

Erhöhter Erdbebenwiderstand mit Schubwänden aus Hochlochziegel- und Füllziegel-Mauerwerk

Allgemeines

Erdbeben gehören in einigen Regionen in Deutschland zu den seltenen außergewöhnlichen Lastfällen. Der neue Entwurf der DIN 4149[1]; Juni 2004 legt die Erdbebenzonen fest, in denen über DIN 1053-1 hinaus gehende Maßnahmen zur Erdbebensicherung getroffen werden müssen, s. Bild 1. Dies sind i.w. das westliche Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg.

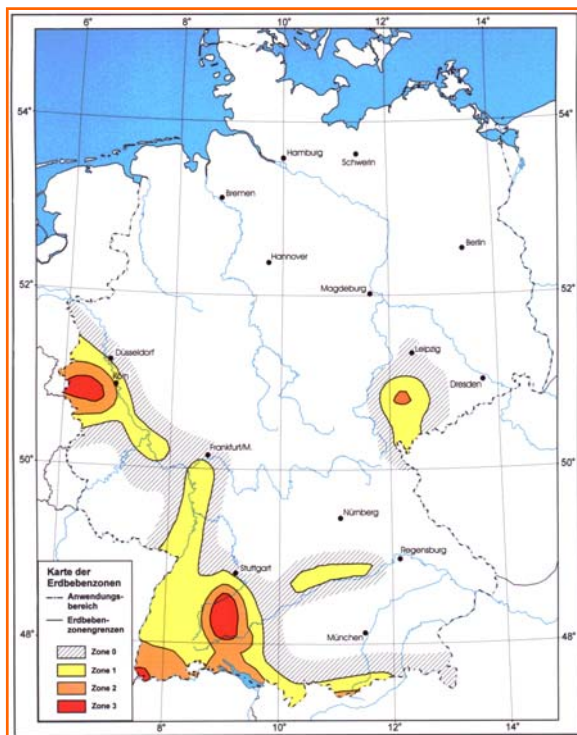


Bild 1: Karte der Erdbebenzonen in Deutschland

Durch die wesentliche Erhöhung der Lasten aufgrund der Einführung neuer Bemessungskonzepte im Zuge der europäischen Normung wird das Bauen mit Mauerwerk in diesen Regionen erschwert. Es ist daher erforderlich, die noch vorhandenen erheblichen Reserven in der Tragfähigkeit von Ziegelmauerwerk bei Horizontalbelastung zu erschließen.

Im Auftrag der Arge Mauerziegel [2, 3] wurden an der Uni Dortmund Versuche zum Tragverhalten von Ziegelmauerwerk bei

Erdbebenbeanspruchung durchgeführt. Dabei wurde sowohl konventionelles Ziegelmauerwerk als auch Füllziegel-Mauerwerk mit und ohne Bewehrung untersucht. Darüber hinaus wurden statische Schubversuche mit dem vereinheitlichten deutschen Schubprüfverfahren an unverfülltem Füllziegel-Mauerwerk in [4, 5] durchgeführt. Einige wesentliche Ergebnisse werden nachfolgend vorgestellt.

Versuche an konventionellem Mauerwerk aus Ziegeln nach DIN V 105-2

Horizontallasten werden in Mauerwerkbauten vorwiegend über Schubwände im Gebäudeinneren abgetragen. In [2] wurden daher Versuche an typischen Innenwandziegeln, $d = 175 \text{ mm}$, s. Bild 2, durchgeführt. Untersucht wurden verschiedene Wand-Geometrien ($h/l = 1$ bzw. 2) und Einspannbedingungen (Kragstange und voll eingespannte Wandscheibe).



Bild 2: Hochlochziegel HLz B 12-0,9

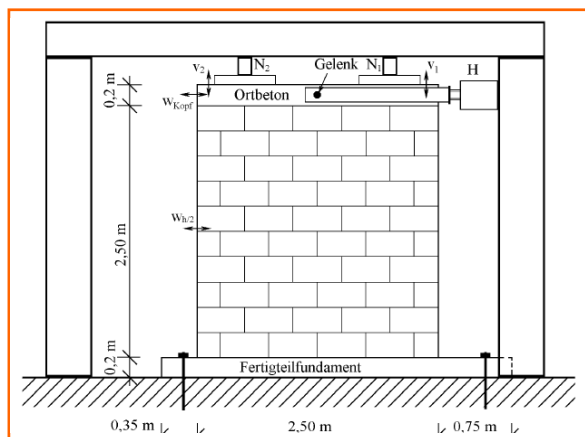


Bild 3: Versuchseinrichtung aus [2].

Bei allen durchgeführten Versuchen wurden deutlich höhere Horizontalwiderstände ermittelt, als dies nach den Berechnungen nach DIN 1053-1 zu erwarten gewesen wäre (s. auch Tabelle 3). Dies zeigt, dass die Bemessungsformeln der DIN 1053-1

insbesondere für den bei Ziegelmauerwerk maßgebenden Lastfall „Überschreiten der Steinzugfestigkeit“ offensichtlich sehr stark auf der sicheren Seite liegen und optimiert werden müssen.

Tabelle 1: Eigenschaftswerte der verwendeten Ziegel aus [2-5]; $\beta_{D,st}$, des mit Beton C20/25 verfüllten Füllziegels $\beta_{D,st,V}$, des mit Beton C20/25 verfüllten Füllziegels $\beta_{D,st,V,L}$

Ziegelsorte	Steindruckfestigkeit $\beta_{D,st}$	Druckfestigkeit $\beta_{D,st,V}$	Steinlängsdruckfestigkeit $\beta_{D,st,L}$	Längsdruckfestigkeit $\beta_{D,st,V,L}$
	N/mm ²			
SFz 10	13,3	25	1,8	3,6
HLz 12	17,3	Nicht zutreffend	2,6	Nicht zutreffend

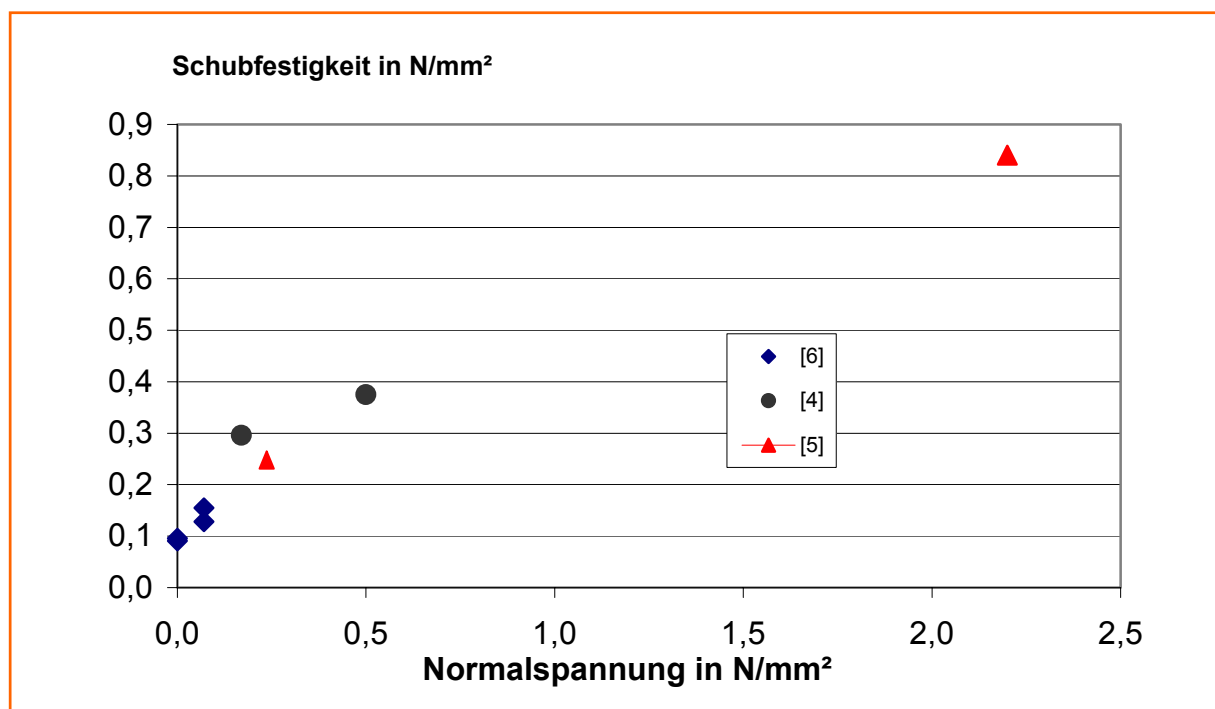


Bild 4: Schubfestigkeit von unverfülltem Füllziegel-Mauerwerk; Versuchsergebnisse aus [4, 5, 6]

Versuche an Füllziegel-Mauerwerk mit und ohne Randbewehrung

Füllziegel werden im Geschosswohnungsbau überall dort eingesetzt, wo ein hoher Schallschutz gefordert ist, vor allem bei Wohnungstrennwänden und Treppenraumwänden.

Diese Wände sind häufig die wesentlichen Aussteifungswände für Horizontallasten. Im Auftrag der Arge Mauerziegel wurden ergänzende Schubversuche [4,5] an unverfülltem Füllziegelmauerwerk durchgeführt. Die bisherigen, sehr restriktiven Festlegungen in bauaufsichtlichen Zulassungen wurden aufgrund von Versuchen an unverfülltem

Mauerwerk [6] getroffen, bei denen aufgrund von Problemen mit der sehr komplizierten Prüfkörperherstellung keine verwertbaren Ergebnisse für Mauerwerk mit höheren Auflasten ermittelt werden konnten. Die Ergebnisse sind in Bild 4 und Tabelle 2 dargestellt.

Die Versuchsergebnisse aus [4,5,6] sind deutlich besser als die bisherigen Festlegungen der Zulassungen.

Füllziegelwände bieten zudem die ideale Möglichkeit, durch vertikale Bewehrung der Füllkanäle die Tragfähigkeit zu optimieren (s. Bild 5).

Tabelle 2: Schubfestigkeit von unverfülltem Füllziegelmauerwerk; Versuchsergebnisse aus [4,5,6]

Rohdichte kg/dm ³	Ziegeldruck- festigkeit N/mm ²	Vertikal- spannung N/mm ²	Versagens- ursache -	Schubfestig- keit N/mm ²	Rechenwert nach Zulassung N/mm ²	Verhältniswert Versuch/Rechnung -
0,72	20,0	0	Stein	0,091	0,0275	3,3
0,72	20,0	0	Stein	0,096	0,0275	3,5
0,72	20,0	0,07	Stein	0,128	0,0345	3,7
0,72	20,0	0,07	Stein	0,155	0,0345	4,5
0,77	15,4	0,22	Stein/Fuge	0,256	0,05	5,1
0,80	15,4	0,17	Stein	0,296	0,0445	6,7
0,80	15,4	0,50	Stein	0,375	0,06	6,3
0,77	15,4	2,20	Stein	0,827	0,06	13,8



Bild 5: Probekörper [3] während der Herstellung.

Tabelle 3: Zyklische Schubversuche an Mauerwerk in [2,3]

Material	Wandlänge m	Rechnerische Tragfähigkeit kN	Versuch kN	Reserven %	Max. Horizontalverschie- bung des Wandkopfes mm
HLz 12/IIa	2,50	90	131	46	7,5
KS 28/DM	2,50	126	148	17	16,5
SFz 12/DM	1,88	24 ¹⁾ /53 ²⁾	128	433 ¹⁾ //142 ²⁾	30
SFz 12/DM + Bewehrung	1,88	24 ¹⁾ /53 ²⁾	166	592 ¹⁾ //213 ²⁾	50

¹⁾ Nachweis nach aktueller Zulassung

²⁾ Nachweis mit Rechenwert der Steinzugfestigkeit für Hochlochziegel nach DIN 1053-1

Für alle untersuchten Varianten mit Ziegelmauerwerk in [2,3] wurden die nach DIN 1053-1 bzw. Zulassung zu erwartenden maximalen Horizontallasten deutlich übertroffen. Bei Verwendung von Füllziegel-Mauerwerk konnte trotz einer Verkürzung der Wandlänge auf 1,88 m die gleiche Tragfähigkeit wie bei HLz-Mauerwerk mit 2,5 m Wandlänge erreicht werden.

Durch die Verwendung je eines Stabstahls, Durchmesser 10 mm, in den beiden äußeren Füllkanälen konnte die Tragfähigkeit der Wand um nochmals 30 % gesteigert werden. Darüber hinaus war die Integrität der Wand auch bei einer Kopfverschiebung von 25 mm noch ganz hervorragend, s. Bild 6.

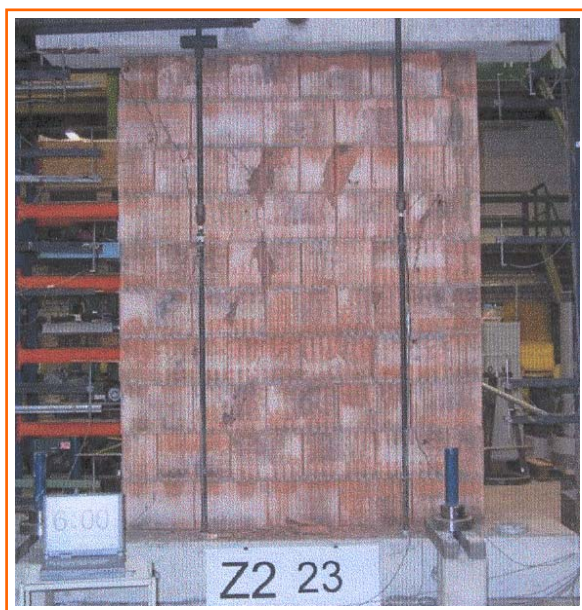


Bild 6: Prüfkörper mit vertikaler Randbewehrung bei 25 mm Kopfverschiebung

Zusammenfassung

Die Versuche an der Uni Dortmund [2,3] und dem IZF Essen [4,5] haben gezeigt, dass sowohl für konventionelles Ziegelmauerwerk als auch in besonderem Maße für Füllziegel-Mauerwerk erhebliche Tragfähigkeitsreserven bei Horizontalkraft-Belastung, z. B. aus Wind oder Erdbeben, existieren.

Einfache konstruktive Maßnahmen (vertikale Randbewehrung) können die Tragfähigkeit von Füllziegelmauerwerk noch einmal deutlich erhöhen.

Eine Umsetzung dieser Ergebnisse in die Bemessung wird zur Zeit durch die Überarbeitung der restriktiven Regelungen in Normen und Zulassungen vorangetrieben. Die Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel hat hierzu mehrere Forschungsvorhaben initiiert, bei denen diese Tragfähigkeitsreserven für die Bemessung nutzbar gemacht werden sollen.

Besonders hervorzuheben sind hierbei ESECMaSE, ein von der Europäischen Kommission gefördertes Verbundforschungsprojekt mit 26 Partnern aus 7 Mitgliedsstaaten, und einem Gesamtvolumen von 2,8 Mio. € sowie ein Gemeinschaftsprojekt am Institut für Bauforschung der RWTH Aachen und dem Institut für Ziegelforschung Essen, das mit Mitteln der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen gefördert wird.

Literatur

- [1] DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten. Entwurf 06.2004.
- [2] Ötes, A.; Löring, S.: Tastversuche zur Identifizierung des Verhaltensfaktors von Mauerwerksbauten für den Erdbebennachweis. Dortmund, Dezember 2003.
- [3] Ötes, A.; Löring, S.; Elsche, B.: Tastversuche an Wänden aus Planfüllziegeln unter simulierter Erdbebeanspruchung. Dortmund, März 2004.
- [4] Untersuchung zum Schubtragverhalten von zwei Wandelementen aus Plan-Verfüllziegeln; Essen; QsM-Gesellschaft für Qualitätssicherung und Materialprüfung, Prüfzeugnis Nr. QsM – BF 26/03, Oktober 2003.
- [5] Untersuchung zum Schubtragverhalten von zwei Wandelementen aus Plan-Verfüllziegeln; Essen; QsM-Gesellschaft für Qualitätssicherung und Materialprüfung, Prüfzeugnis Nr. QsM – BF 11/04, September 2004.
- [6] Schubversuche an Mauerwerkswänden aus Schallschutz-Plan-Füllziegeln. Hannover, Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Prüfzeugnis Nr. 960893 –A-, Oktober 1996.

Bonn, September 2004
Dr. My-GdJ AMz