,34	0,24/ 0,42	(0,23)/ (0,44)
0,51	0,414	0,27/ 0,37	0,25/ 0,40	0,21/ 0,48	(0,20)/ (0,50)
0,60	0,479	0,24/ 0,42	0,22/ 0,45	0,18/ 0,54	(0,18)/ (0,55)/
^a Falls es vertikale Mörtelfugen gibt, gelten die Werte in Klammern.					

(Quersteganteil: 54,5 %; Lochanteil: 17,3 %)

Grundmaße: $l = 220$ mm, $w = 105$ mm, $h_{unit} = 55$ mm, $h_{mor} = 12$ mm



Legende

- 1 Höhe
- 2 Breite
- 3 Vertikalquerschnitt

Bild B.11 — Langlochziegel — Geometrie 2/1,5

Tabelle B.11 — Langlochziegel — Geometrie 2/1,5

$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	$\lambda_{10,dry,unit}$ [W/(m·K)] der Mauersteine	R[m ² ·K/W] je 100 mm Dicke/ $\lambda_{10,dry,mas}$ des Mauerwerks [W/(m·K)] bei einem Mörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit von [W/(m·K)]			
		0,16	0,32	0,80	a
0,34	0,222	0,45/ 0,22	0,44/ 0,23	0,39/ 0,25	(0,37)/ (0,27)
0,42	0,243	0,42/ 0,24	0,40/ 0,25	0,37/ 0,27	(0,35)/ (0,28)
0,51	0,257	0,40/ 0,25	0,38/ 0,26	0,34/ 0,29	(0,33)/ (0,30)
0,60	0,282	0,36/ 0,28	0,36/ 0,28	0,32/ 0,31	(0,31)/ (0,32)/
a Falls es vertikale Mörtelfugen gibt, gelten die Werte in Klammern.					

(Quersteganteil: 16 %; Lochanteil: 63,9 %)

Grundmaße: $l = 500$ mm, $w = 200$ mm, $h_{unit} = 200$ mm, $h_{mor} = 12$ mm