

Bauen im Bestand – Materialkennwerte von historischem Ziegelmauerwerk

Bei Instandsetzungsmaßnahmen besteht häufig die Notwendigkeit der statischen bzw. wärmetechnischen Beurteilung der Bausubstanz. Mauerziegel waren im 20. Jahrhundert der dominierende Baustoff im Wohnungsbau. Wenn der Erstellungszeitraum eingegrenzt werden kann, können unter Bezug auf die historischen Normen Materialkennwerte für eine Vorbemessung abgeschätzt werden. Im Beitrag werden für die wesentlichen Materialkennwerte Druckfestigkeit und Wärmeleitfähigkeit von im 20. Jahrhundert verwendeten Mauerziegeln die wichtigsten Informationen zusammengestellt.

Conservation of buildings – material properties for historic clay masonry. *Restoration works often require information about the thermal and loadbearing characteristics of the applied building materials. Clay bricks are the predominant material in housing in the 20th century. An estimation of design values of these historic materials is possible if the period of construction is known. The paper summarizes information about the material properties compressive strength and thermal conductivity of clay bricks applied during the 20th century.*

1 Einleitung

Der Baustoff Ziegel dominierte im 20. Jahrhundert den Wohnungsbau. Bei Umbau- und/oder Instandsetzungsmaßnahmen sind Informationen über die Tragfähigkeit und die Wärmeleitfähigkeit der Bausubstanz erforderlich. Falls Bauunterlagen vorhanden sind, können aufgrund der Bezeichnungen Rückschlüsse auf die Eigenschaften der verwendeten Materialien gezogen werden. Wenn diese Unterlagen fehlen, besteht die Möglichkeit, entweder über eine am Ziegel vorhandene Kennzeichnung oder durch Materialuntersuchungen die Eigenschaften zu ermitteln.

2 Druckfestigkeit

2.1 Zeit vor dem Zweiten Weltkrieg

Die erste deutsche Mauerziegelnorm DIN 105 stammt aus dem Jahr 1922. Es war so selbstverständlich, dass ein Ziegel ein Vollstein ist, dass dies nicht einmal in der Norm erwähnt wird.

Hinsichtlich der Druckfestigkeit wurden Mauerziegel 2. Klasse (die mittlere Druckfestigkeit aus zehn Versuchen musste mindestens $100 \text{ kg/cm}^2 \approx 10 \text{ N/mm}^2$ betragen, etwa

entsprechend der heutigen Festigkeitsklasse 8) und Mauerziegel 1. Klasse (mittlere Druckfestigkeit mind. $150 \text{ kg/cm}^2 \approx 15 \text{ N/mm}^2$, entsprechend Festigkeitsklasse 12) unterscheiden.

Darüber hinaus definierte die Norm Hartbrandziegel (etwa Festigkeitsklasse 20) und Klinker (etwa Festigkeitsklasse 28). Weitere Anforderungen wurden an die Frostbeständigkeit von Verblend- und Vormauerziegeln, die Wasseraufnahme von Klinkern und Hartbrandziegeln und die Gestalt, gestellt. Das genormte Format war das Reichsformat $250 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \times 65 \text{ mm}$ mit vielen regionalen Abweichungen.

Die zweite Fassung aus dem Jahr 1936 behielt die Begrifflichkeiten bei, es wurde jedoch für jede Produktart neben dem Mittelwert auch zusätzlich eine Anforderung an die Mindest-Druckfestigkeit gestellt, z. B. betrug diese für Mauerziegel 2. Klasse $90 \text{ kg/cm}^2 \approx 9 \text{ N/mm}^2$.

Lochziegel wurden erstmals 1941 in der DIN 4151 genormt und ab 1952 zusammen mit Vollziegeln in der DIN 105 geregelt.

Fazit

Bei Ziegelbauten, die vor dem Zweiten Weltkrieg erstellt wurden, kann man davon ausgehen, dass mindestens Mauerziegel 2. Klasse (entsprechend der heutigen Druckfestigkeitsklasse Mz 8) eingesetzt wurden. Häufig reicht diese Annahme – in Verbindung mit einem Normalmörtel der Mörtelgruppe II – bei einer Mindestwanddicke von 240 mm bereits für den statischen Nachweis. Falls höhere Druckfestigkeiten erforderlich sind, können durch Sichtung der Bauunterlagen im Hinblick auf die Verwendung von Mauerziegeln 1. Klasse (Mz 12), Hartbrandziegeln (Mz 20) oder Klinkern (Mz 28) ggf. in Verbindung mit einer Materialprüfung weitere Tragfähigkeitsreserven aktiviert werden.

2.2 Nachkriegszeit

2.2.1 Ausgabe 1952

Diese Phase ist dadurch gekennzeichnet, dass ein enormer Baustoffbedarf befriedigt werden musste. Das führte zu einer immer stärkeren Verbreitung von Lochziegeln und zur Verwendung immer größerer Ziegelformate. Das maximale Ziegel-Maß in der DIN 105 aus dem Jahr 1952 beträgt $240 \text{ mm} \times 240 \text{ mm} \times 240 \text{ mm}$, in der neuen Maßsprache entspricht das dem Format 8DF.

Das Dünnformat (DF, 240 mm × 115 mm × 52 mm) und das Normalformat (NF, 240 mm × 115 mm × 71 mm) lösten in der Norm 1952 das Reichsformat ab. Vollziegel durften einen Lochanteil von maximal 15 % aufweisen; der Lochanteil von Lochziegeln ist zunächst formal nicht durch die Angabe eines Zahlenwertes nach oben begrenzt, faktisch jedoch durch die niedrigste genormte Rohdichte von im Mittel 1200 kg/m³ auf etwa 40 % beschränkt.

In der Norm von 1952 wurden erstmals Porenziegel PMz 1,2/60 geregelt, die in ihren Druckfestigkeitsanforderungen zwischen den heutigen Festigkeitsklassen 4 und 6 lagen (Mittelwert 60 kg/cm², kleinster Einzelwert 50 kg/cm²).

Hochlochziegel der Festigkeit 150 (entsprechend etwa HLz 12) mussten vor dem Brand entweder mit einer 30 mm breiten und 10 mm hohen Prägung „150“ oder zwei senkrechten, 10 mm breiten Kerben im mittleren Bereich einer Längsseite gekennzeichnet werden. Es gab keine normativen Vorgaben zur Häufigkeit dieser Kennzeichnung.

2.2.2 Ausgabe 1957

1957 wurde die Kennzeichnung nach Norm erneut geändert, statt vor dem Brand wurde nun nachträglich gekennzeichnet. Neben einem obligatorischen Werkskennzeichen wurde für die Festigkeit 150 (HLz 12) ein 20 mm breiter senkrechter grüner Balken, für die Festigkeit 250 (HLz 20, umgangssprachlich häufig als Hartbrandziegel bezeichnet) ein weißer Balken im mittleren Drittel auf der Sichtfläche des Ziegels nach dem Brand angebracht. Die Forderung nach einer Prägung bzw. Kerbung ließ man fallen. Diese neue Kennzeichnung wurde allerdings nur auf jedem 200. Ziegel gefordert, so dass die Identifizierung solcher Ziegel bei Instandsetzungsmaßnahmen nicht ganz einfach sein dürfte, da statistisch nur alle 8 bis 10 m² ein gekennzeichnete Ziegel vorhanden ist.

Die Suche nach diesen Kennzeichnungen kann sich jedoch lohnen, da so ohne zusätzliche Materialprüfkosten bei der Bemessung ggf. höhere Mauerwerksfestigkeiten angesetzt werden können. So liegt der Grundwert der zulässigen Druckspannung für ein Mauerwerk aus Vollziegeln Mz 8/NM II nach DIN 1053-1:1996 bei 1,0 N/mm², für Hartbrandziegel Mz 20/NM II dürfen 1,6 N/mm² angesetzt werden.

2.2.3 Ausgabe 1969

Die Neufassung der DIN 105 von 1969 brachte neben wesentlich größeren Normformaten (bis zu 15 DF, 300 mm × 365 mm × 240 mm) auch neue Druckfestigkeitsklassen und Farben für die Kennzeichnung ins Spiel. Der weiße Balken für die Festigkeit 250 (HLz 20) blieb erhalten, neu hinzu kamen blaue (Festigkeit 50/HLz 4), rote (Festigkeit 100/HLz 8) und braune (Festigkeit 350/HLz 28) Balken. Die Standard-Festigkeitsklasse 12 musste nun nicht mehr gekennzeichnet werden.

Mit der Veröffentlichung der ersten Norm für Leichtziegel DIN 105-2 im Jahr 1972 erfolgte die Einführung einer Druckfestigkeitsklasse 2, die mit einem grünen Balken gekennzeichnet werden musste.

Bei grün gekennzeichneten Ziegeln im Bestand ist also zu prüfen, ob es sich um HLz 12 aus der Periode 1957 bis 1969 oder HLz 2 aus der Zeit ab 1972 handelt.

2.2.4 Ausgabe 1982

In der Neufassung 1982 der DIN 105 wurde die Farbkennzeichnung für Hartbrandziegel HLz 20 von weiß auf gelb umgestellt. Die übrigen Kennzeichnungen blieben unverändert.

In diesen Zeitraum fallen auch die Anfänge der Verwendung von Leichtmörteln und Dünnbettmörteln. Diese Mörtel sind bei der Festlegung der Bemessungswerte der Druckfestigkeit unbedingt zu beachten. Bei Mauerwerk aus genormten Ziegeln mit Leichtmörtel sollte im Zweifel der Wert für Leichtmörtel LM 21 bei der Überprüfung der Tragfähigkeit zugrunde gelegt werden.

Ab den 1980er Jahren wurden in zunehmendem Maße flächendeckend die wichtigsten Produktangaben – Ziegeltyp, Druckfestigkeitsklasse, Rohdichte, Format und Werkskennzeichen – vor dem Brand durch Aufrollen auf eine Seitenfläche der Ziegel aufgebracht.

Tabelle 1 enthält eine Übersicht der in der DIN 105 genormten Produkte mit Hinweisen auf die Kennzeichnung und der Zuordnung zu den heute üblichen Festigkeitsklassen.

3 Wärmeleitfähigkeit

Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit von Ziegelmauerwerk sind seit Bestehen der DIN 4108 normativ geregelt. Die erste Ausgabe von 1952 enthält Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit für Ziegelmauerwerk in Abhängigkeit von der Steinrohddichte.

Die in der ersten Mauerziegelnorm DIN 105 vom August 1922 beschriebenen Ziegel waren überwiegend in Handarbeit gefertigte Vollsteine aus allen erdenklichen Ton-Lehmgemischen geformt, danach luftgetrocknet und anschließend gebrannt. Die Wärmeleitfähigkeit des daraus errichteten Mauerwerks war normativ noch nicht beschrieben. Verschiedene Autoren weisen auf eine Wärmeleitfähigkeit im trockenen Zustand zwischen 0,6 und 1,1 W/(m K) hin. Diese Wärmeleitfähigkeit liegt damit in der gleichen Größenordnung wie die ab 1952 aufgeführten Normwerte gemäß Tabelle 2.

Lochziegel sind zum ersten Mal in DIN 105 von 1952 aufgeführt. Damit waren minimale Ziegelrohddichten von 1200 kg/m³ möglich. Die Anordnung in Wanddickenrichtung versetzter Stege zur Verringerung der Wärmeleitfähigkeit ist erstmalig beschrieben. Zudem änderten sich bei Lochsteinen zunehmend die Steinhöhen von 113 auf 238 mm.

Porosierte Lochziegel werden ab etwa 1970 auf dem Markt angeboten. Durch das gezielte Einarbeiten von Ausbrennstoffen wie z. B. Styropor oder Sägemehl in die Tonstruktur entstehen beim Brennvorgang Mikroporen, die die Wärmeleitung im Ziegelscherben reduzieren und damit die ersten wärmedämmenden Mauerziegel ermöglichen. In Verbindung mit einem Lochanteil von bis zu 50 % waren jetzt minimale Ziegelrohddichten bis zu 600 kg/m³ möglich.

Eine weitere Absenkung der Wärmeleitfähigkeit von Ziegelmauerwerk resultierte aus der Entwicklung von wärmedämmenden Leichtmörteln (LM) und der mörtellosen Stoßfuge mit Verzahnung. Am vorläufigen Ende der Entwicklungsskala genormter Produkte steht die Einführung der Dünnbettlagerfuge (DM) ab etwa 1985, die bei in

Tabelle 1. Ziegelbezeichnungen, Kennzeichnung und Zuordnung zu aktuellen Druckfestigkeitsklassen seit Veröffentlichung der ersten DIN 105 (Auszug)

Table 1. Marking and correlation with current classes of compressive strength since the publication of the first standard DIN 105 (excerpt)

Jahr	Normausgabe	Bezeichnung	Kennzeichnung	Zuordnung zur aktuellen Druckfestigkeitsklasse
1920–1951	1922/ 1936/ 1941	Mauerziegel 2. Klasse	ohne	≥ Mz 8
		Mauerziegel 1. Klasse		≥ Mz 12
		Hartbrandziegel		≥ Mz 20
		Klinker/Mauerklinker		≥ Mz 28
1952–1957	1952	Hochlochziegel A 1,2 bzw. 1,4/100 Hochlochziegel B 1,2 bzw. 1,4/100 Vollziegel Mz 100	ohne	≥ HLz 8, Mz 8
		Hochlochziegel A 1,2 bzw. 1,4/150 Hochlochziegel B 1,2 bzw. 1,4/150 Vollziegel Mz 150	zwei senkrechte Kerben oder Prägung „150“	≥ HLz 12, Mz 12
		Hochlochklinker KHLz 350, Hochbauklinker KMz 350	ohne	≥ HLz 28, Mz 28
		Porenziegel 1,2 Langlochziegel	ohne	≥ HLz 4
1957–1969	1957	Hochlochziegel A 1,2 bzw. 1,4/100 Hochlochziegel B 1,2 bzw. 1,4/100 Vollziegel Mz 100	nur Werkskennzeichen	≥ HLz 8, Mz 8
		Hochlochziegel A 1,2 bzw. 1,4/150 Hochlochziegel B 1,2 bzw. 1,4/150 Vollziegel Mz 150	Werkskennzeichen und grüner Balken 20 mm breit auf mindestens jedem 200. Ziegel	≥ HLz 12, Mz 12
		Hochlochziegel A 1,2 bzw. 1,4/250 Hochlochziegel B 1,2 bzw. 1,4/250 Vollziegel Mz 250 (Hartbrandziegel)	Werkskennzeichen und weißer Balken 20 mm breit auf mindestens jedem 200. Ziegel	≥ HLz 20, Mz 20
1969–1982	1969	Hochlochziegel HLzA, HLzB, Vollziegel Mz	Werkskennzeichen und blauer Balken 20 mm breit auf mindestens jedem 200. Ziegel	≥ HLz 4
			Werkskennzeichen und roter Balken 20 mm breit auf mindestens jedem 200. Ziegel	≥ HLz 8, Mz 8
			nur Werkskennzeichen	≥ HLz 12, Mz 12
			Werkskennzeichen und weißer Balken 20 mm breit auf mindestens jedem 200. Ziegel	≥ HLz 20, Mz 20
			Werkskennzeichen und brauner Balken 20 mm breit auf mindestens jedem 200. Ziegel	≥ HLz 28, Mz 28
	1972 DIN 105-2	Leichtziegel	Werkskennzeichen und grüner Balken 20 mm breit auf mindestens jedem 200. Ziegel	≥ HLz 2
1982–1991	1982	Hochlochziegel HLzA, HLzB, Vollziegel Mz	Werkskennzeichen und gelber Balken 20 mm breit auf mindestens jedem 200. Ziegel, bei großformatigen Ziegel auf jedem 50. Ziegel	≥ HLz 20, Mz 20

der Höhe plangeschliffenen Ziegeln zu einer weiteren Verringerung der Wärmeleitfähigkeit bei gleichzeitiger Verbesserung der Druckfestigkeit des Mauerwerks und schnellerer Verarbeitbarkeit führte. Die Ziegel dieser Generation werden als Wärmedämmziegel mit den Normbezeichnungen HLzW oder WDz bezeichnet.

Mit zunehmendem Feuchtegehalt des Ziegelmauerwerks steigt dessen Wärmeleitfähigkeit. Für Mauerwerk

aus Voll- und Lochsteinen liegen normierte Feuchtezuschläge vor. So steigt die Wärmeleitfähigkeit um maximal 10 % pro 1 % massebezogener Feuchtezunahme. Die Ausgleichsfeuchte moderner, hochwärmedämmender und in der Regel bauaufsichtlich zugelassener Hochlochziegel liegt unter 0,5 Masse-%. Normprodukte nach DIN 105 weisen eine maximale Ausgleichsfeuchte von 1,2 Masse-% auf.

Tabelle 2. Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit gemäß DIN 4108 von Mauerwerk aus Ziegeln nach DIN 105
 Table 2. Design values of thermal conductivity according to DIN 4108 of clay brick masonry (units according to DIN 105)

Zeitraum	Typ	Rohdichte [kg/m ³]	λ_R [W/(m K)]			
			Normalmörtel NM	Leichtmörtel LM	Dünnbettmörtel DM	
ab 1952 DIN 4108:1952-7 DIN 4108:1960-5 DIN 4108:1969-8	KMz, KK	≥ 1900	1,05			
	KHLz, KHK		0,79			
	Mz, HLz	1000	0,46			
		1200	0,52			
1400		0,60				
1800		0,79				
ab 1981 DIN 4108-4: 1981-8 DIN 4108-4: 1985-12	KMz, KHLz, KK, KHK	1800	0,81			
		2000	0,96			
		2200	1,20			
	Mz, HLz	1200	0,50			
		1400	0,58			
		1600	0,68			
		1800	0,81			
		2000	0,96			
	HLz A+B	700	0,36	0,30		
		800	0,39	0,33		
		900	0,42	0,36		
		1000	0,45	0,39		
	HLz W, h ≥ 238 mm	700	0,30	0,24		
800		0,33	0,27			
900		0,36	0,30			
1000		0,39	0,33			
ab 1991 DIN 4108-4: 1991-11 DIN V 4108-4: 1998-03	KK, KHK	1800	0,81			
		2000	0,96			
		2200	1,20			
	Mz, HLz	1200	0,50			
		1400	0,58			
		1600	0,68			
		1800	0,81			
		2000	0,96			
	HLz A+B	700	0,36	0,30		
		800	0,39	0,33		
		900	0,42	0,36		
		1000	0,45	0,39		
	HLz W, h ≥ 238 mm	700	0,30	0,24		
800		0,33	0,27			
900		0,36	0,30			
1000		0,39	0,33			
ab 2002 DIN 4108-4: 2002-02 DIN 4108-4: 2004-07 DIN 4108-4: 2007-06	Mz, HLz, KK, KHK	1200	0,50		0,50	
		1400	0,58		0,58	
		1600	0,68		0,68	
		1800	0,81		0,81	
		2000	0,96		0,96	
		2200	1,20		1,20	
		2400	1,40		1,40	
		HLz A+B	550	0,32	0,27	0,32
	600		0,33	0,28	0,33	
	650		0,35	0,30	0,35	
	700		0,36	0,31	0,36	
	750		0,38	0,33	0,38	
	800		0,39	0,34	0,39	
	850		0,41	0,36	0,41	
	900		0,42	0,37	0,42	
	950		0,44	0,38	0,44	
	1000		0,45	0,40	0,45	
	HLz W und WDz, h ≥ 238 mm		550	0,22	0,19	
			600	0,23	0,20	
		650	0,23	0,20		
700		0,24	0,21			
750		0,25	0,22			
800		0,26	0,23			
850		0,26	0,23			
900		0,27	0,24			
950	0,28	0,25				
1000	0,29	0,26				

KMz, KHLz = Klinker; KK, KHK = Keramikklinker; Mz = Vollziegel; HLz = Hochlochziegel, WDz = Wärmedämmziegel

In Tabelle 2 ist eine Übersicht der Wärmeleitfähigkeiten von Ziegelmauerwerk aus Ziegeln nach der Mauerziegelnorm DIN 105 gegeben. Dabei wird nach Art des verwendeten Mauermörtels unterschieden. Die Bemessungswerte λ_R der Wärmeleitfähigkeit beinhalten den Feuchtezuschlag bei Ausgleichsfeuchte, der auch als baupraktischer Feuchtegehalt bezeichnet wird. Mauerwerk aus hochwärmedämmenden Ziegeln nach bauaufsichtlichen Zulassungen des Deutschen Instituts für Bautechnik erreichte Mitte der 1990er Jahre Wärmeleitfähigkeiten von 0,16 W/(mK), aktuell

sind Produkte mit Wärmeleitfähigkeiten bis zu 0,07 W/(mK) verfügbar. Die Wärmeleitfähigkeiten dieser Zulassungsziegel sind hier nicht gelistet und den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen.

Autoren dieses Beitrages:

Dipl.-Ing. Michael Gierga, Geschäftsführer Kurz und Fischer GmbH
59519 Möhnese-See-Körbecke

Dr.-Ing. Udo Meyer, Technischer Geschäftsführer Arbeitsgemeinschaft
Mauerziegel e. V., 53113 Bonn