

## Erdbebenwiderstand von Außenwänden aus wärmedämmendem Ziegelmauerwerk

An der Universität Kassel wurden im Rahmen des EU-Forschungsprojekts ESECMaSE Schubversuche an 300 mm dickem Planziegelmauerwerk aus Wärmedämmziegeln durchgeführt. Die Versuchsrandbedingungen und die Versuchsergebnisse sind in [1,2] dokumentiert.

Bild 1 zeigt eine Prinzipskizze der Prüfeinrichtung. Die Untersuchungen wurden mit den im Rahmen des Projekts ESECMaSE definierten Randbedingungen (Lage des Momenten-Nullpunkts in Wandmitte) durchgeführt.

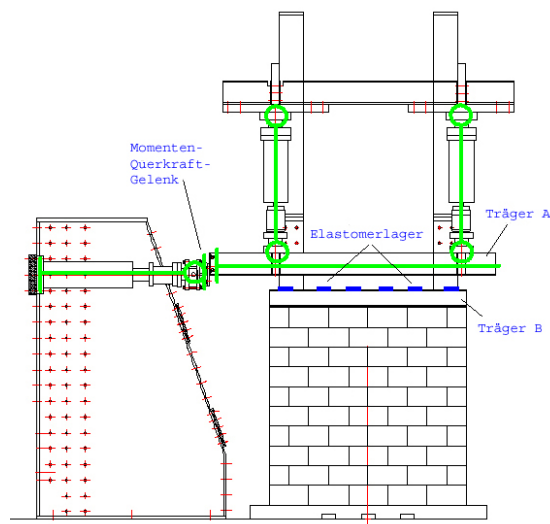


Bild 1: Prinzipskizze der Prüfeinrichtung an der Universität Kassel.

Bei den Untersuchungen in [1,2] wurde die Last am Wandkopf bis auf einen Vergleichsversuch exzentrisch eingeleitet, um die baupraktisch übliche Situation des Deckenaufagers bei Außenwänden mit außenliegender nichttragender Wärmedämmung im Versuch mit zu erfassen, s. Bild 2.

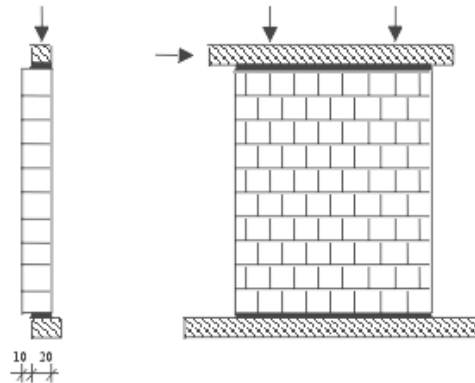


Bild 2: exzentrische Lasteinleitung bei den Versuchen mit Wärmedämmziegeln in Kassel [1, 2]

Das Versuchsprogramm und die wesentlichen Ergebnisse sind in der Tabelle 1 zusammengefasst. Untersucht wurden zwei Wandlängen (1,0 m und 2,0 m) und zwei Auflasten (30 kN/m (typische Außenwand im EG eines Reihenhauses) und 140 kN/m (zulässige Druckspannung bezogen auf 200 mm Deckenaufлагertiefe).

Tabelle 1 Schubversuche an HLzB 8-0,6, Wandlänge, Auflast, maximale Horizontaltragfähigkeit, Kopfverschiebung bei maximaler Tragfähigkeit, maximale Kopfverschiebung

Wandlänge	Auflast	max H	$\Delta$ (max H)	max $\Delta$
m	kN/m	kN	mm	mm
1,00	30	17	5	43
1,00	140	47	11	21
2,00	30	57	3	16
2,00	140	108	6	9

Die Ziegeldruckfestigkeit betrug 10,3 N/mm<sup>2</sup>. Bild 3 zeigt das Lochbild des verwendeten Ziegels.

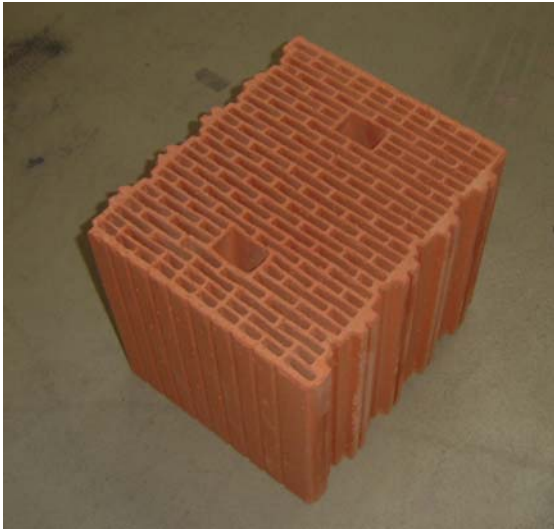


Bild 3: Planhochlochziegel HLzB 8-0,6 nach Zulassung Z-17.1-889 [1, 2]

Die aufnehmbare Horizontalkraft steigt mit zunehmender Wandlänge und zunehmender Auflast an. Die Bilder 4 bis 7 zeigen ausgewählte Bruchbilder der Prüfkörper aus [1,2],



Bild 4: Prüfkörper aus HLzB8-0,6, Wandlänge 1,00 m, Auflast 30 kN nach Versuchsende (klaffende Fugen an Wandkopf und Wandfuß, Versuchsabbruch, da maximaler Kolbenweg erreicht wurde)



Bild 5: Prüfkörper aus HLzB8-0,6, Wandlänge 1,00 m, Auflast 30 kN, Detail (klaffende Fuge am Wandfuß) während des Versuchs bei maximaler Horizontalverschiebung

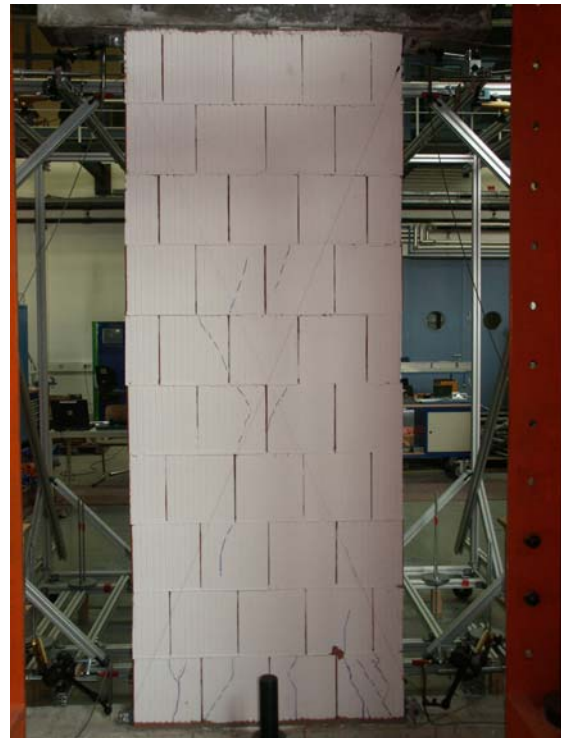


Bild 6: Prüfkörper aus HLzB8-0,6, Wandlänge 1,00 m, Auflast 140 kN nach Versuchsende (Steinzugversagen)

Bei Bemessung nach DIN 1053-1 wären unter Berücksichtigung der besonderen Regeln der Zulassung Tragfähigkeiten von rd. 4 kN (Wandlänge 1,00 m) und 10 kN (Wandlänge 2,00 m) zu erwarten.

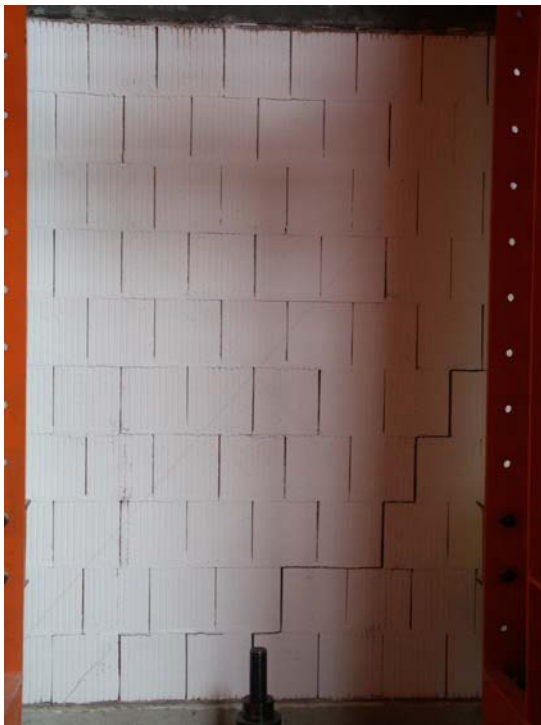


Bild 7: Prüfkörper aus HLzB8-0,6, Wandlänge 2,00m, Auflast 60 kN nach Versuchsende (Reibungsversagen in der Lagerfuge)

Bild 8 zeigt die Horizontalkraft-Kopfverschiebungs-Kurven der 4 Prüfkörper aus Tabelle 1.

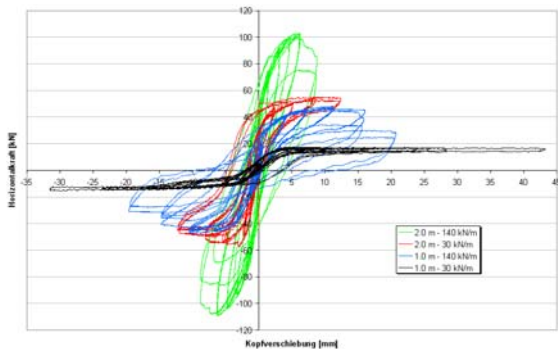


Bild 8: Horizontalkraft-Kopfverschiebungs-Kurven

### Bewertung

Um eine Aussage über die praktische Leistungsfähigkeit dieser Schubwände zu erhalten, bietet sich ein Vergleich mit dem Großversuch [3], bei dem ein ganzes Reihenmittelhaus aus Ziegelmauerwerk einer pseudo-dynamischen Erdbebenbelastung ausgesetzt wurde.

Dieses Gebäude blieb bei einer Bemessungsbodenbeschleunigung von 1,2 m/s<sup>2</sup> in allen Schubwänden rissfrei.

Diese Bodenbeschleunigung ist die höchste in Deutschland zu erwartende Bemessungsbodenbeschleunigung in der Erdbebenzone 3 mit der Baugrund-Untergrund-Kombination C-R. Das Gebäude konnte sogar noch bis zu einer Beschleunigung von 2,2 m/s<sup>2</sup> belastet werden.

Im Reihenhaus in Ispra [3] wurde für das Außenmauerwerk ein 365 mm dicker Wärmedämmziegel mit einer Druckfestigkeit von 13,1 N/mm<sup>2</sup> verwendet, s. Bild 9.

Tabelle 2: Schubversuche an HLzB 10-0,8, Wandlänge, Auflast, maximale Horizontaltragfähigkeit, Kopfverschiebung bei maximaler Tragfähigkeit, maximale Kopfverschiebung

Wandlänge	Auflast	max H	$\Delta$ (max H)	max $\Delta$
m	kN/m	kN	mm	mm
1,00	50	21	10	37

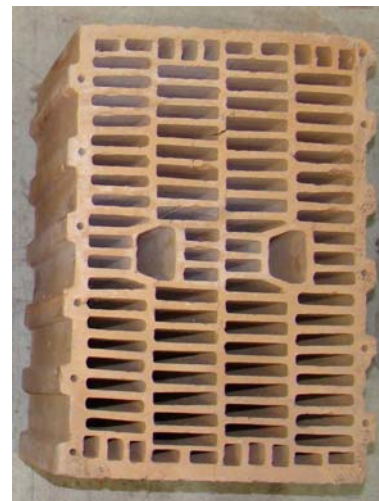


Bild 9: Planhochlochziegel HLzB 10-0,8 nach Zulassung Z-17.1-490

Bezogen auf die Wanddicke wurden bei dem Versuch in [1] die gleichen Horizontallasten aufgenommen wie in [3], obwohl die Auflast bei den Versuchen in [3] fast 70% höher war.

Damit ist zu erwarten, dass das in Ispra geprüfte Reihenmittelhaus auch bei Verwendung von Mauerwerk aus Wärmedämmziegeln nach Bild 3 für die Außenwände ein vergleichbares Verhalten zeigen würde. Außenwände aus Wärmedämmziegeln sind damit in den deutschen Erdbebengebieten sehr gut geeignet.

### Verwendung der Versuchsergebnisse in Software für nichtlineare Erdbebennachweise

Ein rechnerischer Nachweis einer Doppelhaushälfte mit der Kapazitätsspektrum-Methode unter Verwendung der Versuchskurven aus [1, 2] für die Außenwände wurde in [4] durchgeführt.

Bild 10 zeigt den Grundriss, Bild 11 das Kapazitätsspektrum des Gebäudes und das abgeminderte Antwortspektrum der DIN 4149 für die Erdbebenzone 3, C-R.

In dieser Zone gelten in Deutschland die höchsten Anforderungen. Der Schnittpunkt beider Kurven liegt noch nahezu im linear-elastischen Bereich des Kapazitätsspektrums. Der rechnerische Nachweis gelingt mit diesem Verfahren problemlos, für dieses Gebäude sind in der Erdbebenzone 3 beim Bemessungsbeben nur geringe Schädigungen zu erwarten.

Das Nachweisverfahren der Kapazitätsspektrum-Methode wurde für ein Reihenmittelhaus am Großversuch in Ispra [3] kalibriert. Für dieses Gebäude wurde eine maximal aufnehmbare Bodenbeschleunigung von  $1,5 \text{ m/s}^2$  mit der Kapazitätsspektrum-Methode berechnet, der Versuch in Ispra wurde jedoch erst nach dem Beben mit der fast 50% höheren Bemessungsbodenbeschleunigung von  $2,2 \text{ m/s}^2$  abgebrochen.

Dies lässt den Schluss zu, dass auch das Verfahren der Kapazitätsspektrum-Methode zumindest für Reihenhäuser erhebliche Tragfähigkeitsreserven noch nicht berücksichtigt.

Diese Reserven sind vermutlich im wesentlichen auf in den Einzelwandversuchen nicht zu berücksichtigende Lastumlagerungen von Querwänden und die Mitwirkung zusammengesetzter Querschnitte zurück zu führen.

Zur Zeit wird in Baden-Württemberg eine Zustimmung im Einzelfall für die Errichtung der oben beschriebenen Doppelhaushälfte betrieben. Dabei ist beabsichtigt, neben dem nichtlinearen Nachweis auch vereinfachte Regeln zu definieren, mit denen die Erdbebennachweise von Mauerwerksgebäuden zukünftig deutlich einfacher gestaltet werden können. Diese Regeln sollen kurzfristig in den nationalen Anhang zum Eurocode 8 und eine Überarbeitung der DIN 4149 einfließen.

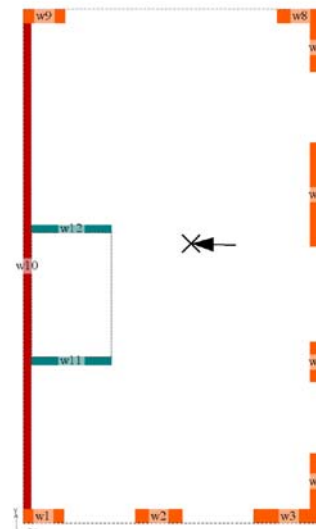


Bild 10: Grundriss der Doppelhaushälfte für die Zustimmung im Einzelfall [4]

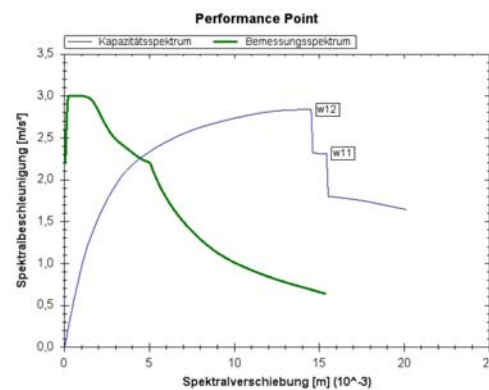


Bild 11: Kapazitätsspektrum und Antwortspektrum der Doppelhaushälfte für die Zustimmung im Einzelfall [4]

### Literatur

- [1] Fehling, E.; Stürz, J.: ESECMaSE – Deliverable D7.1 – Test results on the behaviour of masonry under static (monotonic and cyclic) in plane loads, Kassel, Juli 2007.
- [2] Fehling, E.; Stürz, J.: Ergänzende Wandversuche zum Forschungsvorhaben ESECMaSE, Kassel, Juli 2008.
- [3] Anthoine, A.: ESECMaSE - Final report on earthquake tests and analysis of the experimental results. European Laboratory for Structural Assessment (ELSA), Joint Research Center of the European Commission, Ispra, 2008.
- [4] Butenweg, C; Gellert, C.: Nachweis einer DHH in der Erdbebenzone 3 mit der Kapazitätsspektrum-Methode. Aachen, 2008.

Bonn, Dezember 2008  
Dr.My-GdJ AMz