

**Festlegung von Bemessungswerten
der Wärmeleitfähigkeit von
Mauerwerk – Umrechnung von
Messwerten für Mauerwerk auf
andere Mörtelarten**

T 3149

T 3149

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2007

ISBN 978-3-8167-7434-1

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

**Festlegung von Bemessungswerten
der Wärmeleitfähigkeit von Mauerwerk
- Umrechnung von Messwerten für Mauerwerk
auf andere Mörtelarten –**

Schlussbericht

Forschende Stelle: Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München
Lochhamer Schlag 4
82166 Gräfelfing

Geschäftsführer: Dr. rer. nat. Roland Gellert

Projektleiter: Dipl.-Ing. (FH) Herbert Anton

Geschäftszeichen DIBt: P 32-5-5.60-973/01

Das Forschungsvorhaben wurde gefördert vom Deutschen Institut für Bautechnik,
Berlin

Gräfelfing, den 29.06.2006

Dieser Bericht besteht aus 14 Seiten, 1 Anlage (Lochbilder), 4 Seiten Anhang (Beispiele), 2 Seiten Tabellen und 1 Seite Literaturverzeichnis

1. Ausgangssituation

Für die Festlegung von Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit von Mauerwerk sind, wenn z.B. keine Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit des Feststoffmaterials vorliegen bzw. nicht messtechnisch ermittelt werden können, Wandmessungen nach DIN 52 611 [1] notwendig. Bei diesem Vorgehen sind nach Bauregelliste A Teil 1, Anlage 2.7 bzw. DIN V 4108-4 [2] für jede Mörtelart getrennte Wandmessungen durchzuführen. Diese Messungen sind im Vergleich zu Berechnungen teurer und zeitaufwendiger. Bei der Beantragung eines Rechenwertes der Wärmeleitfähigkeit von Mauerwerk sind je Rohdichteklasse und Mörtelart je 3 Wandmessungen im trockenem Zustand der Probekörper vorzulegen.

Werden Wandmessungen mit einem sogenannten Referenzmörtel (NM, LM 36, LM 21, DBM) mit bekannter Wärmeleitfähigkeit gemäß DIN V 4108-4 [2] durchgeführt, könnte durch Rückrechnung über den Bezugswert der Wärmeleitfähigkeit (gemessener Wert der Wärmeleitfähigkeit oder Bemessungswert nach Tabelle) des Feststoffes oder der Stein-Wärmeleitfähigkeit (Blockwert) jedes Mauerwerk mit einem anderen verwendeten Mörtel berechnet und danach in eine Wärmeleitfähigkeitsklasse eingestuft werden. Dies allerdings nur bei gleicher Steinroh-dichte bzw. Steinroh-dichteklasse und für ein bestimmtes Format. Diese beschriebene Methode gilt für alle Mauersteine und Mauerwerksvarianten, wie sie z.B. im Mauerwerkskalender aufgeführt sind. Die Methode führt zu kürzeren Ausführzeiten und geringeren Kosten. Die Überprüfungen an bereits gemessenem und auch berechnetem Mauerwerk sollen zeigen, ob eine ausreichende Übereinstimmung aus Messungen und Berechnungen durch Umrechnung auf andere Mörtelarten besteht.

2. Mess- und Berechnungsverfahren

2.1 Wandmessungen nach DIN 52 611

Wandmessungen nach DIN 52 611 [1] werden an 1,50 m x 1,50 m großen mit einem bestimmten Mauermörtel nach den Regeln der DIN 1053 [3] unter besonderer Berücksichtigung der Mörtelfugendicken aufgemauerten Wandprobekörpern durchgeführt. Dabei wird der Wärmestrom im Beharrungszustand mit einer Temperaturdifferenz der Warm- und Kaltseite von ca. 20 °C mittels einer 500 mm x 500 mm großen Wärmestrommessplatte gemessen. Gleichzeitig wird die Temperaturdifferenz des Wandprobekörpers bestimmt. Die Messung geschieht im trockenen Zustand (105 °C Trocknungstemperatur) des Wandprobekörpers.

Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit ergibt sich aus der Formel:

$$\lambda_{\text{äquivalent}} = \frac{s \cdot q}{\Delta \vartheta} \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

s = Wanddicke

q = Wärmestromdichte W/m²

Δϑ = Temperaturdifferenz des Wandprobekörpers in K

Nach den Regeln des DIBt Berlin für Zulassungsprüfungen für den unregulierten Bereich sowie der Bauregelliste A Teil 1, Anlage 2.7 für genormte Stoffe, also den geregelten Bereich, sind je Steinrohdklasse aus statistischen Gründen 3 Wandmessungen nötig. Das gleiche gilt für jede Mörtelart.

2.2 3-DIM-Berechnungsverfahren

Sind Messwerte für den Steinscherben bekannt – entweder aus DIN V 4108-4 [2] oder durch Messung im Plattengerät nach DIN 52 612 [4] (Mindestdicke der Probekörper 15 mm) – so kann ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von Mauerwerk auch für unterschiedliche Mauermörtel mit einem 3-DIM-Rechenprogramm berechnet werden. Bei Rechenwerten nach Norm wird der Endwert direkt in eine Wärmeleitfähig

keitsgruppe eingestuft. Beim Rechnen mit gemessenen Trockenwerten muss vorher ein Zuschlag zur Berücksichtigung des praktischen Feuchtegehalts zugeschlagen werden. Dieser ist nach Anlage 2.7 der Bauregelliste A, Teil 1 aus Messungen nach DIN EN ISO 12571 [5] oder nach DIN V 4108-4 Tab. 2, Tab. 3 und DIN EN 12524 [6] zu ermitteln. Danach ist dieser Wert in eine Wärmeleitfähigkeitsgruppe einzustufen.

3. Umrechnungsmethoden

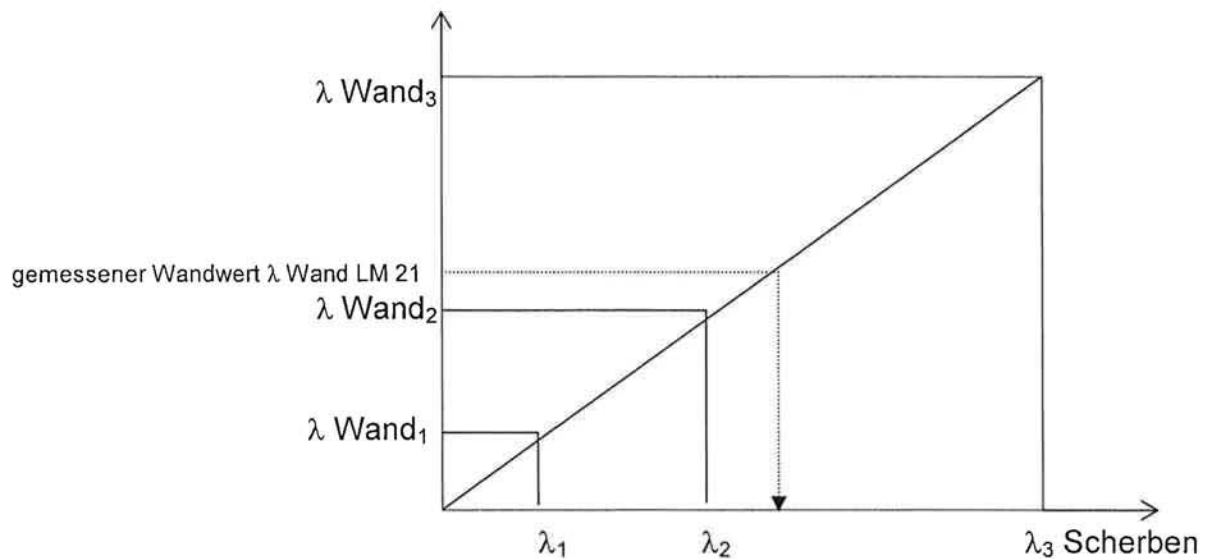
3.1 Wandmessungen nach DIN 52 611 mit LM 21 im trockenen Zustand

Der höchste Wert der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der drei auf die Nennrohddichte extrapolierten Messwerte $\lambda_{z,ex}$ ist der Basiswert für die Einstufung nach DIN V 4108-4, Tab. A1 [2] und ergibt den Bemessungswert λ_R bzw. λ_u .

3.2 3-DIM-Berechnung nach DIN EN ISO 10211-1 [7]

Eine Möglichkeit ist die Eingabe des Lochbildes sowie der Abmessungen inkl. Mörtelfugen in den Rechner. Mit 2 bis 3 Annahmen der Wärmeleitfähigkeit für den Scherben unter Berücksichtigung des gewählten Mauer Mörtels (z.B. LM 21) kann eine Regressionskurve Wärmeleitfähigkeit Wand über Wärmeleitfähigkeit Scherben gezeichnet werden. Mit dem gemessenen Wandwert (mit LM 21) kann man nun den mittleren λ -Wert für den Feststoff mit Hilfe der Regressionskurve aus den 3-DIM-Berechnungen entnehmen.

$$\lambda_{\text{Scherben } 1,2,3} = \text{Annahme für 3-DIM-Berechnung}$$

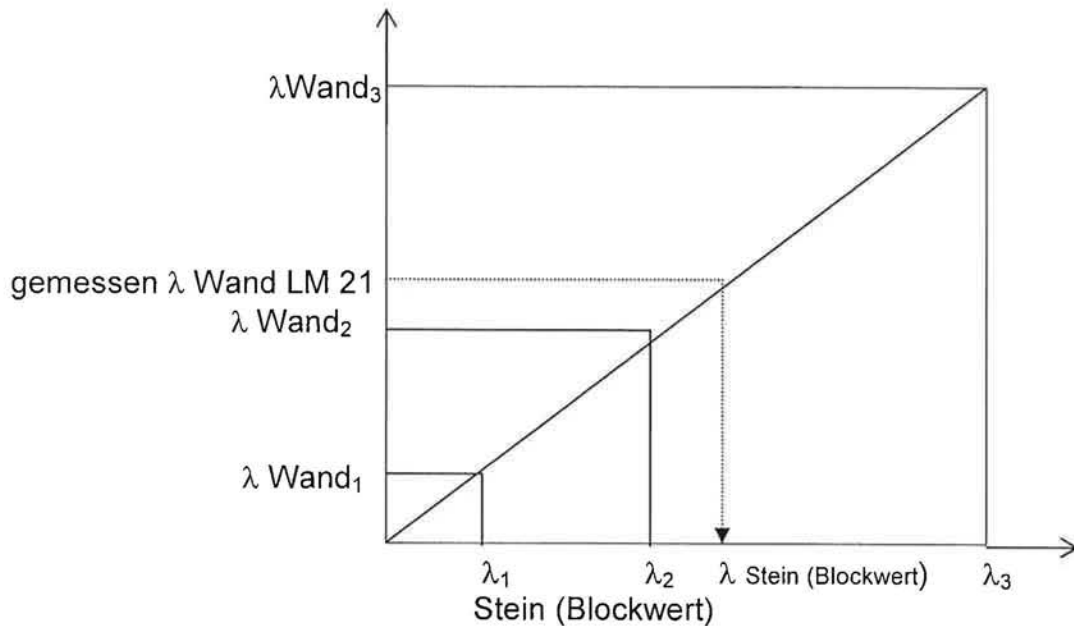


Mit diesem λ -Scherben Wert aus λ -Wand gemessen (LM 21) über Regression 3-DIM-Berechnung kann nun jeder beliebige Mörtelwert kombiniert und berechnet werden. Das Ergebnis ist die Wärmeleitfähigkeit λ -Wand Mörtel LM 21, LM 36 usw. Durch Umrechnung/Extrapolation auf die angegebene Steinrohichte-Klasse erhält man den „größten Einzelwert“ zur Einstufung des Mauerwerks in einen Bemessungswert nach DIN V 4108-4 Tab. A1 [2].

3.3 Berechnung nach EN ISO 6946 [8]

Im Unterschied zur 3-DIM-Berechnung wird nach DIN EN ISO 6946 [8] die Wärmeleitfähigkeit eines Steines separat ermittelt. Danach wird der λ -Wert für den Stein als Blockwert sowie die Mörtelfuge flächenanteilig berücksichtigt.

Genauso wie in Punkt 3.2 wird mit angenommenen Werten für den Stein (Blockwert) mit Hilfe z.B. eines Tabellenkalkulationsprogrammes der λ -Steinwert ermittelt.



Mit diesem λ -Steinwert kann nun jeder beliebige Mörtel in Kombination mit dem vorliegenden Steintyp gerechnet werden. Dies funktioniert sowohl bei rechnerisch als auch messtechnisch ermittelten λ -Werten.

4. Vergleich

4.1 Vergleich aus Messungen und Berechnungen

Es liegen vor für einen Hochlochziegel mit Stoßfugenverzahnung RD 0,8 – 21 LR – 248 mm x 365 mm x 238 mm (sh. Anlage Bild 1)

1 Wandmessung nach DIN 52 611 [1]

Ausgangswert λ Wand DIN 52 611	3-DIM-Berechnung [7] Annahme λ Scherben	3-DIM-Berechnung [7] LM 36 und NM
$\lambda_{\text{tr}} = 0,146 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ mit LM 21	$\lambda_{\text{tr}} = 0,285 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	λ (LM 36) = $0,152 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ λ (NM) = $0,183 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

nach DIN EN ISO 6946 [8]

λ Stein Annahme	Vergleich Berechnung	
	DIN EN ISO 6946 [8]	3-DIM-Berechnung [7] LM 36 und NM
$\lambda = 0,144$	λ (LM 36) = 0,150 λ (NM) = 0,174	λ (LM 36) = 0,152 λ (NM) = 0,183

4.2 Vergleich 3-DIM – DIN EN ISO 6946 [8] mit unterschiedlichen Fugendicken

4.2.1 Annahme λ -Scherben = 0,20 W/(m·K) für die Berechnung des Einflusses unterschiedlicher Fugendicke

λ Stein nach DIN EN ISO 6946 [8] = 0,123 W/(m·K) (sh. Anlage Bild 2)

Mörtel	Fugendicke mm	äquivalente Wärmeleitfähigkeit Mauerwerk Vergleich	
		3 DIM [7] W/(m·K)	DIN EN ISO 6946 [8] W/(m·K)
LM 18	12	0,126	0,126
LM 21	12	0,127	0,127
LM 36	12	0,135	0,134
NM	12	0,163	0,159
LM 18	6	0,124	0,124
LM 21	6	0,125	0,125
LM 36	6	0,128	0,128
NM	6	0,144	0,141
LM 18	3	0,124	0,124
LM 21	3	0,124	0,124
LM 36	3	0,126	0,126
NM	3	0,134	0,132

4.2.2 Annahme λ Scherben = 0,50 W/(m·K)

λ Stein nach DIN EN ISO 6946 [8] = 0,194 W/(m·K)

Mörtel	Fugendicke mm	äquivalente Wärmeleitfähigkeit Mauerwerk Vergleich	
		3 DIM [7] W/(m·K)	DIN EN ISO 6946 [8] W/(m·K)
LM 18	12	0,193	0,193
NM	12	0,234	0,228
LM 18	6	0,193	0,194
NM	6	0,214	0,211
LM 18	3	0,192	0,194
NM	3	0,205	0,202

4.3 Umrechnung auf andere Steinhöhe

Ausgehend vom Messwert im trockenen Zustand des Mauerwerks aus Hochlochziegeln mit Stoßfugenverzahnung 0,64 – 248/365/238 (sh. Anlage Bild 3) Mörtel: LM 21

Messwert nach DIN 52 611 [1] λ_{tr} = 0,130 W/(m·K).

Aus der Regressionskurve siehe Methode aus Abschnitt 3.2 erhalten wir:

3-DIM-Berechnung [7] λ Scherben = 0,261 W/(m·K)

DIN EN ISO 6946 [8] λ Stein = 0,128 W/(m·K)

Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks mit Steinhöhe 113 mm

Mörtelart	äquivalente Wärmeleitfähigkeit Mauerwerk	
	3-DIM gerechnet [7] λ W/(m·K)	DIN EN ISO 6946 [8] gerechnet λ W/(m·K)
LM 21	0,134	0,133
LM 36	0,142	0,141
NM	0,199	0,189

4.4 Umrechnung vom vorhandenen Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit für Mauerwerk mit LM 21

Hochlochziegel 0,6 – 248/365/238 (sh. Anlage Bild 3) Mörtel: LM 21

Vorgabe:

Mauerwerk LM 21: $\lambda_R = 0,14 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

berechnet 3-DIM [7]: $\lambda \text{ Scherben} = 0,285 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

berechnet DIN EN ISO 6946 [8]: $\lambda \text{ Stein} = 0,134 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Umrechnung auf $H = 113 \text{ mm}$

Mörtelart	3-DIM gerechnet [7] $\lambda \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	DIN EN ISO 6946 [8] gerechnet $\lambda \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
LM 21	0,141	0,141
LM 36	0,145	0,155

Anmerkung: Der Unterschied bei gleichem Lochbild liegt zu 4.3 und 4.4 in der Wärmeleitfähigkeit des Scherbens (2 verschiedene Wandmessungen).

4.5 Umrechnung Gitterziegel 0,65 – 247/300/238 (sh. Anlage Bild 4)

Vorgabe:

Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit mit LM 21 – $\lambda_R = 0,12 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

berechnet 3-DIM [7]: $\lambda \text{ Scherben} = 0,370 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

berechnet DIN EN ISO 6946 [8]: $\lambda \text{ Stein} = 0,116 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Umrechnung auf LM 36 und NM

Mörtelart	3-DIM gerechnet [7] $\lambda \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	DIN EN ISO 6946 [8] gerechnet $\lambda \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
LM 36	0,128	0,127
NM	0,161	0,152

Vergleich Berechnung nach 3 DIM [7] mit Berechnung nach DIN EN ISO 6946 [8]

Umrechnung von LM 21 auf LM 36 $\Delta\lambda \leq 1 \%$

Umrechnung von LM 21 auf NM $\Delta\lambda \leq 6 \%$

4.6 Leichtbetonstein 0,6 – 495/300/238 mit vermörtelter Mörteltasche – LM 21
(sh. Anlage Bild 5)

Direkter Vergleich Messen – Rechnen: Überprüfung

Vorgabe:

Wandmessung nach DIN 52 611 [1] mit LM 21 $\lambda_{tr} = 0,171 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Messwert des Leichtbetons nach DIN 52 612 [4] von

$\lambda \text{ Beton} = 0,218 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

3-DIM-Berechnung [7] $\lambda = 0,164 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

DIN EN ISO 6946 [8] $\lambda = 0,165 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

4.7 Leichtbetonstein aktuell

4.7.1 Vergleich 3-DIM-Berechnung [7] – Berechnung nach DIN EN ISO 6946 [8]
Leichtbetonstein 0,5 – 240/365/238 (sh. Anlage Bild 6)

Vorgabe:

Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit für Leichtbeton in Abhängigkeit von der Rohdichte (Werte aus Messungen)

	3-DIM Berechnung [7] $\lambda \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	DIN EN ISO 6946 Berechnung [8] Vorgabe $\lambda \text{ Stein} = 0,116 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
LM 21	0,120	0,120
LM 36	0,127	0,128
NM	0,152	0,154
DBM (H = 248)	0,119	0,118

4.7.2 Leichtbetonstein 0,5 – 490/175/238 Typ SW 1 / RD0,50 / s = 17,5 / 12 DF

	3-DIM Berechnung [7] $\lambda \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	DIN EN ISO 6946 Berechnung [8] Vorgabe $\lambda \text{ Stein} = 0,115 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
LM 21	0,119	0,119
LM 36	0,126	0,124
NM	0,151	0,147
DBM (H = 248)	0,118	0,117

5. Umsetzung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Bauregelliste A Teil 1 Anlage 2.7 bzw. DIN V 4108-4:2002-02 Anhang 1 [2] – Empfehlung für den Sachverständigenausschuss SVA B1 „Wärmeleitfähigkeit und Wärmedämmstoffe“

„Rezept“ für das Umrechnen von Messwerten für Mauerwerk auf andere Mörtelarten nach DIN V 4108-4:2002-02 Anhang A „Bestimmung von Bemessungswerten für Mauerwerk durch Messungen und durch Berechnungen“ [2].

Vorgehensweise für die Umrechnung von Mess- bzw. Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit von Mauerwerk mit einem bestimmten Mörteltyp auf andere mögliche Mörtelarten (NM, LM 36, LM 21, DBM, Mittelbettmörtel usw.).

Grundsätzlich ist eine Umrechnung möglich bei:

- Vorliegen eines Bemessungswertes λ_{Wand} mit einem bestimmten Mörtel (i.d. Regel LM 21) erhalten durch Messung von 3 Wandprobekörpern
- Vorliegen eines Bemessungswertes der Wärmeleitfähigkeit des Steinmaterials ($\lambda_{\text{Scherben}}$) über Messungen
- oder Vorliegen von tabellierten Bemessungswerten des Steinmaterials ($\lambda_{\text{Scherben}}$) und des Mörtels ($\lambda_{\text{Mörtel}}$)

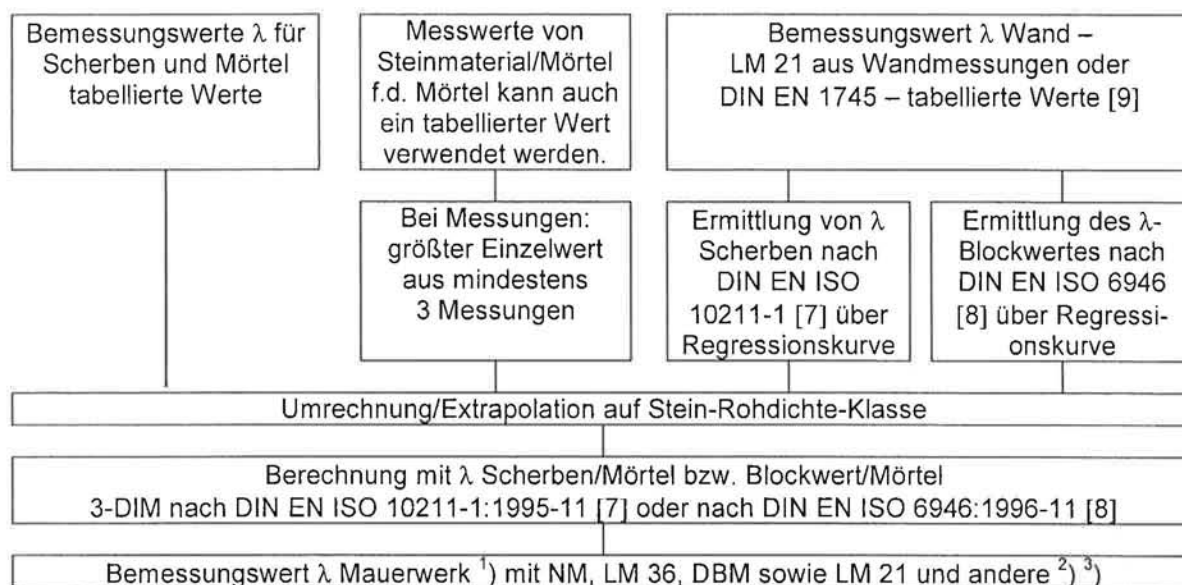
Die notwendige Anzahl von Messungen ist DIN V 4108-4 Anhang A [2] zu entnehmen.

Danach kann:

- über 3-DIM-Berechnungen nach DIN EN ISO 10211 [7] der λ -Scherben-Bezugswert ermittelt werden
- Neu ist die Ermittlung des λ -Stein-Bezugswertes (Blockwert) nach DIN EN ISO 6946 [8]

Die einzelnen Schritte sind der nachstehenden Übersicht zu entnehmen.

Übersicht: „Umrechnung von Mess-/Bemessungswerten für Mauerwerk auf andere Mörtelarten“



¹⁾ Einstufung nach DIN V 4108-4:2002-02 Anhang A Tab. A.1 [2]

²⁾ Voraussetzung ist, dass keine Einflüsse von Luftundichtheit bzw. innere Konvektion den Wärmestrom stören und der Mörtel genormt oder bauaufsichtlich zugelassen ist.

³⁾ Bei Wärmeleitfähigkeiten bezogen auf den trockenen Zustand ist ein Zuschlag nach DIN V 4108-4:2002-02 [2] bzw. nach DIN EN 12564:2000-7 [6] zu berücksichtigen.

Zusammenfassung

Es gibt zwei Möglichkeiten für die Umrechnung der Wärmeleitfähigkeit von Mauerwerk auf andere Mörteltypen, andere Fugendicken, andere Steinhöhen oder Steintypen usw.

1. 3-DIM-Berechnung nach DIN EN ISO 10211:1995-11
2. Berechnung nach DIN EN ISO 6946:1996-11 sh. Abschnitt 5 Übersicht: „Umrechnung von Mess-/Berechnungswerten für Mauerwerk auf andere Mörtelarten“

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass für eine Umrechnung immer Basiswerte vorhanden sein sollten, i.d. Regel ist dies der Bemessungswert λ für Mauerwerk mit LM 21. Es kann auch Mauerwerk mit jedem anderen genormten Mörtel umgerechnet werden, auch Dünnbettmörtel. Bei der Messung des Wärmedurchlasswiderstandes von Mauerwerk mit Dünnbettmörtel ist davon auszugehen, dass kein Einfluss auf den

Wärmestrom durch Konvektion im Innern der Wand vorhanden ist. Ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von Mauerwerk mit Dünnbettmörtel enthält keine störenden Einflüsse durch innere Konvektion. In der Praxis sind allerdings einige Vorkehrungen zu treffen (sh. Literaturhinweis [10]). Der Vorteil von Wandmessungen nach DIN 52 611 [1] gegenüber Berechnungen liegt darin, dass keine Annahmen für die Geometrie, Auslegungen für die richtigen Wärmeleitfähigkeitswerte des Feststoffs und des Mörtels usw. getroffen werden müssen. Es handelt sich bei einem Wandprobekörper um das Finalprodukt, aufgemauert mit einem Referenzmörtel wie es den Regeln der DIN 1053 [3] entspricht. Steine und Mörtel haben dem entsprechenden Stoffnormen zu entsprechen. Allein die Messgenauigkeiten der Prüfverfahren gehen in die Einstufung eines Bemessungswertes der Wärmeleitfähigkeit ein. Der über Wandmessung und 3-DIM-Berechnungen ermittelte Wert der Wärmeleitfähigkeit des Scherbens ist der Mittelwert des Steins. Wie bei der Verwendung eines tabellierten Wertes der Wärmeleitfähigkeit für den Scherben.

Dies gilt auch für Berechnungen nach DIN EN ISO 10211 [7] und DIN EN ISO 6946 [8]. Hier gehen, soweit es sich um Eingangswerte aus Messungen handelt, die Variationen von Wärmeleitfähigkeit des Mörtels und der Fugendicke nach tabellierten Vorgaben. Berechnungen unterscheiden sich von Messungen durch klare Annahmen von Randbedingungen. Einflüsse von Materialschwankungen (Rohdichte, Abmessungen und Tektur) entfallen hier.

Die Abweichungen der Berechnungen nach DIN EN ISO 6946 [8] im Vergleich zur 3-DIM-Berechnung nach DIN EN ISO 10211 [7] sind für LM 21, LM 36 und DBM (soweit keine störenden Einflüsse wie innere Konvektion vorhanden sind) $\leq 5\%$. Nur beim Vergleich mit NM liegen die Abweichungen etwas höher $\leq 6\%$ (i.d. Regel wird hochdämmendes Mauerwerk nicht mit NM vermauert). Diesen Abweichungen steht aber die einfache Handhabung des Berechnungsverfahrens sowie eine mögliche Zeit- und Kostenersparnis gegenüber. Grundsätzlich kann die Umrechnung eines vorhandenen Bemessungswertes der Wärmeleitfähigkeit von Mauerwerk mit allen genormten Mörtelarten, auch DBM durchgeführt werden. Allerdings unter Berück-

sichtigung der Einschränkung, dass keine Einflüsse von Luftundichtheiten bzw. innere Konvektion den Wärmestrom stören und die verwendeten Stoffe genormt bzw. bauaufsichtlich zugelassen sind, sowie der Angabe der möglichen Abweichungen der beiden Rechenverfahren von $\leq 5\%$ ($NM \leq 6\%$). Vorzugsweise wird eine Umrechnung, wenn vorhanden, ausgehend von Mauerwerk mit LM 21 durchgeführt.

Umrechnungen eines festgelegten Bemessungswertes für Mauerwerk mit einem bestimmten Mörtel können nach DIN EN ISO 10211 und nach DIN EN ISO 6946 erfolgen. Umrechnungen auf andere Wanddicken und/oder andere Steinlängen mit dem ermittelten oder aus Tabellen bekannten λ -Scherbenwert sind nur zulässig, wenn sich das Verhältnis Steinrohddichte : Scherbenrohddichte und Lochreihen : Wanddicke nicht verändern. Außerdem müssen alle weiteren Angaben (Stegdicken, Lochgrößen, Summe der Stegdicken quer zur Wärmestromrichtung usw.) mit dem angegebenen Steintyp übereinstimmen.

Auch für die Anwendung zur Deklaration von Wandbauprodukten nach der DIN EN 771er Serie sind die beschriebenen Verfahren geeignet. Insbesondere ist hier hervorzuheben, dass ein erhaltener Nennwert der Wärmeleitfähigkeit aus mindestens 3 Wandmessungen mit einem bestimmten Mörtel (LM 21) ohne weitere Messungen am Scherben durch Umrechnung nach DIN EN ISO 6946 direkt zum für das Produkt nach DIN EN 771-x zu deklarierendem Wert der Wärmeleitfähigkeit führt.

Die nachstehende Tabelle 1 zeigt ein Beispiel für die Art der Umrechnung. Dabei wird der Bemessungswert der Wand über die Wanddicke auf den Wärmedurchgangskoeffizienten U umgerechnet. Über die flächenanteilige Berechnung nach EN ISO 6946 erhält man den Umrechnungswert λ_{Wand} für andere Mörtelarten. In Tabelle 2 findet man Umrechnungswerte für LM 36, NM und DBM aus vorliegenden Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit für Mauerwerk (LM 21).

Gräfelfing, den 29.06.2006



Anlage (Lochbilder)

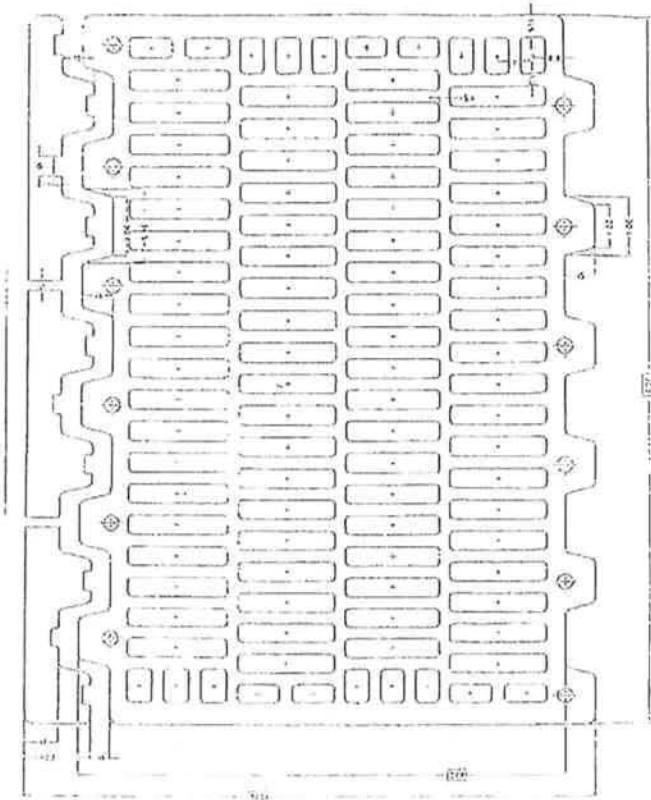


Bild 1 (sh. Abschnitt 4.1)

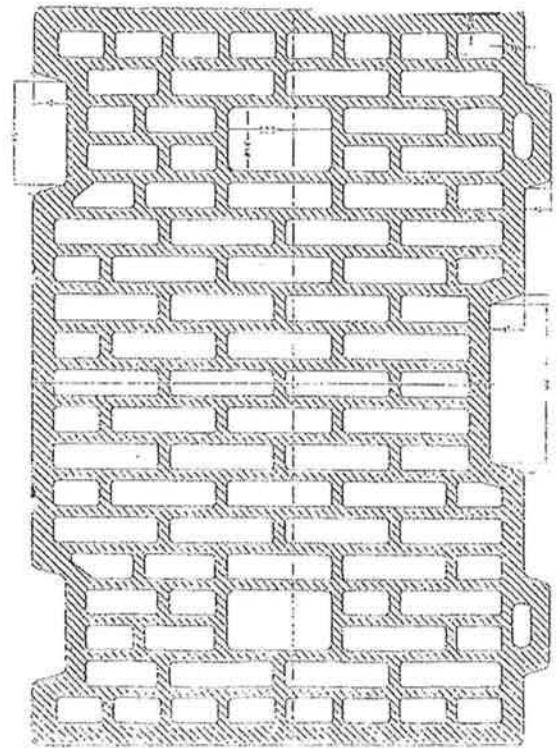


Bild 2 (sh. Abschnitt 4.2)

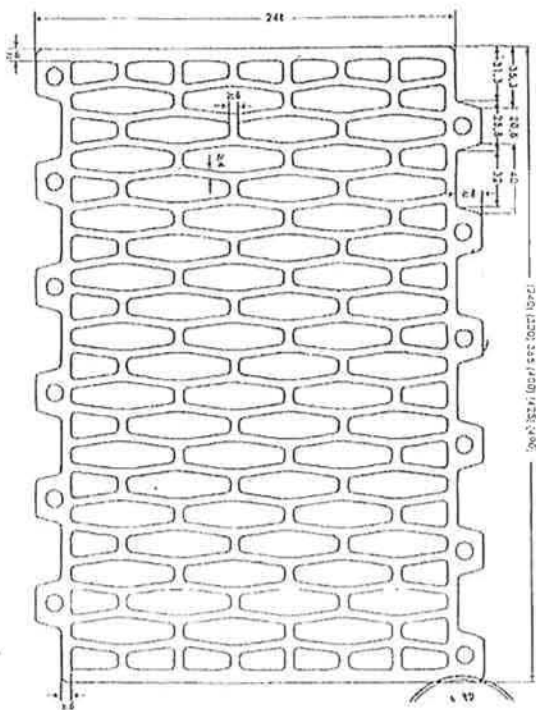


Bild 3 (sh. Abschnitt 4.3 und 4.4)

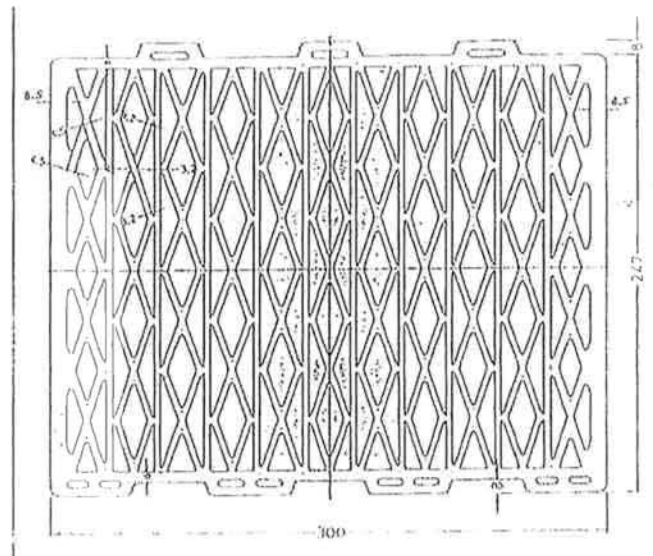


Bild 4 (sh. Abschnitt 4.5)

Beispiel 1: „Umrechnung aus Bemessungswerten

Für einen Leichtbetonstein 0,6 liegen in Anlehnung an Abschnitt 4.6 vor:

Bemessungswert λ für den

Feststoff RD = 750 kg/m³ $\lambda_R = 0,245 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Mörtel (LM 21) $\lambda_R = 0,21 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Tabellierte Werte aus DIN 4108 T. 4 Tab.1

Schritt 1:

Überprüfung der Stein-/Feststoff-Rohdichteklasse

Wenn die Steinrohddichte und die Feststoffrohddichte der Steinrohddichteklasse 0,6 entsprechen, erfolgt keine Umrechnung. Bemessungswerte aus DIN 4108 T 4 Tab. 1 können linear interpoliert werden.

Schritt 2:

Berechnung nach DIN EN ISO 10211 (3-DIM) mit LM 21

$$\lambda_{3\text{-DIM}} = 0,186 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Schritt 3:

Einstufung nach DIN V 4108-4 Anhang A Tab. A.1

$$\lambda_u = 0,18 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Schritt 4:

Berechnung mit LM 36 oder DBM durch Einsetzen der entsprechenden Bemessungswerte für den jeweiligen Mörtel und Berechnung nach DIN EN ISO 10211 (3-DIM).

Hier kann die vorgegebene Berechnungsweise für jeden beliebigen Mörtel verwendet werden. Voraussetzung ist immer, dass keine Einflüsse von Luftundichtheiten bzw. innerer Konvektion den Wärmestrom stören können.

Beispiel 2: „Direkter Vergleich Messen – Rechnen“

Für einen Leichtbetonstein 0,6 liegen in Anlehnung an Abschnitt 4.6 vor:

Messwert der Wärmeleitfähigkeit im trockenen Zustand des Feststoffs:

Größtwert aus 3 Messungen hier

Feststoff RD 750 kg/m³ $\lambda_{tr} = 0,218 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Mörtel LM 21 (tab. Wert) $\lambda_{tr} = 0,16 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Schritt 1:

Überprüfung der Stein-/Feststoff-Rohdichteklasse

Wenn 0,6/0,75 übereinstimmt erfolgt keine Umrechnung. Ansonsten Interpolation nach Regression aus DIN 4108 T4 Tab.1

Schritt 2:

Berechnung nach DIN EN ISO 10211 (3-DIM) mit LM 21 – Trockenwerte

$$\lambda_{tr\text{-3-DIM}} = 0,164 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Schritt 3:

Feuchtezuschlag nach Norm (für Mauerwerk nach DIN V 4108-4, für Mauerwerkstoffe nach DIN EN 12524

$$\lambda_u = 0,186 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Schritt 4:

Einstufung nach DIN V 4108-4 Anhang A Tab. A1

$$\lambda = 0,18 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Beispiel 3

Umrechnung auf andere Mörtelarten

Für einen Leichtbetonstein 0,6 liegen in Anlehnung an Abschnitt 4.6 vor:

Bemessungswert $\lambda_{\text{Wand}} = 0,18 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Für die Rohdichteklasse 0,6 – aufgemauert mit LM 21

Beispiel 3.1 (sh. Abschnitt 3.2)

Schritt 1:

3-DIM-Berechnungen nach DIN EN ISO 10211

Eingabe des Lochbildes sowie Abmessungen incl. Mörtelfugen für repräsentativen Teil des Mauerwerks.

Berechnung durchführen mit ca. 3 Annahmen der Wärmeleitfähigkeit des Feststoffes (Abschätzung) des Bemessungswertes für LM 21

Ermittlung der Regressionskurve λ_{Wand} über $\lambda_{\text{Feststoff}}$.

Ermittlung der gesuchten Wärmeleitfähigkeit des Feststoffes in Abhängigkeit vom Bemessungswert der Wand.

$$\lambda_{\text{Feststoff}} = 0,245 \text{ W/(m}\cdot\text{K)} \text{ (sh. Beispiel 1)}$$

Schritt 2:

Handelt es sich um einen Wert der einer Rohdichteklasse zugeordnet werden kann (bei Bemessungswerten immer) ist keine Umrechnung vorzunehmen.

Schritt 3:

Mit dem so gefundenen $\lambda_{\text{Feststoff}}$ -Wert kann nun das Mauerwerk für jede gewünschte Mörtelart berechnet und nach DIN V 4108-4 Anhang A Tab. A1 eingestuft werden.

Man erhält die Bemessungswerte λ für die berechneten Mörtelarten des Mauerwerks.

Beispiel 4

Das Verfahren zur Umrechnung eines Bemessungswertes für Mauerwerk mit einem bestimmten Mörtel nach EN ISO 6946 gleicht dem Verfahren nach Beispiel 3 (sh. Abschnitt 3.3)

Beispiel 5

Umrechnung eines Bemessungswertes für Mauerwerk aus Wandmessung mit einem bestimmten Mörtel auf Mauerwerk mit anderen Mörteln – auch Dünnbettmörtel

Angaben zu Stein und Mörtel:

Gitterziegel (siehe Anlage Bild 4 und Abschnitt 4.5) mit Stoßfugenverzahnung

Abmessungen: 247 x 300 x 238 (L x B x H) in mm

Steinrohrichtekasse: 0,65 kg/dm³

Mörtel: LM 21

Angabe zum Bemessungswert für o.g. Hochlochziegel, vermauert mit LM 21

festgelegter Bemessungswert λ 0,12 W/(m·K)

größter gemessener Einzelwert (aus 3 Wandmessungen), Steinlänge 300 mm

$$\lambda_{tr,eq.} = 0,112 \text{ W/(m·K)}$$

bei einer Steinrohrichte von 0,64 kg/dm³

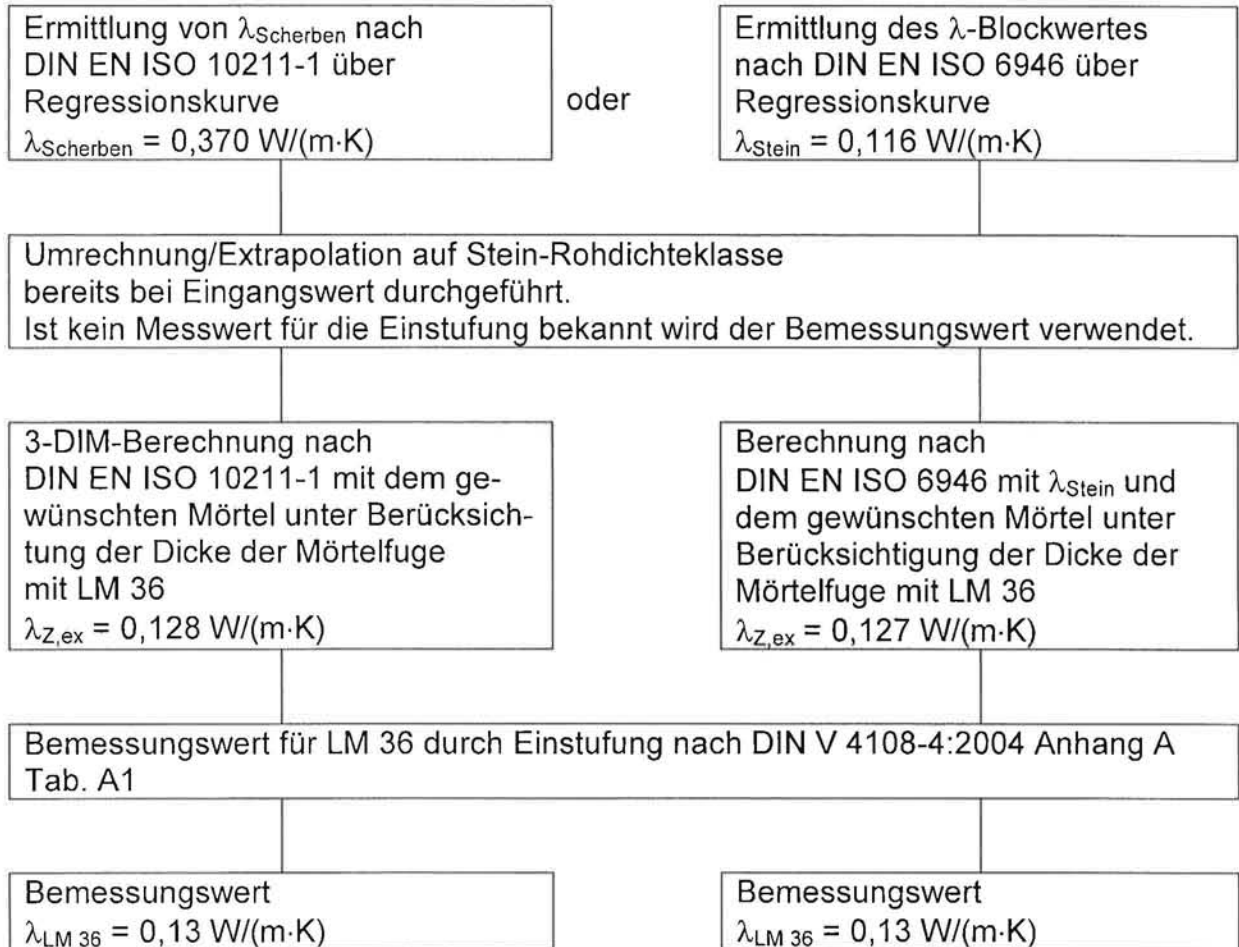
Berücksichtigung des Feuchtezuschlags Z = 5 % folgt:

$$\lambda_z = 0,118 \text{ W/(m·K)}$$

Extrapolation auf Steinrohrichtekasse 0,65 kg/dm³ mit dem Faktor 0,02 W/(m·K) pro 0,18 dm³ folgt:

$$\lambda_{z,ex} = 0,120 \text{ W/(m·K)}$$

Weitere Schritte nach Abschnitt 5 – Übersicht

**Bemerkungen:**

Beide Methoden – Berechnung nach DIN EN ISO 10211-1 und EN ISO 6946 – dürfen für die Umrechnung auf andere Mörteltypen verwendet werden. Die ermittelten Bemessungswerte gelten nur für einen Stein mit den angegebenen Werten für Abmessungen, Steinrohddichte sowie das vorliegende Lochbild. Berechnungen vom gleichen Steintyp mit anderer Wanddicke und/oder anderer Steinlänge mit dem ermittelten λ -Scherbenwert sind nur zulässig, wenn sich das Verhältnis Steinrohddichte : Scherbenrohddichte und Lochreihen : Wanddicke nicht verändern. Außerdem müssen alle weiteren Angaben mit dem Steintyp übereinstimmen.

Tabelle 1: Beispiel für Umrechnungstabelle – Wand – LM 21

Eingangswert	Wärmedurchgangskoeffizienten U in W/(m ² ·K)			Umrechnungswerte λ_{Wand} in W/(m·K)		
	U_{Wand}	$U_{\text{Mörtel}}$	U_{Stein}	LM 36	NM	DBM
Höchstwert aus 3 Wandmessungen incl. Feuchte- zuschlag und Extra- polation auf die Roh- dichteklasse Beispiel: $\lambda_{\text{OT,Z,ex,LM 21}} =$ 0,158 W/(m·K) Einstufungswert 0,16 Wanddicke s . 0,30 m Mörtelfuge s = 12 mm Stoßfugenver- zahnung						
	0,527	0,700	0,518	0,165	0,206	0,162
				0,18	0,21	0,16

Tabelle 2: Vorschlag für Tabelle in DIN V 4108-4 ohne weitere Berechnung abgeleitet vom Bemessungswert**) „Bezeichnung des Steintyps und der Vermörtelungsart“

Bemessungswert $\lambda_{D \text{ Wand, LM 21}}$ W/(m·K)	Bemessungswerte λ_D in W/(m·K)***)		
	LM 36	NM (1,0)	DBM*) (1,0)
0,18	0,21	0,21	0,18
0,16	0,18	0,21	0,16
0,15	0,16	0,18	0,15
0,14	0,15	0,18	0,14
0,13	0,14	0,18	0,13
0,12	0,13	0,16	0,12
0,11	0,12	0,15	0,11
0,10	0,11	0,14	0,10

*) 2 mm Fugendicke

**) es kann auch, wenn bekannt mit dem Einstufungswert (größter Einzelwert aus mindestens 3 Wandmessungen) gerechnet werden

***) Einstufung nach DIN V 4108-4 Anhang A Tab. A1

Tabelle A.3: Nennwerte der Wärmeleitfähigkeit von Steinprodukten (ohne Mörtel) sowie von Mauerwerk mit verschiedenen Fugenmaterialien im trockenen Zustand

Nennwert der Wärmeleitfähigkeit in W/(m·K)*				
von Steinprodukten (ohne Mörtel)	von Mauerwerk mit Mörtel ohne Stoßfugenvermörtelung			
$\lambda_{\text{Stein, tr.}}$	LM 21	LM 36	NM	DBM
0,18	0,18	0,19	0,20	0,18
0,16	0,16	0,17	0,18	0,16
0,15	0,15	0,16	0,17	0,15
0,14	0,14	0,15	0,16	0,14
0,13	0,13	0,14	0,15	0,13
0,12	0,12	0,13	0,14	0,12
0,11	0,11	0,12	0,13	0,11
0,10	0,10	0,11	0,12	0,10
0,09	0,09	0,10	0,11	0,09
0,08	0,08	0,09	0,10	0,08

* Diese Tabelle gilt für die Steinhöhe ≥ 248 mm

Zitierte Normen und Literaturhinweise

- [1] DIN 52 611 T.1:1991-01
„Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes von Bauteilen –
Prüfung im Laboratorium“
DIN 52 612 T.2:1990-04
„Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes von Bauteilen – Weiterbe-
handlung der Messwerte für die Anwendung im Bauwesen“
- [2] DIN V 4108-4:2002-02
„Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden –
wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte“
- [3] DIN 1053-1
„Mauerwerk – Berechnung und Ausführung“
- [4] DIN 52 612-1
„Wärmeschutztechnische Prüfungen –
Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät –
Durchführung und Auswertung“
- [5] DIN EN ISO 12571
„Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauproduk-
ten –
Bestimmung der hygroskopischen Sorptionseigenschaften“
- [6] DIN EN ISO 12524:2000-06
„Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften –
tabellierte Bemessungswerte“
- [7] DIN EN ISO 10211-1:1995-11
„Wärmeströme und Oberflächentemperaturen –
allgemeine Berechnungsverfahren“
- [8] DIN EN ISO 6946:1996-11
„Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient –
Berechnungsverfahren“
- [9] DIN EN 1745:2002-08
Mauerwerk und Mauerwerksprodukte – Verfahren zur Ermittlung von Wärme-
schutzrechenwerten
- [10] H. Anton, R. Alberti:
„Luftströmungen in Planziegelmauerwerk – Maßnahmen zur verbesserten
Wärmedämmung“; ZI 7/2002, Bauverlag
Das Forschungsvorhaben wurde gefördert vom Bayerischen Staatsministeri-
um für Wirtschaft, Verkehr und Technologie – Innovationsberatungsstelle
Südbayern.
Sonderdruck des Schlussberichtes vom 08.03.1999 als FIW-Mitteilung,
Reihe IV erhältlich.