

Mauerwerk und Mauerwerksprodukte
Verfahren zur Ermittlung von deklarierten Wärmeschutzwerten
sowie von Wärmeschutzrechenwerten
Deutsche Fassung prEN 1745 : 1994

DIN
EN 1745

Einsprüche bis 30. Apr 1995

ICS 91.080.30; 91.120.10

Anwendungswarnvermerk beachten!

Masonry and masonry products —
Methods for determining declared
and design thermal values;
German version prEN 1745 : 1994

Maçonnerie et produits de maçonnerie —
Détermination des valeurs thermiques
déclarées et de calcul;
Version allemande prEN 1745 : 1994

Nationales Vorwort

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 125 "Mauerwerksbau" (Sekretariat: Vereinigtes Königreich) ausgearbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist hierfür der Arbeitsausschuß 06.01.00, Spiegelausschuß zu CEN/TC 125 "Mauerwerksbau" des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Für die im Abschnitt 2 zitierten Europäischen Normen und die Internationale Norm wird im folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

EN 771	siehe E DIN EN 771
EN 772	siehe E DIN EN 772
EN 998	siehe E DIN EN 998
EN 1015	siehe E DIN EN 1015
EN 26946-1	siehe E DIN EN 26946-1
ISO 7345	siehe E DIN EN 27345

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten an den Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin; Postanschrift 10772 Berlin

Fortsetzung 80 Seiten prEN

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

ICS

Deskriptoren:

Deutsche Fassung

Mauerwerk und Mauerwerksprodukte- Verfahren zur
Ermittlung von deklarierten Wärmeschutzwerten
sowie von Wärmeschutzrechenwerten

Masonry and masonry products - Methods
for determining declared and design
thermal values

Maçonnerie et produits de maçonnerie-
Détermination des valeurs thermiques
déclarées et de calcul

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN Mitgliedern zur CEN-Umfrage
vorgelegt. Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 125 erstellt.

Wenn aus diesem Norm-Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CEN-Mitglieder 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.

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde von CEN in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in die Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CEN

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B - 1050 Brüssel

c CEN 1994 Das Copyright ist allen CEN-Mitgliedern vorbehalten.

Inhalt

- 0 Einleitung
- 1 Anwendungsbereich
- 2 Normative Verweisungen
- 3 Definitionen und Symbole
- 4 Verfahren zur Ermittlung von deklarierten Wärmeschutzwerten und Wärmeschutzrechenwerten für Mauerwerksmaterialien, Vollmauersteine und Mörtelprodukte sowie für Wände aus derartigen Produkten
- 5 Verfahren zur Ermittlung von deklarierten Wärmeschutzwerten und Wärmeschutzrechenwerten für gelochte Mauersteine und zusammengesetzte Mauersteine sowie für Wände aus derartigen Steinen
- 6 Ermittlung der Wärmedurchgangszahl von Mauerwerk

Anhänge

- A (normativ) Tabellierte $\lambda_{10, tr}$ -Werte von Materialien, die für Mauerwerksprodukte und Mörtel verwendet werden
- B (normativ) Tabellierte Basis-Werte für R/λ von Mauerwerk aus gelochten Mauersteinen oder zusammengesetzten Mauersteinen
- C (normativ) Anforderungen für geeignete Berechnungsverfahren
- D (normativ) Übereinstimmungserklärung für λ/R -Werte
- E (informativ) Faktoren für die Umrechnung der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda_{10, tr}$ -Werten auf λ bei einem Klima 23°/50 % relative Luftfeuchtigkeit

Vorwort

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 125 "Mauerwerk" erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI betreut wird.

Das Technische Komitee CEN/TC 125 hat beschlossen, diesen Europäischen Norm-Entwurf zur CEN-Umfrage vorzulegen.

Der Anhang A ist normativ;
Der Anhang B ist normativ;
Der Anhang C ist normativ;
Der Anhang D ist normativ;
Der Anhang E ist informativ.

0 Einleitung

Mauerwerk ist, neben der Erfüllung der Anforderungen hinsichtlich Witterungsschutz, Tragvermögen, Schalldämmung, Ästhetik etc. auch in der Lage, unterschiedliche Wärmeschutzniveaus zu gewährleisten. Diese Niveaus sind von der Art des Mauerwerks abhängig.

Darüber hinaus bietet Mauerwerk den Vorteil, die Wärmespeicherkapazität eines Gebäudes zu verbessern und damit thermische Stabilität sicherzustellen.

Ziel dieser Norm ist es, Regeln für die Ermittlung von Rechenwerten der Wärmeleitfähigkeit und des Wärmedurchlaßwiderstandes sowohl von Mauerwerk als auch von Mauerwerksprodukten anzugeben.

Darüber hinaus ist es Ziel dieser Norm

- dem Hersteller oder demjenigen, der für die Feststellung der Übereinstimmung des Produktes mit der Norm verantwortlich ist, Hilfestellung hinsichtlich des Verfahrens zur Ermittlung von deklarierten Wärmeschutzwerten von Mauerwerksprodukten anzubieten;
- den Benutzer dieser Produkte über dieses Verfahren zu informieren.

Gemäß dem Interpretativen Dokument über Energieeinsparung und Wärmeschutz, werden drei Verfahren für die Ermittlung des Wärmedurchlaßwiderstandes und/oder der Wärmeleitfähigkeit beschrieben, die mit unterschiedlichem Zeit- und Materialaufwand zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Diese Verfahren sind:

- Die Verwendung tabellierter Lambda - und/oder R-Werte.
- Die Messung von Lambda - und/oder R-Werten.
- Die Berechnung von äquivalenten Lambda - und/oder R-Werten.

Darüber hinaus ist es wichtig, die wesentlichsten unterschiedlichen Typen von Mauerwerksprodukten zu berücksichtigen:

- Vollmauersteine.
- Gelochte Mauersteine.
- Zusammengesetzte Mauersteine (Mauersteine, die aus mehr als einem Material gefertigt sind).

Es ist auch notwendig zu unterscheiden zwischen:

- Deklarierten Wärmeschutzwerten (welche sich normalerweise auf Materialien oder Produkte beziehen).
- Wärmeschutzrechenwerten (die sich normalerweise auf das Mauerwerk selbst beziehen).

Der **deklarierte Wert** einer Produkteigenschaft ist jener Wert, der nach einer harmonisierten Methode ermittelt wird und der die Produkteigenschaft über die Lebensdauer unter Referenzbedingungen repräsentiert.

Der deklarierte Wärmeschutzwert wird für folgende Zwecke benötigt:

- Deklaration der Eigenschaften eines Produktes;
- Vergleich zwischen Produkten auf dem Markt.

Dieser Wert

- ist gemäß der Verfahren, die in der nachfolgenden Norm beschrieben sind, definiert;
- wird vom Erzeuger als Wärmeleitfähigkeit oder Wärmedurchlaßwiderstand angegeben;
- ist Bestandteil des vertraglichen Übereinkommens zwischen dem Erzeuger und dem Kunden;
- kann Bestandteil der Zertifizierung und/oder der Übereinstimmungserklärung sein.

Der **Rechenwert** einer Produkteigenschaft ist jener Wert, der für eine definierte Anwendung eines Produktes sowie für die Verwendung in Berechnungen nach harmonisierten Verfahren ermittelt wird und der - unter anderem - auf dem deklarierten Wert basiert.

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

- Energieverbrauch;
- Planung von Heizungs- und Kühlanlagen;
- Oberflächentemperatur-Berechnung;
- Übereinstimmung mit nationalen Bauvorschriften;
- Untersuchung des instationären thermischen Verhaltens von Gebäuden.

Rechenwerte sind nicht Bestandteil einer Zertifizierung und/oder einer Übereinstimmungserklärung.

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

Tabelle 1: Methoden zur Bestimmung von Wärmeschutzwerten von Mauerwerk und Mauerwerkprodukten

	Vollmauersteine	Gelochte Mauersteine und zusammengesetzte Mauersteine
Deklarierte Wärmeschutzwerte (normalerweise bezogen auf Materialien oder Produkte)	* tabellierte λ -Materialwerte (Abschnitt 4.1.1)	* tabellierte R/λ -Produktwerte (Abschnitt 5.1.1)
	* gemessene λ -Materialwerte (Abschnitt 4.1.2)	* gemessene R/λ -Produktwerte (Abschnitt 5.1.2)
		* berechnete R/λ -Produktwerte (Abschnitt 5.1.3)
	Methode: Plattengerät	Methode: numerische Berechnungsmethoden
Wärmeschutzrechenwerte (normalerweise bezogen auf das Mauerwerk)	* tabellierte R/λ -Mauerwerkswerte der Wand (Abschnitt 4.2.1)	* tabellierte R/λ Mauerwerkswerte der Wand (Abschnitt 5.2.1)
	* gemessene R/λ -Mauerwerkswerte der Wand (Abschnitt 4.2.2)	* gemessene R/λ Mauerwerkswerte der Wand (Abschnitt 5.2.2)
	* berechnete R/λ -Mauerwerkswerte der Wand (Abschnitt 4.2.3)	* berechnete R/λ Mauerwerkswerte der Wand (Abschnitt 5.2.3)
	Methode: * Meßmethoden - Wärmestrommeßplatten-Gerät - Wandmessung mit Heizkasten * numerische Berechnungsmethoden	Methode: * Meßmethoden - Wärmestrommeßplatten-Gerät - Wandmessung mit Heizkasten * numerische Berechnungsmethoden

1 ANWENDUNGSBEREICH

Diese europäische Norm beschreibt Verfahren zur Ermittlung von deklarierten Wärmeschutzwerten und Wärmeschutzrechenwerten (Wärmedurchlaßwiderstand und/oder Wärmeleitfähigkeit) für Mauerwerk und Mauerwerksprodukte.

2 NORMATIVE VERWEISUNGEN

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder nicht datierte Verweisungen Bestimmungen aus anderen Publikationen.

Die normativen Verweisungen werden an den entsprechenden Stellen des Textes zitiert und sind im folgenden aufgelistet. Bei datierten Verweisungen gelten Ergänzungen oder überarbeitete Fassungen nur, wenn sie ausdrücklich als Ergänzung oder Überarbeitung in diese Norm aufgenommen werden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe dieser Publikation auf die verwiesen wird.

ENaaa (ISO/DIS 8302)	Bestimmung des stationären Wärmedurchlaßwiderstandes und verwandter Eigenschaften - Verfahren mit dem Plattengerät
ENbbb (ISO/DIS 8301)	Bestimmung des stationären Wärmedurchlaßwiderstandes und verwandter Eigenschaften - Verfahren mit dem Wärmestrommeßplatten-Gerät
ENccc (ISO/DIS 8990)	Bestimmung des stationären Wärmedurchganges - Wandmessung mit Heizkasten
ENddd	Mauerwerk-Bestimmung des Wärmedurchlaßwiderstandes mittels Wärmestrommeßplatten im Wandprüfstand
ENeee	Baumaterialien-Messung von Materialien mit mittlerer und hoher Wärmeleitfähigkeit (Mauerwerksmaterialien) - Plattengerät oder Wärmestrommeßplatten-Gerät
EN 26946-1	Bauelemente und Bauteile - Der Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Rechenverfahren
EN 771	Festlegungen für Mauersteine
EN 772	Prüfverfahren für Mauersteine
EN 998	Bestimmungen für Mörtel im Mauerwerksbau
EN 1015	Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk
ISO 7345	Wärmedämmung - Physikalische Einheiten und Definitionen

3 DEFINITIONEN UND SYMBOLE

3.1 Definitionen

Für den Zweck dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Definitionen und die in ISO 7345/1987 angegebenen.

- 3.1.1 Material:** Ein Stoff, der für die Herstellung von Produkten oder Bauteilen verwendet werden kann.
- 3.1.2 Produkt:** Ein Gegenstand, der für die Verarbeitung in Bauteilen hergestellt oder bearbeitet wurde.
- 3.1.3 Mauerwerk:** Nach einem bestimmtem Muster verlegte Mauersteine, die mit Mörtel zusammengefügt sind.
- 3.1.4 Mauerstein:** Ein vorgeformtes Element für die Verwendung im Mauerwerksbau.
- 3.1.5 Wärmeschutzwert:** Ein allgemeiner Ausdruck für entweder die Wärmeleitfähigkeit ($W/(m.K)$) oder den Wärmedurchlaßwiderstand ($m^2.K/W$).
- 3.1.6 Deklarierter Wert:** Der erwartete Wert der thermischen Eigenschaften eines Baumaterials oder eines Produkts abgeschätzt durch:
- gemessene Daten:
 - bei einer Bezugstemperatur
 - in seiner Dicke
 - einen festgesetzten Bruchteil mit einem angegebenen Vertrauensniveau
 - nach einer sinnvollen erwarteten Nutzungsdauer unter normalen Bedingungen
- HINWEIS: Der deklarierte Wert kann als Wärmeleitfähigkeit λ_D oder Wärmedurchlaßwiderstand R_D ausgedrückt werden.
- 3.1.7 Rechenwert:** Der Wert einer thermischen Eigenschaft eines Baumaterials oder eines Produktes unter Bedingungen, die entsprechend der Umgebung als typisch für Gebäude angesehen werden können.
- HINWEIS 1: Der Rechenwert kann als Wärmeleitfähigkeit λ_U oder Wärmedurchlaßwiderstand R_U ausgedrückt werden.
- HINWEIS 2: Ein bestimmtes Produkt kann unterschiedliche Rechenwerte haben, abhängig vom Verwendungszweck und Klima.

- 3.1.8 Bezugsbedingungen und Parameter:** Bedingungen, die einen Gleichgewichtszustand beschreiben, der als Bezugsbasis für Wärmeschutzwerte von Baumaterialien und Bauprodukten ausgewählt wurde.
- 3.1.9 Äquivalente Wärmeleitfähigkeit:** Der Wert, den man erhält, wenn man die Dicke eines bestimmten Mauersteines oder einer Mauerwerkskonstruktion durch den gemessenen Wärmedurchlaßwiderstand dividiert.
- 3.1.10 Vollmauerstein:** Ein Mauerstein, der keine Löcher hat.
- 3.1.11 Zusammengesetzter Mauerstein:** Ein Mauerstein, der aus mehr als einem Material gefertigt ist.

3.2 Symbole

Symbol	Größe	Einheit
$\lambda_{10, tr}$	Wärmeleitfähigkeit gemessen in trockenem Zustand bei einer Durchschnittstemperatur von 10°C	W/(m.K)
λ_i	einzelne gemessene Wärmeleitfähigkeit	W/(m.K)
λ_{rm}	arithmetischer Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit	W/(m.K)
λ_D	deklarierte Wärmeleitfähigkeit	W/(m.K)
λ_U	Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit	W/(m.K)
λ_{equ}	äquivalente Wärmeleitfähigkeit	W/(m.K)
R_i	einzelner gemessener Wärmedurchlaßwiderstand	m ² . K/W
R_{rm}	arithmetischer Mittelwert des Wärmedurchlaßwiderstandes	m ² . K/W
R_D	deklariertes Wärmedurchlaßwiderstand	m ² . K/W
R_U	Rechenwert des Wärmedurchlaßwiderstandes	m ² . K/W
T	Temperatur	K
μ	Wasserdampfdiffusionskoeffizient	1
c	spezifische Wärme	kJ/(kg.K)
l	Länge eines Mauersteins	mm
w	Breite eines Mauersteins	mm
H_U, h_U	Höhe eines Mauersteins	mm
H_M, h_M	Dicke einer Mörtelfuge	mm

4 VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG VON DEKLARIERTEN WÄRMESCHUTZWERTEN UND WÄRMESCHUTZRECHENWERTEN FÜR MAUERWERKSMATERIALIEN, VOLLMAUERSTEINE UND MÖRTELPRODUKTE SOWIE FÜR WÄNDE AUS DERARTIGEN PRODUKTEN

4.1 Allgemeines

Für Vollmauersteine sind der λ -Materialwert und der λ -Produktwert gleich. Griffelöcher die nicht durch den Mauerstein hindurchgehen sind nicht als Löcher anzusehen.

Deklarierte λ_D -Materialwerte von Vollmauersteinen und Mörtelprodukten können durch Prüfungen an Materialproben oder aus Tabellen oder Diagrammen, die Lambda auf die Dichte beziehen, ermittelt werden. In beiden Fällen muß der Lambda-Wert repräsentativ für das Material, gemäß der Produktnorm sein.

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

4.2 Deklarierte λ -Werte von Mauerwerksmaterialien, Vollmauersteinen und Mörtelprodukten

4.2.1 Tabellierte Werte

$\lambda_{10,tr}$ -Werte von verschiedenen Mauerwerksmaterialien sind im Anhang A angegeben, unterschieden nach Materialtyp und Trockenrohdichte. Dieser Anhang enthält auch Werte für die Wasserdampfdiffusionskoeffizienten, die spezifische Wärme und die Feuchtigkeitskoeffizienten, die die Zunahme von λ pro Prozent Feuchtigkeitszunahme beschreiben.

4.2.2 Prüfmessungen

Wenn der Hersteller sich entscheidet, einen deklarierten λ -Materialwert durch Prüfmessungen zu ermitteln, soll folgendes Verfahren angewendet werden:

4.2.2.1 Prüfkörper

Detaillierte Information über die Prüfkörper sind EN aaa und EN eee zu entnehmen. Achten Sie darauf, daß die Prüfkörper so hergestellt werden, daß ihr λ -Wert dem λ -Wert des Materials im Mauerwerksprodukt selbst entspricht.

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

4.2.2.2 Probenvorbereitung

Normalerweise werden Mauerwerksmaterialien im trockenen Zustand geprüft. Es ist auch möglich, Prüfungen im feuchten Zustand durchzuführen, in diesem Fall ist der Feuchtigkeitsgehalt bei der Prüfung anzugeben.

4.2.2.3 Prüfmessungen

Referenzprüfmethode ist EN aaa. Zusätzliche detailliertere Informationen über das Prüfverfahren für Mauerwerksmaterialien enthält EN eee.

HINWEIS: Alternative Prüfmethoden, für die unterschiedliche Probekörper und Methoden der Probenvorbereitung erforderlich sein können, dürfen verwendet werden, falls die Beziehung zwischen der Referenzprüfmethode und der alternativen Methode angegeben werden kann.

4.2.2.4 Die Ermittlung des deklarierten Wertes

Den von CEN/TC 89 angegebenen Basisregeln folgend, basiert die Ermittlung des deklarierten λ_D -Wertes auf dem mittleren λ -Wert und dem λ -Grenzwert. Für dieses Ermittlungsverfahren sind drei Grundinformationen erforderlich:

1. Das tabellierte λ -Dichte-Verhältnis für das betreffende Material (Anhang A)
2. Die Bandbreite produzierter Rohdichten, die entweder aus der Produktionsgeschichte oder aus den Dichtetoleranzen, die in den entsprechenden Produktnormen angegeben sind, abgeleitet werden kann.
3. Zumindest drei individuelle Prüfmessungen der Rohdichte und von λ_i , die sicherstellen, daß der deklarierte Wert repräsentativ für das jeweils produzierte Material ist. Diese drei Tests müssen an Proben aus unterschiedlichen Chargen der Produktion durchgeführt werden, um die produzierte Bandbreite der Rohdichte repräsentieren zu können. Diese drei Messungen werden zur Ermittlung des Abstandes der individuellen λ -Rohdichte-Kurve von der tabellierten λ -Rohdichte-Kurve für eine bestimmte Produktion benutzt.

Dann ist folgendes Verfahren anzuwenden:

Berechne den arithmetischen Mittelwert der 3 λ -Meßergebnisse.

Messe die Rohdichte von jedem dieser drei Probekörper gemäß EN 772 oder EN 1015 und berechne den arithmetischen Mittelwert der 3 Meßergebnisse.

Durch den Punkt, der die mittlere Wärmeleitfähigkeit und die mittlere Rohdichte darstellt zeichne ein λ /Rohdichte-Diagramm parallel zur allgemeinen λ /Rohdichte-Kurve (graphische Darstellung der im Anhang A tabellierten λ - und Rohdichte-Werte des Produktes (des Materials)).

Ermittle den mittleren λ -Wert der Produktion aus der mittleren Rohdichte der Produktion. Die höchsten und niedrigsten möglichen λ -Werte (oberer und unterer Grenzwert) sind aus den Grenzwerten der produzierten Bandbreite der Rohdichte abzuleiten. Die produzierte Bandbreite der Rohdichte und die mittlere Rohdichte der Produktion sind aus einer großen Anzahl einzelner regelmäßig (z.B. zweimal täglich) in der Fabrik durchgeführter Prüfungen der Produktrohden zu ermitteln.

Gib den deklarierten λ_D -Wert als den mittleren λ -Wert zusammen mit dem Abstand zwischen dem Grenzwert und dem mittleren Wert in folgender Form an:

$$\lambda_D = \text{mittlerer } \lambda\text{-Wert} \pm xx \text{ (W/mK)}$$

Bild 1 stellt dieses Verfahren graphisch dar.

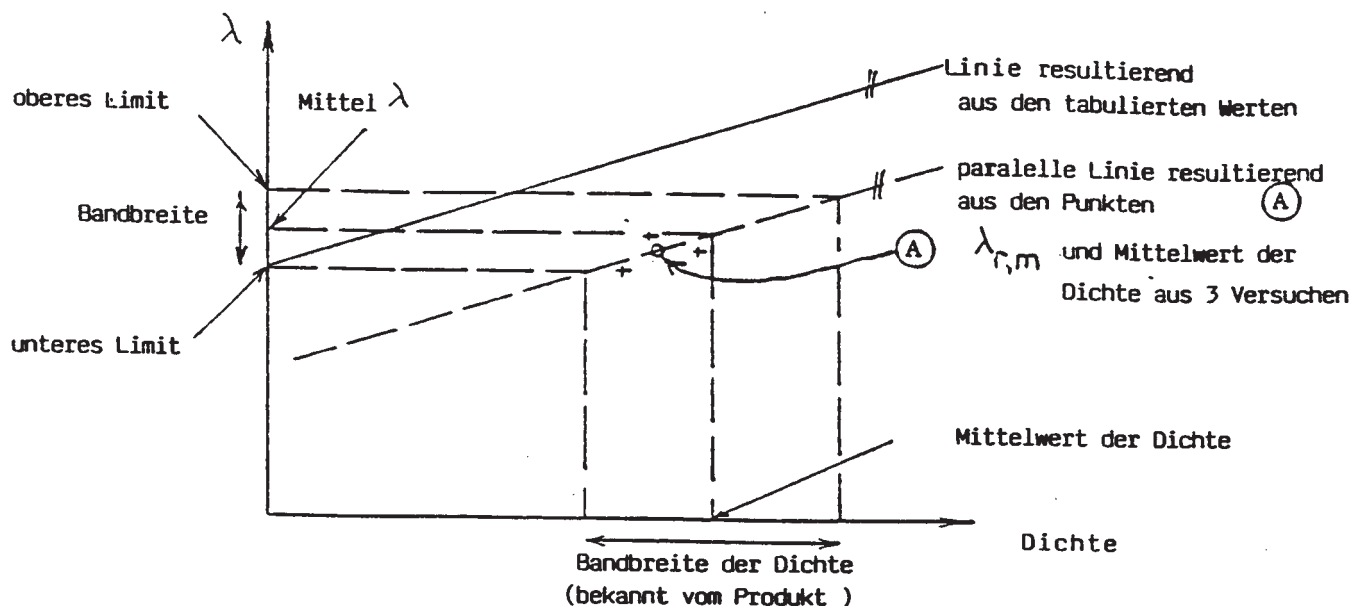


Bild 1: Ableitung des deklarierten λ_D -Wertes

4.3 Rechenwerte für R/ λ -Mauerwerk-Werte von Mauerwerk aus Vollmauersteinen

4.3.1 Tabellierte Werte

HINWEIS: Es ist auf Grund der sehr unterschiedlichen Mauersteinformate am europäischen Markt nicht möglich, europäische Tabellen zu erstellen. Wenn Tabellen auf nationaler Ebene entwickelt werden, sollten sie wenigstens folgende Informationen enthalten:

- Materialien;
- Trockenrohdichte der Materialien;
- Wärmedurchlaßwiderstände und äquivalente Wärmeleitfähigkeiten;
- Mörtelart und Geometrie der Mörtelfuge;
- die Mörtelfugenfläche als Prozentsatz der Wandfläche (Fugenteil);
- Feuchtekorrekturfaktoren für Mauerwerk.

Zusätzliche Informationen, wie z.B. Werte für die spezifische Wärme, können angegeben werden.

4.3.2 Prüfmessungen

Wenn der Hersteller sich entscheidet, die R_U/λ_U -Mauerwerks-Werte mittels Prüfmessungen zu ermitteln, ist das folgende Verfahren anzuwenden:

- Wähle Proben von 3 verschiedenen Chargen der Produktion.
- Errichte aus jeder dieser Produktionschargen eine Wand.
- Messe den Wärmedurchlaßwiderstand und/oder die äquivalente Wärmeleitfähigkeit jeder dieser Wände gemäß EN ccc und EN ddd.
- Berechne den mittleren Wärmedurchlaßwiderstand und/oder die mittlere Wärmeleitfähigkeit aus den 3 Meßergebnissen.
- Ermittle den Rechenwert des Wärmedurchlaßwiderstandes und/oder der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks auf Basis dieses Mittelwertes unter Berücksichtigung der national festgelegten Rechenwerte für den Feuchtigkeitsgehalt.

Anzugeben sind die Art der Mauersteine und die entsprechende EN aus der EN 771-Serie, die Steinmasse gemessen gemäß EN 772 (die trockene Masse oder bezogen auf den national angegebenen Rechenwert des Feuchtigkeitsgehaltes), die Geometrie der Probekörper und die Wärmeleitfähigkeit und die Geometrie (z.B. Mörtelbänder) der für die Messungen verwendeten Mörtelfugen.

Für die Berechnung der R_U/λ_U -Mauerwerks-Rechenwerte bei irgendeinem anderen Feuchtigkeitsgehalt ist es nötig, den Einfluß der Feuchtigkeit zu berücksichtigen. Die Werte der Feuchtigkeitskorrekturfaktoren können durch Prüfungen bei mehreren unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalten abgeleitet werden. Alternativ können die Feuchtigkeitskorrekturfaktoren nationalen Tabellen entnommen werden. Wenn keine dieser beiden Möglichkeiten besteht, ist für alle Materialtypen und Geometrien ein Feuchtigkeitskorrekturfaktor von 6 % zu verwenden. (D.h., der Wärmedurchlaßwiderstand des Mauerwerks ändert sich um 6 % pro Volumsprozent Änderung des Feuchtigkeitsgehaltes.)

Für Mauersteintypen, die mit unterschiedlichen Mörteltypen kombiniert werden können, sind Wärmeschutzwerte für alle diese Kombinationen zu deklarieren.

HINWEIS: Als Näherung können die für Mörtel mit niedriger Wärmedämmfähigkeit gemessenen Werte mittels einer einfachen Mittelwertberechnung der Leitwerte ($1/R$) entsprechend dem Flächenverhältnis der Mörtelfugen und der Mauersteine auf entsprechende Werte für Mörtel mit hoher Wärmedämmfähigkeit umgerechnet werden und umgekehrt, vorausgesetzt, daß das Verhältnis der Wärmedurchlaßwiderstände der Mauersteinschar und der Mörtelschicht 1:5 nicht überschreitet.

4.3.3 Berechnungsmethoden

4.3.3.1 Allgemeines

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

Es gibt zwei Möglichkeiten, wie der Einfluß unterschiedlicher Rechenwerte des Feuchtigkeitsgehaltes berücksichtigt werden kann:

- a) deklarierter λ -Materialwert ($\lambda_{10,tr}$) $\rightarrow$ Feuchtigkeitskorrektur $\rightarrow \lambda_U$ -Material-"Rechenwert" $\rightarrow$ Berechnung $\rightarrow R_U / \lambda_U$ -Mauerwerk-Rechenwert;
- b) deklarierter λ -Materialwert ($\lambda_{10,tr}$) $\rightarrow$ Berechnung $\rightarrow$ "deklariertes" R_D / λ_D -Mauerwerk-Wert $\rightarrow$ Feuchtigkeitskorrektur $\rightarrow R_U / \lambda_U$ -Mauerwerks-Rechenwert

Im Fall a) sind die Feuchtigkeitskorrekturfaktoren für Materialien gemäß Anhang A zu verwenden. Im Fall b) sollen die in 4.3.2 angegebenen Feuchtigkeitskorrekturfaktoren für Mauerwerk verwendet werden.

4.3.3.2 Numerische Berechnung

Anhang C enthält Anforderungen für geeignete Berechnungsprogramme (Genauigkeit, Randbedingungen etc.).

HINWEIS: Numerische Berechnungsverfahren (z.B. Finite-Elemente-Methode oder Finite-Differenzen-Methode etc.) führen zu richtigen Ergebnissen, auch wenn es große Unterschiede zwischen dem λ -Wert des Mauersteinmaterials und des Mauermörtels gibt.

4.3.3.3 Vereinfachte Berechnung

Die in EN 26946-1 dargestellte vereinfachte Berechnungsmethode darf angewendet werden.

5 VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG VON DEKLARIERTEN WÄRMESCHUTZWERTEN UND WÄRMESCHUTZRECHENWERTEN FÜR GELOCHTE MAUERSTEINE UND ZUSAMMENGESETZTE MAUERSTEINE SOWIE FÜR WÄNDE AUS DERARTIGEN STEINEN

5.1 Allgemeines

Die thermischen Eigenschaften gelochter Mauersteine können nicht zur Gänze aus dem λ -Wert des Materials ermittelt werden, darüber hinaus gibt es auch einen großen Einfluß der Form und der Geometrie der Löcher im Stein.

Die deklarierten R_D/λ_D -Produktwerte von gelochten Mauersteinen und zusammengesetzten Mauersteinen können im Prinzip entweder aus Tabellen oder durch Prüfmessungen an den Mauersteinen oder durch numerische Berechnungen ermittelt werden.

Die R_U/λ_U -Mauerwerksrechenwerte von Mauerwerk aus gelochten Mauersteinen oder zusammengesetzten Mauersteinen können entweder aus Tabellen oder durch Prüfmessungen an Mauerwerksprobekörpern oder durch Berechnungen ermittelt werden.

5.2 Deklarierte R_D/λ_D -Produktwerte von gelochten Mauersteinen und zusammengesetzten Mauersteinen

5.2.1 Tabellierte Werte

HINWEIS: Derzeit sind keine Meßverfahren gemäß 5.2.2 verfügbar. Es wäre möglich tabellierte Werte auf der Grundlage numerischer Berechnungen gemäß 5.2.3 zu erstellen. Derzeit existieren keine derartigen Tabellen.

5.2.2 Prüfmessungen

HINWEIS: Derzeit gibt es keine geeignete Meßmethode, um den R_D/λ_D -Produktwert von gelochten Mauersteinen oder zusammengesetzten Mauersteinen direkt am einzelnen Produkt zu messen. Prinzipiell wäre es möglich, den Wärmestrom durch den Mauerstein mittels eines Wärmeflußmessers zu messen, aber in diesem Fall wäre es erforderlich, daß der Wärmeflußmesser die gesamte Oberfläche des Mauersteins bedeckt. Da es viele unterschiedliche Formate von Mauersteinen auf dem europäischen Markt gibt, würde das bedeuten, daß eine Prüfstelle unterschiedliche Wärmeflußmesser für alle unterschiedlichen Formate von Mauersteinen benötigen würde, was ein finanzielles und praktisches Problem darstellt. Darüber hinaus gibt es Probleme mit lateralen Wärmeströmen zwischen dem Mauerstein und der Maske. Dieses Problem wird derzeit erforscht, aber es wird voraussichtlich noch einige Zeit dauern, bevor eine europäische Norm für diese Art von Prüfmessungen zur Verfügung stehen wird.

5.2.3 Berechnungsmethoden

Derzeit gibt es mehrere unterschiedliche numerische Verfahren (z.B. Finite Differenzen, Finite Elemente) für die Berechnung der thermischen Eigenschaften von gelochten Mauersteinen oder zusammengesetzten Mauersteinen. Die Wärmeleitfähigkeiten der Materialien sind notwendige Eingabeparameter für derartige Berechnungen und können entweder gemäß 4.2.1 oder 4.2.2 ermittelt werden.

Anhang C enthält Anforderungen für geeignete Berechnungsprogramme (Genauigkeit, Randbedingungen etc.).

5.3 R_U/λ_U -Mauerwerks-Rechenwerte von Mauerwerk aus gelochten Mauersteinen oder zusammengesetzten Mauersteinen

5.3.1 Tabellierte Werte

5.3.1.1 Allgemeines

Es ist auf Grund der sehr unterschiedlichen Formate, Gestaltungen und Materialtypen, die in den Steinen kombiniert sind, nicht zweckmäßig, europäische Tabellen für zusammengesetzte Mauersteine zu erstellen.

Wenn Tabellen auf nationaler Ebene entwickelt werden, sollten sie zumindest die nachfolgenden Informationen enthalten:

- Materialien;
- Trockenrohdichte der Materialien;
- Wärmeleitfähigkeiten der verschiedenen in dem Mauerstein kombinierten Materialien;
- Gestaltung des Mauersteines (z.B. interne Wärmebrücken);
- Mörtelart und Geometrie der Mörtelfuge;
- Mörtelfugenfläche als Prozentsatz der Wandfläche (Mörtelfugenanteil);
- Feuchtigkeitskorrekturfaktoren für Mauerwerk.

Anhang B enthält Basiswerte für die Ermittlung von R_U/λ_U -Mauerwerks-Rechenwerten von Mauerwerk aus gelochten Mauersteinen, unterschieden nach:

- Material;
- Geometrie der Mauersteine und Geometrie der Löcher;

- λ -Wert des Mauersteinmaterials;
- λ -Wert des Mörtels.

HINWEIS: Die Werte im Anhang B wurden mittels eines dreidimensionalen finite Differenzenprogrammes berechnet.

Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit der Luftschlitze wurde gemäß Anhang E.3 der EN 26946-1 ermittelt. Das Programm wurde mittels der Beispiele im Anhang C überprüft und genügt allen Anforderungen für geeignete Berechnungsverfahren.

Der theoretische Hintergrund für die Auswahl der Geometrien war das Wissen über die 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 den Zweck tabellierter Werte vernachlässigbar sind.)

Die tabellierten R/λ -Basiswerte sollten als Grundlage für die Berechnung jeglicher nationaler Rechenwerte herangezogen werden, die von den Klimabedingungen und der Anwendung abhängig sind. Werte der Feuchtigkeitskorrekturfaktoren können durch Prüfungen bei mehreren unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalten abgeleitet werden. Falls derartige Werte nicht existieren ist für alle Materialtypen und Geometrien ein Feuchtigkeitskorrekturfaktor von 6 % zu verwenden (d.h. der Wärmedurchlaßwiderstand des Mauerwerks ändert sich um 6 % pro Volumsprozent Änderung des Feuchtigkeitsgehaltes). Es ist auch möglich, einen Rechenwert zu ermitteln, indem der λ -Wert jedes Materials unter Verwendung der Korrekturfaktoren im Anhang A korrigiert wird und die Tabellen für R_U/λ_U äquivalent von Mauerwerk im Anhang B verwendet werden.

In einigen Fällen sind die tabellierten Werte in zwei Werte aufgespalten, von denen einer ohne vertikale Mörtelfuge und der zweite mit vertikaler Mörtelfuge gelten. Für jene Geometriegruppen, für die keine eigenen Werte angegeben sind, ist das unten angegebene Berechnungsverfahren anzuwenden.

HINWEIS: Der Wärmedurchlaßwiderstand der Mörtelfugen, auf dem die Berechnungsergebnisse basieren, kann auf unterschiedliche Weise erreicht werden. Es ist möglich, vollflächige Lagerfugen mit einem Dämmmörtel auszuführen, der gleiche Wärmedurchlaßwiderstand/äquivalente Leitfähigkeit kann durch Mörtelbänder aus einem Normalmörtel erreicht werden, gegebenenfalls mit einem Dämmstoffstreifen dazwischen.

Die Werte der Material-Leitfähigkeiten sind $\lambda_{10, tr}$ -Werte. Wenn keine Meßwerte der Wärmeleitfähigkeit des Mauersteinmaterials und des Mörtels zur Verfügung stehen, können die tabellierten Werte im Anhang A verwendet werden.

Für Material-Leitfähigkeiten zwischen den tabellierten Klassen kann linear interpoliert werden.

HINWEIS: Die Werte wurden entsprechend dem Material der Mauersteine in Gruppen eingeteilt, die Rechenergebnisse sind jedoch auch für andere Materialien gültig, wenn die Geometrie und die Wärmeleitfähigkeit des Materials gleich sind.

Die Werte für den Wärmedurchlaßwiderstand sind als Widerstand pro 100 mm angegeben, dies bedeutet beispielsweise, daß für eine 300 mm dicke Wand die Werte mit 3 zu multiplizieren sind. Als zusätzliche Information sind die Rechenergebnisse auch als λ_{equ} -Werte des Mauerwerks angegeben.

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

Berechne den U-Wert des Mauerwerks aus der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit in der Tabelle gemäß der Formel:

$$U_T = \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda_{equ}} + R_{se}}$$

wobei

U_T	ist die Wärmedurchgangszahl der Wand, in W/m^2K
R_{si}, R_{se}	sind der innere und äußere Wärmeübergangswiderstand in m^2K/W gemäß EN 26946-1
d	ist die Dicke der Wand in m
λ_{equ}	ist der Tabellenwert der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Wand in W/mK

Berechne die Wärmedurchgangszahl der Mauersteine ohne Mörtel gemäß:

$$U_U = \frac{U_T \times h - U_M \times h_M}{h_U}$$

Berechne die Wärmedurchgangszahl des Mauerwerks aus Steinen mit einer abweichenden Höhe:

$$U_H = \frac{U_U \times H_U + U_M \times H_M}{H}$$

wobei

h_U ist die Mauersteinhöhe in mm, die Grundlage für die Berechnung der tabellierten Werte war

h_M ist die Höhe der Mörtelfuge in mm, die Grundlage der Berechnung der tabellierten Werte war

h = $h_U + h_M$ in mm

U_U ist die Wärmedurchgangszahl des Mauersteins ohne den Einfluß des Mörtels in W/m^2K

U_M ist die Wärmedurchgangszahl der Mörtelfuge in W/m^2K gemäß:

$$= \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda_M} + R_{se}}$$

λ_M ist die Wärmeleitfähigkeit des Mörtels in W/mK

U_H ist die Wärmedurchgangszahl des Mauerwerks aus Mauersteinen mit der Höhe H_U in W/m^2K

H_U ist die tatsächliche Höhe des Mauersteins in mm

H_M ist die tatsächliche Höhe der Mörtelfuge in mm

H = $H_U + H_M$ (mm)

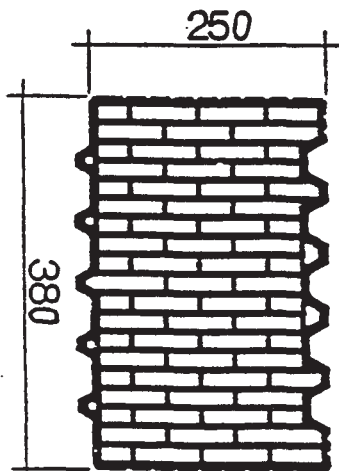
Eine analoge Berechnung kann für abweichende Längen der Mauersteine bzw. abweichende Dicken der vertikalen Mörtelfugen angewendet werden.

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

HINWEIS 1: Die Wärmedurchgangszahl von Mauerwerk aus Mauersteinen mit einer Länge > 25 cm mit einem Nut- und Federsystem anstelle einer vertikalen Mörtelfuge wird etwas niedriger als der tabellierte Wert sein, was bedeutet, daß der tabellierte Wert auf der sicheren Seite liegt. Für Mauersteine mit Formen gemäß B.4.1 bis B.4.6, bei denen die vertikale Fuge das Lochbild nicht unterbricht, hat die Länge der Steine keinen Einfluß auf die Wärmedurchgangszahl.

HINWEIS 2: In den Zeichnungen im Anhang B ist die Wärmeflußrichtung mit einem Pfeil bezeichnet.

5.3.1.2 Beispiel für die Anwendung der Tabellen im Anhang B



Ein Hochlochziegel mit den Abmessungen $l \times b \times h_U = 250 \times 380 \times 238$ mm hat eine Trockenmasse von ca. 13,6 kg. Die horizontale Fuge besteht aus Wärmedämmörtel mit einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10, tr} = 0,16$ W/mK. Die Materialrohddichte des Ziegels ist etwa 1500 kg/m^3 , was aus der Masse und dem Nettovolumen des Ziegels abgeleitet werden kann (das Nettovolumen ist gemäß EN 772-3 zu ermitteln).

Der Ziegel hat 19 Lochreihen, das bedeutet 5 Lochreihen pro 100 mm Dicke, und entweder 3 oder 4 Löcher pro Reihe, das bedeutet 1,2 oder 1,6 Löcher pro 100 mm Länge. Es gibt keine Geometrieklasse 5/1,2, daher ist Tabelle 1.3 - Geometrie 5/1,6 anzuwenden. Die Werte dieser Tabelle liegen auf Grund der Lochreihenanzahl und der Stegdicken auf der sicheren Seite. Aus dem Anhang A kann der $\lambda_{10, tr}$ -Wert für Ziegelmateriale mit einer Rohddichte von 1500 kg/m^3 mit $0,42 \text{ W/mK}$ entnommen werden (falls eine individuelle Prüfung für λ vorliegt, kann der Meßwert verwendet werden). Aus der ersten Spalte der Tabelle 1.3 ($\lambda_{\text{Mörtel}} = 0,16 \text{ W/mK}$) kann ein Wärmedurchlaßwiderstand von $0,58 \text{ m}^2\text{K/W}$ und ein λ_{equ} von $0,17 \text{ W/mK}$ entnommen werden. Da der Ziegel eine Dicke von 38 cm hat beträgt der R-Wert für die trockene Wand $0,58 \times 3,8 = 2,204 \text{ m}^2\text{K/W}$. Der Ziegel hat ein Nut- und Federsystem in der vertikalen Fuge, weshalb keine Mörtelkorrektur erforderlich ist (auch wenn es eine vertikale Mörtelfuge gäbe, wäre sie vernachlässigbar, da Wärmedämmörtel verwendet wird). Es ist keine Korrektur für abweichende Abmessungen erforderlich, da die Länge und Höhe des Ziegels mit den "Basisabmessungen" der Geometrie 1.3 übereinstimmen.

Zur Ermittlung eines Wärmeschutzrechenwertes ist der Trockenwert des Wärmedurchlaßwiderstandes entsprechend dem Feuchtigkeitsgehalt zu korrigieren. Der Feuchtigkeitskorrekturfaktor wird mit 6 % pro Volumsprozent Änderung der Feuchtigkeit angenommen, da keine individuelle Messung zur Verfügung steht. Daher ist der trockene Wärmedurchlaßwiderstand bei einem praktischen Feuchtigkeitsgehalt von 1 Vol.% mit 0,94 zu multiplizieren, was zu einem Rechenwert des Wärmedurchlaßwiderstandes von $2,204 \times 0,94 = 2,072 \text{ m}^2\text{K/W}$ führt; ein praktischer Feuchtegehalt von 1,5 Vol.% führt zu einem Rechenwert des Wärmedurchlaßwiderstandes von $2,204 \times 0,91 = 2,006 \text{ m}^2\text{K/W}$. Der U-Rechenwert wäre dann im ersten Fall $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$, im zweiten Fall $0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$.

5.3.2 Prüfmessungen

Verwende das Verfahren gemäß 4.3.2.

5.3.3 Berechnungsverfahren

Verwende das Verfahren gemäß 4.3.3.

6 ERMITTLUNG DER WÄRMEDURCHGANGSZAHL VON MAUERWERK

Regeln für die Berechnung der Wärmedurchgangszahl U sind EN 26946-1 zu entnehmen.

Für Energieverbrauchsrechnungen ist der Einfluß des Wärmespeichervermögens zu berücksichtigen.

Anhang A (normativ)

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

HINWEIS DES SEKRETARIATS: Die nachfolgenden Werte wurden auf der Grundlage der in TC 125/CG/TG 1 zur Verfügung stehenden Werte ermittelt. Nichtsdestotrotz ist sich TC 125 der derzeit laufenden Arbeiten zu diesem Thema in TC 89/WG 2 bewußt und wird die Ergebnisse dieser Arbeit berücksichtigen, wenn sie in TC 89/WG 2 und in TC 125/CG/TG 1 akzeptiert worden sind.

Tabelle A.1: Ziegel (gebrannter Ton)

Materialroh- dichte [kg/m ³]	$\lambda_{10, tr}$ [W/mK]	Wasserdampfdiffu- sionskoeffizient ¹⁾ μ [1]	C [kJ/kgK]
1000	0,18	5/10	1,0
1100	0,23	5/10	1,0
1200	0,27	5/10	1,0
1300	0,32	5/10	1,0
1400	0,37	5/10	1,0
1500	0,42	5/10	1,0
1600	0,46	5/10	1,0
1700	0,51	5/10	1,0
1800	0,56	5/10	1,0
1900	0,60	5/10	1,0
2000	0,65	5/10	1,0
2100	0,70	5/10	1,0
2200	0,75	5/10	1,0
2300	0,80	5/10	1,0
2400	0,85	5/10	1,0

HINWEIS 1: Lambda erhöht sich um 10 % pro Volumsprozents Feuchtigkeitszunahme²⁾.

HINWEIS 2: Für Ziegelmaterialien für Sichtmauerwerk mit einer Rohdichte zwischen 1800 kg/m³ und 2400 kg/m³, die normalerweise bei signifikant höheren Temperaturen gebrannt werden, ist der μ -Wert 50/100, statt 5/10.

1) Der Wasserdampfdiffusionskoeffizient μ ist definiert als jener Faktor, der beschreibt, wievielmals höher der Diffusionswiderstand einer Materialschicht ist als der Widerstand einer Luftschicht der gleichen Dicke unter den gleichen Bedingungen. Für den Vergleich des Diffusionswiderstandes zweier Bauteile ist es notwendig, den μ -Wert mit der Dicke der jeweiligen Schicht zu multiplizieren, was zu einer Zahl der Dimension m führt. Das Diffusionsverhalten ist unterschiedlich, je nach dem, ob es sich um eine Diffusion in den Bauteil (niedrigerer Wert) oder aus dem Bauteil heraus (Austrocknungsperiode, höherer Wert) handelt.

2) Aus technischen Gesichtspunkten könnte es sinnvoller sein, die Koeffizienten in Masse-Prozenten anzugeben. Derzeit laufen diesbezüglich Untersuchungen; die Koeffizienten werden endgültig festgelegt, nachdem die Ergebnisse dieser Untersuchungen zur Verfügung stehen.