

Erdbebennachweis für ein Ziegelgebäude in der Erdbebenzone 3

Einleitung

Die derzeit nach DIN 1053 und DIN 4149 genormten Nachweise unterschätzen die Tragfähigkeit von Mauerwerksgebäuden für den Lastfall Erdbeben erheblich.

Im Auftrag der Arge Mauerziegel wurden mit Unterstützung öffentlicher Forschungsförderer und in Zusammenarbeit mit weiteren Verbänden daher umfangreiche Untersuchungen zur Schubtragfähigkeit von Mauerwerk und zu optimierten Bemessungsverfahren durchgeführt.

Eine erste praktische Anwendung der Ergebnisse erfolgte im Rahmen einer Zustimmung im Einzelfall für den rechnerischen Nachweis der Standsicherheit einer Doppelhaushälfte in der Erdbebenzone 3 in Baden-Württemberg.

Über die Untersuchungen und die Ergebnisse wird nachfolgend berichtet.

Objektbeschreibung

Die nachgewiesene Doppelhaushälfte wurde im Süden von Baden-Württemberg in der Erdbebenzone 3 geplant. Die Baugrund-/Untergrundsituation stellte mit der Kombination C-R ebenfalls die maximal mögliche Belastung dar. Das zweigeschossige, unterkellerte Gebäude wurde mit monolithischem Ziegelmauerwerk für die Außenwände und Mauerwerk aus Hochlochziegeln für die Innenwände und die Haustrennwand erstellt.

Der Grundriss des Erdgeschosses ist in Bild 1 dargestellt.

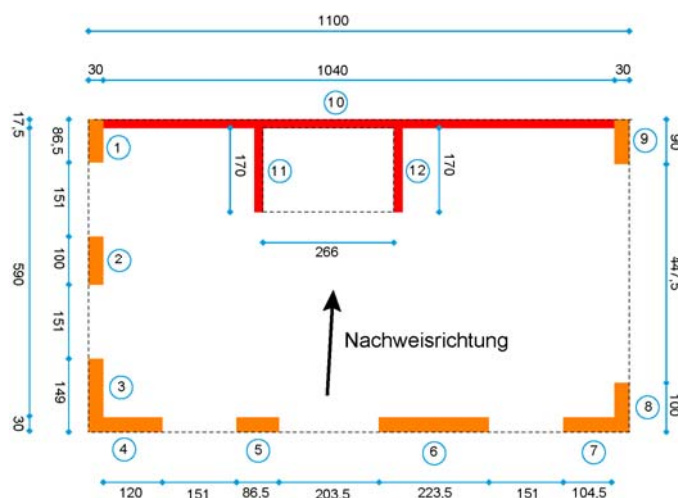


Bild 1: Doppelhaushälfte; Grundriss des Erdgeschosses

Nachweismethodik

Der rechnerische Erdbebennachweis wurde mit der nichtlinearen Kapazitätsspektrum-Methode geführt. Im Rahmen dieses verformungsbasierten Konzeptes erfolgt die Nachweisführung nicht alleine durch den Vergleich von einwirkenden und aufnehmbaren Kräften, sondern zusätzlich durch den Vergleich der Verformungsfähigkeit des Bauwerks und der erforderlichen Verformungsfähigkeit infolge der seismischen Beanspruchung.

Grundlage des Nachweises ist die nichtlineare Lastverformungskurve des Bauwerks, die anhand einer Push-over-Berechnung durch sukzessive Steigerung der Horizontalbeanspruchung zu bestimmen ist. Als Basis hierfür wurden Last-Verformungskurven der Einzelwände aus statisch-zyklischen Schubversuchen verwendet.

AMz-Bericht 8/2009 Erdbebennachweis

Die ermittelte Last-Verformungskurve des gesamten Gebäudes wird im Anschluss mittels eines äquivalenten Einmassenschwingers in das Spektralbeschleunigungs-Spektralverschiebungsdiagramm (S_a - S_d -Diagramm) transformiert und mit dem maßgebenden Antwortspektrum aus der Erdbebennorm DIN 4149 überlagert. Kann ein Schnittpunkt („Performance Point“) der beiden Kurven im stabilen Bereich der Kapazitätskurve ermittelt werden, so ist die Standsicherheit gewährleistet und nachgewiesen.

Die Bestimmung des Kurvenschnittpunktes erfolgt iterativ unter Berücksichtigung einer verformungsabhängigen effektiven Bauwerksdämpfung, die sich aus dem Anteil der viskosen Dämpfung und der äquivalenten viskosen Dämpfung infolge hysteretischen Verhaltens zusammensetzt. Das beschriebene verformungsbasierte Bemessungskonzept auf Grundlage der Kapazitätsspektrum-Methode wurde in der Software MINEA [1] umgesetzt.

Statisch-zyklische Schubversuche an Ziegelmauerwerk

Am Fachgebiet Massivbau des Instituts für konstruktiven Ingenieurbau der Universität Kassel wurden sowohl schlanke hoch belastbare Ziegel für Innenwände und Reihenhausestrennwände als auch hochwärmedämmende HLz mit einem Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda_R = 0,10 \text{ W/(mK)}$ für hochwärmedämmende Außenwände untersucht, s. Bild 2. Diese Ziegel sind repräsentativ für Produkte in heutigen hochwärmedämmenden monolithischen Außenwandkonstruktionen und werden zugleich in ihrer bauaufsichtlichen Zulassung mit einem hohen Abschlag auf die Schubfestigkeit behandelt.

Bei den Untersuchungen in Kassel [2] an den wärmedämmenden HLz wurde die Last am Wandkopf exzentrisch eingeleitet, um die bau praktisch übliche Situation des Deckenauf lagers mit außenliegender nichttragender

Wärmedämmung im Versuch mit zu erfassen, s. Bild 3. Die Versuche wurden so gesteuert, dass das Moment in Wandmitte zu Null gehalten wurde.

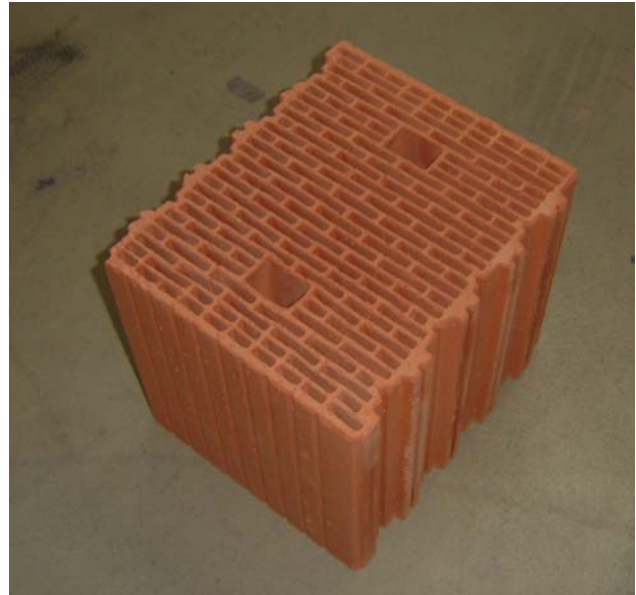


Bild 2: Planhochlochziegel HLzB 8-0,6 nach Zulassung Z-17.1-889

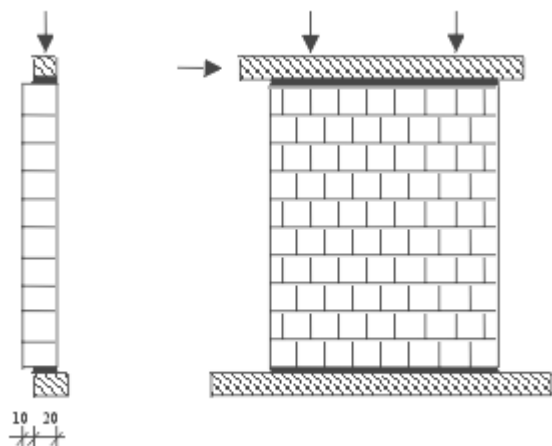


Bild 3: exzentrische Lasteinleitung bei den Versuchen in [2]

Das Versuchsprogramm und die wesentlichen Ergebnisse aus [2] sind in der Tabelle 1 dargestellt.

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

Wandlänge	Auflast	Max H	Δ (max H)	Max Δ
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

Bild 4 zeigt die Horizontalkraft-Kopfverschiebungs-Kurven der 4 Prüfkörper aus Tabelle 1. Die aufnehmbare Horizontalkraft steigt mit zunehmender Wandlänge und zunehmender Auflast an. Bei der zulässigen Spannung für den untersuchten Zulassungsziegel ($\sigma_0 = 0,7$ N/mm², entsprechend 140 kN/m Wandlänge

bei 200 mm Lasteintragsfläche) wurden mit einer maximalen Horizontalkraft von 108 kN etwa die 10fachen Bemessungswerte der Zulassung erreicht.

Über die Ergebnisse der Versuche an Innenwandziegeln wurde ausführlich berichtet [3].

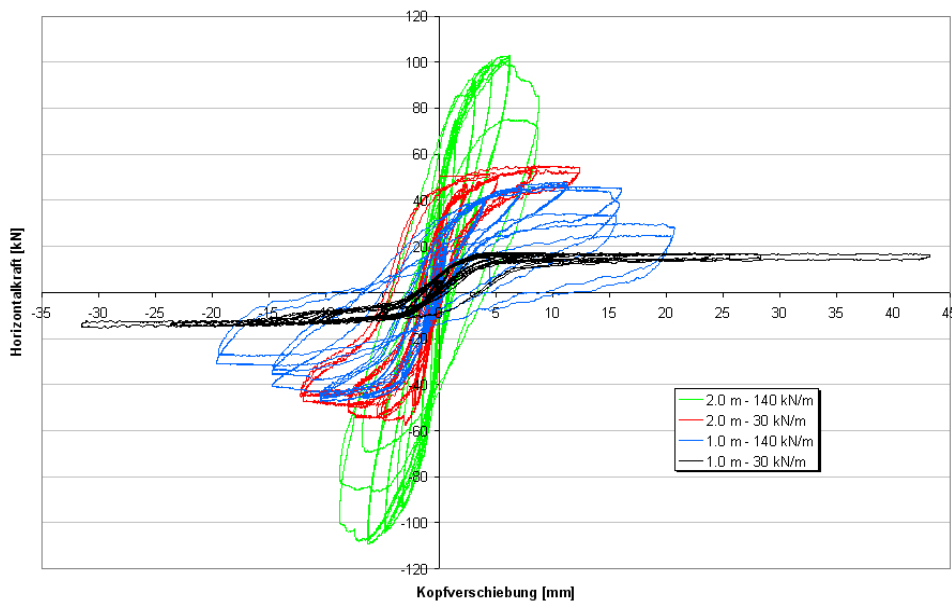


Bild 4: Horizontalkraft-Kopfverschiebungs-Kurven aus [2]

Nachweis der Doppelhaushälfte

Der rechnerische Nachweis des Gebäudes erfolgte unter Verwendung von [1] durch den Lehrstuhl für Baustatik und Baudynamik der RWTH Aachen. Die Berechnungen wurden bei der zuständigen Landesstelle für Bautechnik beim Regierungspräsidium Tübingen eingereicht.

Das Verfahren, die programmtechnische Umsetzung und die Berechnungen wurden im Auftrag der Landesstelle vom Ingenieurbüro smp Ingenieure in Karlsruhe geprüft [4,5].

Bild 5 zeigt das Spektralbeschleunigungs-Spektralverschiebungs-Diagramm aus [6] unter Vernachlässigung einer hysteretischen Dämpfung.

AMz-Bericht 8/2009 Erdbebennachweis

Der ermittelte Schnittpunkt (Performance Point) zwischen der Kapazitätsskurve des Gebäudes und dem maßgebenden Antwortspektrum für das Bemessungserdbeben

liegt selbst für diese stark auf der sicheren Seite liegende Annahme bei einer Verschiebung von rd. 10 mm und damit bei rd. 2/3 der Verformungskapazität des Gebäudes.

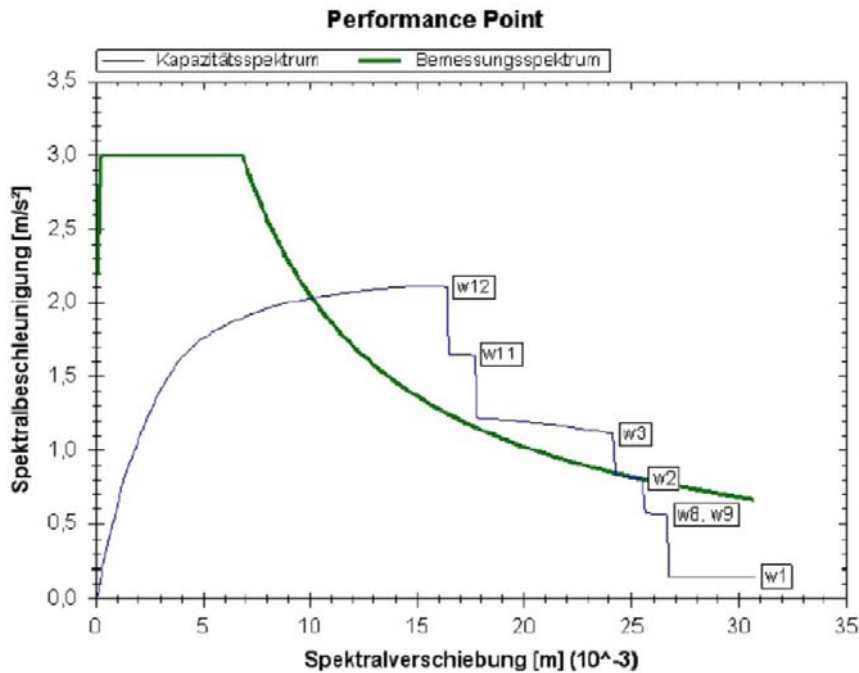


Bild 5: Spektralbeschleunigungs-Spektralverschiebungs-Diagramm für die Doppelhaushälfte aus [6]

Zusammenfassung

Der Nachweis einer Doppelhaushälfte mit der Kapazitätsspektrum-Methode wurde in Baden-Württemberg erstmals mit Hilfe des Programms MINEA [1] durchgeführt. Das Nachweisverfahren wurde durch unabhängige Gutachter geprüft [4,5] und von der Landesstelle für Bautechnik, Tübingen, genehmigt.

Damit ist erstmals auch rechnerisch nachgewiesen, dass übliche Bauten aus Ziegelmauerwerk in allen deutschen Erdbebenzonen die Anforderungen an die Tragfähigkeit im Lastfall Erdbeben problemlos erfüllen können.

Literatur

- [1] www.minea-design.com
- [2] Fehling, E.; Stürz, J.: Horizontalkraft-Tragfähigkeit von Außenwandkonstruktionen aus Wärmedämmziegel. Kassel, Juli 2009.

- [3] Meyer, U.: Schubtragfähigkeit von Ziegelmauerwerk. ZI Jahrbuch 2009. Bauverlag, Gütersloh.
- [4] Schlüter, F.H.; Fäcke, A.: Erdbebennachweis mit nichtlinearer statischer Nachweismethode in MINEA-Research. Karlsruhe, Juni 2009.
- [5] Schlüter, F.H.; Fäcke, A.: Gutachten für die Zustimmung im Einzelfall: Nichtlinearer Erdbebennachweis für den Neubau eines Einfamilienhauses. Karlsruhe, Juni 2009.
- [6] Gellert, C.; Butenweg, C.; Lehrstuhl für Baustatik und Baudynamik der RWTH Aachen. Berechnungen zur Zustimmung im Einzelfall – Neubau eines EFH in Doppelhausform. Aachen, August 2008.

Bonn, November 2009
Dr. My-GdJ AMz