

Bestimmung des Rechenwertes
der Wärmeleitfähigkeit von
Leichtmauermörtel mit beliebigen
Zuschlägen und Mischungen von
Zuschlägen

T 2629

T 2629

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

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

FORSCHUNGSINSTITUT FÜR WÄRMESCHUTZ E.V. MÜNCHEN

FORSCHUNGS- UND PRÜFTÄTIGKEIT AUF DEM GEBIET DES WÄRME- UND FEUCHTESCHUTZES IM BAUWESEN UND BEI BETRIEBSTECHNISCHEN ANLAGEN
BAUAUFSICHTLICH ANERKANNTE PRÜFSTELLE FÜR DIE GÜTEÜBERWACHUNG VON DÄMMSTOFFEN
DIREKTORIUM: DR.-ING. J. ACHTZIGER UND DIPL.-ING. H. ZEHENDNER

Bezeichnung des Forschungsvorhabens:

Bestimmung des Rechenwertes der Wärmeleitfähigkeit von Leichtmauermörtel mit beliebigen Zuschlägen und Mischungen von Zuschlägen"

Schlußbericht

Projektträger: Deutsches Institut für Bautechnik
D-10785 Berlin

Forschende Stelle: Forschungsinstitut für Wärmeschutz E.V. München

Geschäftszeichen: IV 1-5-622/90

1. Begründung

Die Festlegung von Rechenwerten der Wärmeleitfähigkeit für Wandbauarten aus Mauerwerk erfolgt in der Regel unter Zugrundelegung der Ergebnisse von Wandmessungen nach DIN 52611.

In geeigneten Fällen können diese Wandmessungen durch die Berechnung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit mit Hilfe eines mathematischen Rechenmodells (z. B. Methode der finiten Differenzen) ersetzt werden. Für die Berechnung müssen die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit der am Mauerwerk beteiligten Stoffe bekannt sein. Ebenso muß die Mörtelart beim Wandversuch definiert, überregional festgelegt und reproduzierbar sein.

Aufgrund eines vom Deutschen Institut für Bautechnik Berlin finanzierten Forschungsvorhabens "Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Leichtmauermörteln als Grundlage für den rechnerischen Nachweis des Wärmeschutzes von Wandbauarten" konnten wärme- und feuchte-technische Kennwerte für Normalmörtel und die Mörteltypen LM 36 und LM 21 mit Mörtelzuschlägen nach DIN 4226 Teil 2 ohne Quarzsand sowie auch Blähperlit festgesetzt werden.

Eigenschaften der Referenzmörtel

Referenzmörtel	Rohdichte kg/dm ³	$\lambda_{RMO}^*)$ W/(m.K)
NM	~ 1,8	1,0
LM 36	≤ 1,0	0,36
LM 21	≤ 0,7	0,21

*) bezogen auf die "baupraktische" Feuchte des Mörtels

Leichtmauermörtel, deren Zuschlag nicht den Angaben der Tabelle entspricht, lassen sich nicht ohne weiteres einer der Leichtmörtelgruppen zuordnen, da die entsprechenden experimentellen Erfahrungen fehlen.

Inwieweit es vertretbar ist, daß auch Leichtmauermörtel mit Mischungen aus Zuschlägen nach DIN 4226 Teil 1 und 2 oder Kombinationen mit anderen Zuschlägen ohne wärmeschutztechnischen Nachweis nach LM 36 bzw. LM 21 eingestuft werden können, sollen die vorgesehenen Untersuchungen zeigen.

2. Ziel

An verschiedenen Mörtelproben sollen folgende Eigenschaften bestimmt werden:

- Allgemeine Festigkeitseigenschaften zur Kennzeichnung der Mörtel
- Wärmeleitfähigkeit nach DIN 52612 als Funktion des Feuchtegehalts und Bestimmung des Zuschlagswertes Z.
- Bezugsfeuchtegehalt nach DIN 52620 durch Lagerung im Klima 23 °C/80 % rel. Luftfeuchte.

Aus diesen Eigenschaften kann dann die Wärmeleitfähigkeit des Mörtels unter "baupraktischen Verhältnissen" bestimmt werden.

Ein Vergleich mit den bekannten Referenzmörteln soll eine Einstufung in die Klassen LM 36 und LM 21 ermöglichen.

3. Versuchsplan

Die Messung von Mörtelsorten der Klasse LM 21 mit Rohdichten $\leq 700 \text{ kg/m}^3$ war nicht möglich, da derartige Mörtel bei Verzicht auf Blähperlite als Zuschlag und Mischungen aus Blähperlite und anderen Zuschlägen von der Mörtelindustrie nicht zur Verfügung gestellt werden konnten.

Bei den untersuchten Mörteln wurden Zuschläge aus Kalksplitt (Kurzbezeichnung KR), sowie Bims als ergänzender Leichtzuschlag (O I) und Blähton als ergänzender Leichtzuschlag (O II) verwendet.

4. Durchführung der Untersuchungen

4.1 Probenherstellung

Der Leichtmörtel als Fertigmörtel wurde aus mindestens einem Sack unter Herstelleranweisung für Wasserzugabe und Mischzeit angemacht. Die Proben für die Wärmeleitfähigkeitsmessung wurden durch Einfüllen in eine Holzform mit den Innenmaßen 500 mm x 500 mm x 50 mm ohne Verdichtung hergestellt (Einfüllverfahren). Gleichzeitig erfolgte nach dem gleichen Verfahren die Anfertigung der Prismen mit den Abmessungen von 40 mm x 40 mm x 160 mm zur Messung der Biegezugfestigkeit und der Druckfestigkeit, sowie der Bezugsfeuchte. Die Proben wurden in

eingeschaltetem Zustand zunächst 7 Tage im Feuchtklima (ca. 95 % relative Luftfeuchte) und anschließend 21 Tage bei 20 °C/65 % rel. Luftfeuchte gelagert.

Das Einfüllverfahren entspricht nach Erfahrungen des FIW in etwa den Verhältnissen im Wandprobekörper.

4.2 Probenvorbereitung

Für die Messung der Wärmeleitfähigkeit im trockenen Zustand erfolgte die Trocknung der Proben bei 105 °C. Für die Feuchtmessungen wurden die Proben bis zur Ausgleichsfeuchte im Klima 23 °C/80 % rel. Luftfeuchte gelagert.

4.3 Prüfgerät

Die Messung erfolgte mit dem 500-mm-Gerät für das Zweiplattenverfahren nach DIN 52612 Teil 1 "Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät".

5. Meßergebnisse

In der Tabelle 1 wird für die geprüften Mörtel die Rohdichte, Biegezugfestigkeit und Druckfestigkeit angegeben.

Tabelle 2 zeigt die Meßergebnisse für die Wärmeleitfähigkeit im trockenen und feuchten Zustand des Materials. Die Feuchtegehalte u werden massebezogen als u_m und volumenbezogen als u_v angegeben. In der letzten Spalte wird die prozentuale Zunahme der Wärmeleitfähigkeit je % Feuchtegehalt als spezifischer Feuchtekorrekturfaktor angegeben. Hier erfolgt ebenfalls der Bezug auf Masse bzw. Volumen.

In Tabelle 3 wird die Wärmeleitfähigkeit λ_z bei Bezugsfeuchte für die untersuchten Mörtelsorten angegeben und mit den beiden Referenz-Leichtmauermörteln LM 36 und LM 21 verglichen. Die Wärmeleitfähigkeit λ_z errechnet sich aus der Wärmeleitfähigkeit im trockenen Zustand und dem aus Bezugsfeuchte und spezifischem Feuchtekorrekturfaktor ermittelten Zuschlagswert Z .

6. Beurteilung

Die untersuchten Leichtmörtel mit den Rohdichten 864 kg/m³ und 873 kg/m³ lassen sich in die Rohdichteklassen ≤ 1000 / > 700 kg/m³ einstufen und erfüllen die wärmeschutztechnischen Anforderungen für LM 36. Sie unterschreiten deutlich den Grenzwert für den Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit. Selbst der Mörtel mit Rohdichte 1064 kg/m³ kann noch trotz Überschreitung der maximalen Rohdichte für LM 36 mit 1000 kg/m³ den Rechenwert einhalten.

Bild 1 zeigt mit der Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Rohdichte, daß sich die untersuchten Mörtel sehr gut in die Grundgesamtheit der Werte einfügen, die zur Festlegung der Referenzmörtel führten.

Die RohdichteEinstufung eines Leichtmauermörtels mit beliebigen Zuschlägen und Mischungen von Zuschlägen ist somit für die Festlegung des Rechenwertes der Wärmeleitfähigkeit entsprechend der Referenzmörteltabelle ausreichend.

Die geringen organischen Bestandteile der Leichtmörtel scheinen allerdings einen Einfluß auf die Höhe der Bezugsfeuchte zu haben. Aus diesem Grunde könnte bei neuen Mörteln der Bezugsfeuchtegehalt mit z. B. höchstens 15 % massebezogen festgelegt werden.

FORSCHUNGSINSTITUT FÜR WÄRMESCHUTZ E.V. MÜNCHEN

Gräfelfing, den 01.03.1994 JA-im


Dr.-Ing. J. Achziger

Tabelle I

Biegezugfestigkeit und Druckfestigkeit der Mörtel *)

*) Meßwerte des Materialprüfungsamtes für das Bauwesen der TU München

Bezeichnung	Länge mm	Breite mm	Höhe mm	Rohdichte kg/m ³		Biegezug- festigkeit N/mm ²	Druckfestig- keit N/mm ²
				1)	2)		
○ I/1	159,9	40,0	39,9	1,04	0,93	2,2	13,9/13,5
2	159,8	39,9	39,8	1,04	0,93	2,8	14,0/14,5
3	159,8	40,4	39,9	1,06	0,94	2,4	15,1/13,9
4	159,9	40,1	39,9	1,03	0,92	2,5	14,0/12,7
i. Mittel	-	-	-	1,04	0,93	2,5	14,0
○ II/1	159,6	40,1	39,9	1,00	0,91	2,6	12,2/12,2
2	160,1	40,5	39,9	1,02	0,93	3,0	12,3/12,9
3	159,9	40,5	40,0	1,02	0,93	3,1	13,3/12,6
4	159,7	39,9	39,8	1,00	0,91	2,9	10,5/11,0
i. Mittel	-	-	-	1,01	0,92	2,9	12,1
KR /1	160,3	40,2	40,0	1,17	1,12	4,0	13,3/12,5
2	159,8	40,2	39,9	1,19	1,14	4,0	12,5/12,1
3	160,2	40,3	39,9	1,16	1,11	3,6	12,1/8,9
4	160,2	40,4	40,1	1,15	1,10	3,7	12,8/12,1
i. Mittel	-	-	-	1,17	1,12	3,8	12,0

1) lufttrocken bei der Prüfung

2) nach Trocknung bei 105 °C

Tabelle 2

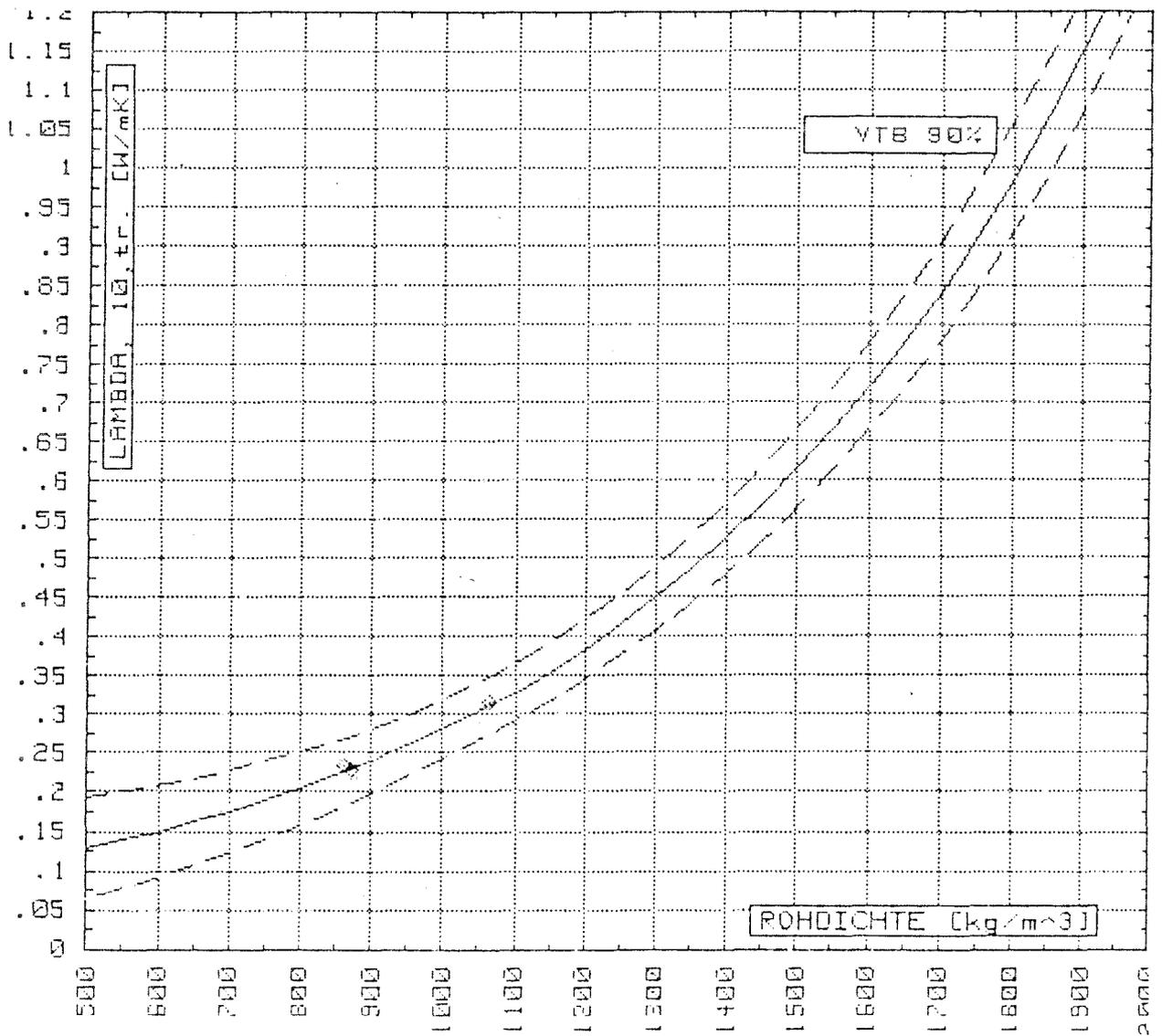
Wärmeleitfähigkeit der Mörtel

Bezeichnung	Rohdichte kg/m ³	Feuchtegehalt u		Wärmeleitfähigkeit λ W/(mk)	Prozentuale Zunahme von λ je % Feuchtegehalt; bezogen auf	
		u_m	u_v		u_m	u_v
O I	864	0	0	0,233	2,0	2,3
		18,3	15,8	0,319		
O II	873	0	0	0,229	2,2	2,6
		15,6	13,7	0,309		
KR	1064	0	0	0,317	2,5	2,4
		9,2	9,8	0,391		

Tabelle 3Wärmeleitfähigkeit λ_z bei Bezugsfeuchte für die drei untersuchten Mörtelsorten im Vergleich mit den Referenz-Leichtmaermörteln

Mörtelart	Rohdichte kg/m ³	$\lambda_{10,rr}$ W/(m.K)	Bezugsfeuchte	Zuschlagsw. Z massebez./ volumenbez.	λ_z massebez./ volumenbez.
			% u_m/u_v		
Referenz- Leichtmaer- mörtel LM 36	≤ 1000 > 700	0,27	8,5/8,0	0,34/0,32	0,36/0,36
Referenz- Leichtmaer- mörtel LM 21	≤ 700	0,18	8,0/5,5	0,20/0,19	0,22/0,21
O I	864	0,233	13,6/12,6	0,27/0,29	0,30/0,30
O II	873	0,229	11,8/10,9	0,26/0,28	0,29/0,29
KR	1064	0,317	5,9/6,6	0,15/0,16	0,36/0,37

Exponentiale Regression: $Y = A * \text{EXP}(B * X)$



Symbolik:

- Abszissen-Kollektiv: ◇ ROHDICHTE [kg/m³] BILD1
- △ FORTS. ROH BILD2
- Rohdichte in kg/m³
- Ordinaten-Kollektiv: ◇ LAMBDA, 10, tr. [W/mK] BILD1
- △ FORTS LAMBDA tr. BILD2
- Wärmeleitfähigkeit in W/(m*K)

N= 19 Korrelations-Koeff.= 9.8764E-01 A= 5.8305E-02 B= 1.5714E-03

Bild 1
 Wärmeleitfähigkeit λ_{tr} von Mörtel in Abhängigkeit von der Rohdichte
 Mittelwert und 90 % Vertrauensbereich des Mittelwerts für Referenzmörtel LM 21, LM 36 und NM
 Einzelwerte für Mörtel mit beliebigen Zuschlägen und Mischungen von Zuschlägen ◇

Designation of the research project:
Defining the thermal conductivity design value for lightweight mortars including optional aggregates and aggregate mixings.

Brief Version

Project Supporting
Organization:

Deutsches Institut für Bautechnik
D-10785 Berlin

Research Unit:

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.v.
München, D-82166 Gräfelfing

Reference Number:

IV 1-5-622/90

The "Deutsches Institut für Bautechnik Berlin" has established thermal conductivity design values for lightweight mortars LM 36 and LM 21 including mortar aggregates according to DIN 4226 part 2 without quartz sand as well as for perlite.

Reference Mortar Properties

Reference Mortar	Density	$\lambda_{RMO}^{*})$
	kg/dm ³	W/(m K)
NM	~1.8	1.0
LM 36	≤1.0	0.36
LM 21	≤ 0.7	0.21

*) related to mortar moisture "concerning constructional practicability"

The examinations carried out had to show that those lightweight mortars, whose aggregates do not correspond with the table indications, can be allocated, however, to a group of lightweight mortars.

As far as the tested mortars are concerned, limestone chippings aggregates (code designation A) have been used as well as pumice for complementary lightweight aggregate (B) and expanded clay for complementary lightweight aggregate (C).

After their storage in a climate of 23°C/80% relative air moisture, the thermal conductivity has been established under dry condition as well as under equilibrium moisture content.

In a climate of 23°C/80% relative air moisture, the compensating moisture content as well as the flexural tensile and compressive strength have been measured on fabricated prisms after having been pretreated in an adequate manner.

Measuring Results:

Mortar Quality	Compensating		$\lambda_Z^{*})$
	Density	Moisture Content	
	kg/m ³	mass related u _m /%	mass related W/(m K)
A	864	13.6	0.30
B	873	11.8	0.29
C	1064	5.9	0.36

*) thermal conductivity in case of compensating moisture content

The lightweight mortars measured do achieve the indicated design value of lightweight mortars LM 36. These values are within the 90% confidence interval.

This is why lightweight mortars, whose aggregate do not agree with the table indications for reference mortars, can also, according to their density, be allocated to a lightweight mortar group.

Gräfelfing, 29th March 1994

Dénomination du projet de recherches:

Déterminer la valeur de calcul de la conductibilité thermique de mortiers légers avec agrégats quelconques et malaxages d'agrégats.

Version Abrégée

Gestionnaire Du Projet: Deutsches Institut für Bautechnik,
D-10785 Berlin

Institut De Recherches: Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V.
München, D-82166 Gräfelfing

Référence: IV 1-5-622/90

Le "Deutsches Institut für Bautechnik Berlin" a établi des valeurs de calcul de la conductibilité thermique pour les mortiers légers LM 36 et LM 21 avec agrégats mortier selon DIN 4226 tome 2 sans sable silicieux ainsi que pour la perlite expansée.

Propriétés Des Mortiers De Référence

Mortiers De Référence	Densité Apparente kg/dm ³	$\lambda_{RMO}^*)$ W/(m K)
NM	~ 1,8	1,0
LM 36	≤ 1,0	0,36
LM 21	≤ 0,7	0,21

*) relative à l'humidité du mortier " concernant la praticabilité de construction"

Les études exécutées avaient eu pour but de montrer qu'on peut cependant attribuer des mortiers légers, dont l'agrégat ne correspond pas aux indications du tableau, à un groupe de mortiers légers.

Quant aux mortiers analysés, on a utilisé des agrégats de pierres concassées calcaires (dénomination abrégée A) ainsi que de la ponce comme agrégat léger supplémentaire (B) et de l'argile expansée comme agrégat supplémentaire (C).

La conductibilité thermique était évaluée en état sec ainsi qu'en humidité d'équilibre après la mise en dépôt dans un climat de 23°C/80% humidité relative de l'air.

Les mesurages de l'humidité de référence dans un climat de 23°C/80% humidité relative de l'air ainsi que de la résistance à la flexion/traction et de la résistance à la pression étaient exécutés aux prismes fabriqués après être soumis à un traitement préparatoire adéquat.

Résultats Mesurages

Espèce Mortier	Densité Apparente kg/m ³	Humidité Référence relative à la masse $u_m/\%$	$\lambda_Z^*)$ relative à la masse W/(m K)
A	864	13,6	0,30
B	873	11,8	0,29
C	1064	5,9	0,36

*) conductibilité thermique en cas d'humidité de référence

Les mortiers légers mesurés obtiennent la valeur de calcul indiquée pour les mortiers de référence LM 36. Les valeurs se trouvent dans les 90% de l'intervalle de confiance.

Conformément à leur densité apparente, on peut donc aussi attribuer des mortiers légers, dont l'agrégat ne correspond pas aux indications du tableau mortiers légers, à un groupe de mortiers légers.

Gräfelfing, le 29/3/1994