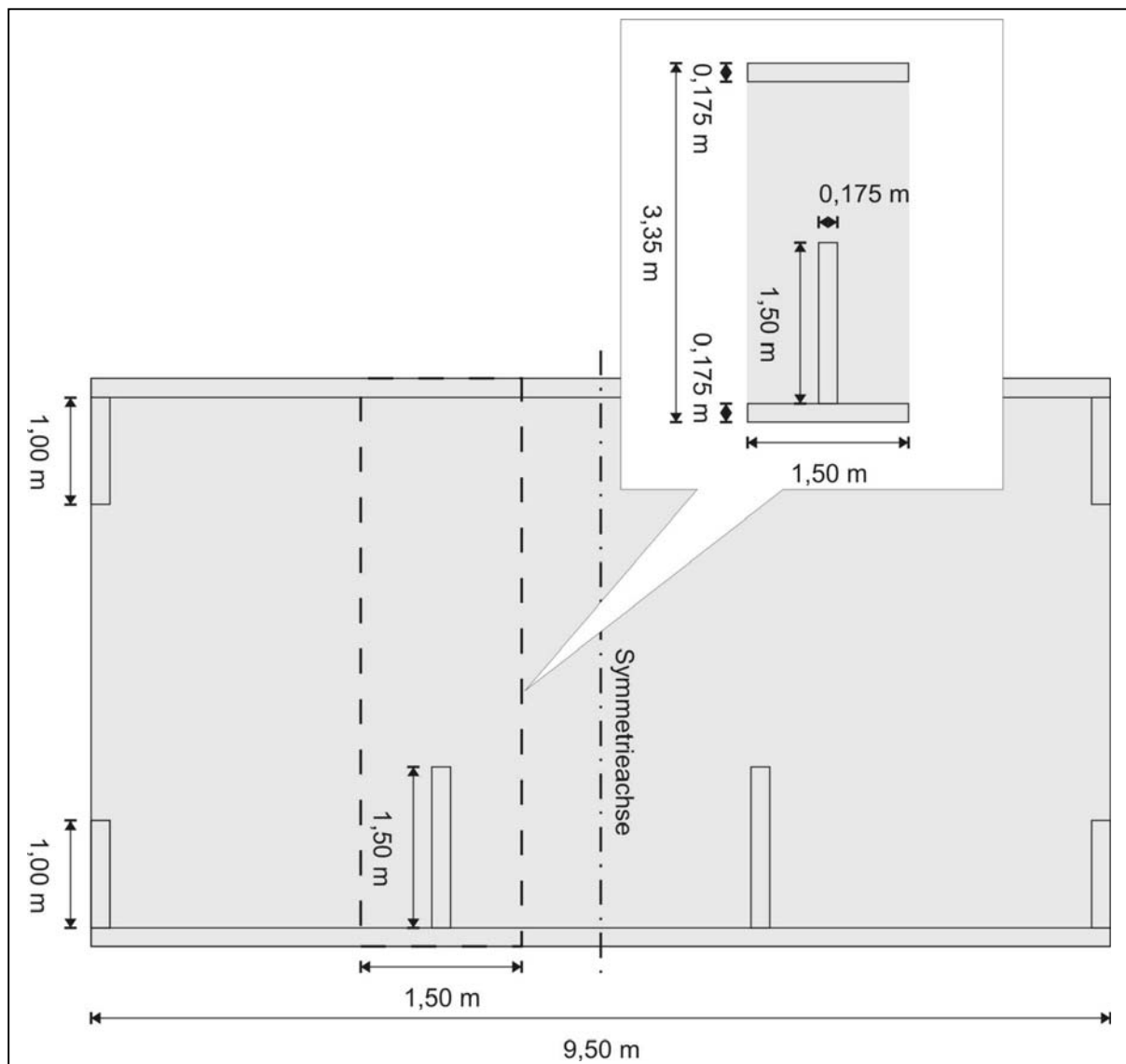
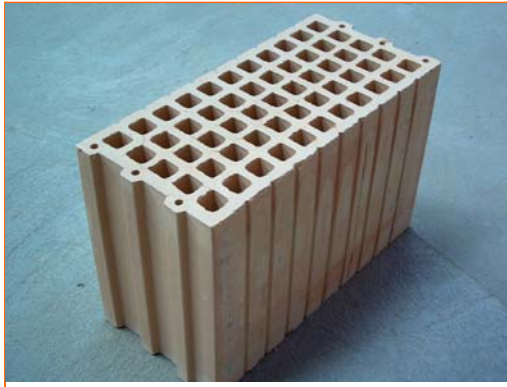


## EU-Forschungsprojekt ESECMaSE – Erdbebensimulation auf dem Rütteltisch der Nationalen Technischen Universität (NTU) Athen

Im Rahmen des Arbeitspakets 7 des EU-Forschungsprojekts ESECMaSE wurden ab Mitte 2006 am Labor für Erdbebeningenieurwesen der NTU Athen eine Reihe von Bauteilversuche auf dem dortigen Rütteltisch durchgeführt /1/. Für diese Bauteilversuche wurden zweigeschossige Prüfkörper verwendet, die einen auf die Maße des Rütteltischs angepassten Ausschnitt eines Reihenhauses darstellten (s. Bild 1). Im Nachfolgenden werden die bislang vorliegenden, vorläufigen Ergebnisse der Prüfkörper aus Ziegelmauerwerk in knapper Form vorgestellt. Der Abschlussbericht der Untersuchungen in Athen /1/ mit allen Ergebnissen wird in seiner Endfassung ab Herbst 2007 vorliegen.



Die auf die Grundrissfläche des Prüfkörpers bezogene Querschnittsfläche der Schubwände betrug 5,2 %. Die Schubwände aus Ziegelmauerwerk wurden aus Planziegeln (optimierte HLz 12 (Serie B1, s. Bild 2) und Füllziegel (Serien B2 und B3, s. Bild 3)) mit Dünnbettmörtel erstellt. Die Füllziegel wurden mit Ortbeton C20/25 verfüllt.



**Bild 2:** Plan-HLz 12 (im Rahmen des Projekts ESECMaSE optimierter Ziegel)



**Bild 3:** Planfüllziegel nach Zulassung Z-17.1-537

Zur Simulation der Verkehrslasten wurden die Prüfkörper mit Gewichten (Stahlplatten) belastet, die fest mit den Deckenplatten verbunden wurden. Bei den Versuchen mit Ziegelmauerwerk wurden auf die Decke über EG 3,5 t und auf der Decke über dem 1. OG 4 t platziert. In der Tabelle 1 sind die untersuchten Varianten zusammengestellt.

**Tabelle 1:** Rütteltisch-Versuche an der NTU Athen, Untersuchte Varianten, Eigengewicht G, Zusatzgewicht auf Decke über EG P1 bzw. Decke über 1. OG P2, Beschleunigung im jeweils letzten Versuchslauf  $\max a_g$

Serie	Verwendete Mauersteine	Bewehrung	G	P1	P2	$\max a_g$ m/s <sup>2</sup>
			t			
1	2	3	4	5	6	7
B1	Optimierter Plan-HLz 12	keine	6,3	3,5	4,0	1,8
B2	Planfüllziegel, mit Ortbeton C20/25 verfüllt		10,8			1,6
B3		1 ds = 16 mm in den äußeren Füllkanälen	2,6			

Für die Versuche wurde ein elastisches Antwortspektrum des Typs 1 nach Eurocode 8 für den Bodentyp B zugrunde gelegt. Die Gebäude wurden simulierten Erdbeben ausgesetzt, deren Stärke (nominelle Bodenbeschleunigung) schrittweise gesteigert wurde. Begonnen wurde mit einer nominellen Bodenbeschleunigung von 2 % der Erdbeschleunigung ( $\text{nom } a_g = 0,02 g$ ). In den weiteren Versuchsläufen wurde die nominelle Bodenbeschleunigung jeweils in Schritten von 2% der Erdbeschleunigung bis zum Versagen des Prüfkörpers bzw. zum Abbruch des Versuchs gesteigert. Alle untersuchten Prüfkörper widerstanden dem Bemessungswert für die höchste deutsche Erdbebenzone 3,  $a_g = 0,8 \text{ m/s}^2$ , ohne Probleme und versagten erst bei wesentlich höheren Bodenbeschleunigungen. In der Tabelle 2 sind die aufgenommenen Schubkräfte (Base Shear) und die Verschiebungen der Stockwerks-oberkante für die Belastung (nominelle Bodenbeschleunigung) von 0,08 g, dem Bemessungswert der höchsten deutschen Erdbebenzone 3, zusammengestellt.

**Tabelle 2:** Rütteltisch-Versuche an der NTU Athen, Versuchsergebnisse, Maximale Schubkraft (Base Shear) und Kopfverschiebung  $D_{EG}$  (Erdgeschoss) bzw.  $D_{1OG}$  (1. Obergeschoss) bei einer nominellen Bodenbeschleunigung  $nom\ a_g = 0,08\ g$

Serie	Verwendete Mauersteine	nom $a_g$ m/s <sup>2</sup>	Base Shear	$D_{EG}$	$D_{1OG}$
			kN	mm	
1	2	3	4	5	6
B1	Optimierter Plan-HLz 12	0,8	25,2	5,0	7,6
B2	Planfüllziegel		28,3	6,0	8,0
B3	Planfüllziegel mit Randbewehrung		26,9	6,1	8,0

Die maximalen nominellen Bodenbeschleunigungen (max. Beanspruchungen) aller Versuche sind in Tabelle 3 mit den zugehörigen Kopfverschiebungen zusammengestellt. Die Ergebnisse der Serien mit vertikaler Randbewehrung zeigen deutlich, dass durch die Anordnung einer konstruktiven, vertikalen Randbewehrung an den Wandenden der Widerstand (Tragfähigkeit) gegen Horizontallasten insbesondere bei kurzen Schubwänden erheblich gesteigert werden kann.

**Tabelle 3:** Rütteltisch-Versuche an der NTU Athen, Versuchsergebnisse, nominelle Bodenbeschleunigung  $nom\ a_{g,max}$ , maximale Schubkraft (Base Shear) und Kopfverschiebung  $D_{EG}$  (Erdgeschoss) bzw.  $D_{1OG}$  (1. Obergeschoss)

Serie	Verwendete Mauersteine	nom $a_{g,max}$	Base Shear	$D_{EG}$	$D_{1OG}$
		m/s <sup>2</sup>	kN	mm	
1	2	3	4	5	6
B1	Optimierte HLz 12	1,8	36,1	29,0	53,4
B2	Füllziegel	1,4 <sup>*)</sup>	38,3	87,9	18,3
B3	Füllziegel mit Randbewehrung	2,4 <sup>**)</sup>	67,7	25,2	45,7

<sup>\*)</sup> Prüfkörper wurde mit einer maximalen Beschleunigung von 1,6 m/s<sup>2</sup> beansprucht, die Auswertung für diese Beschleunigung lagen noch nicht vor

<sup>\*\*)</sup> Prüfkörper wurde mit einer maximalen Beschleunigung von 2,6 m/s<sup>2</sup> beansprucht, die Auswertung für diese Beschleunigung lagen noch nicht vor

Das Bild 4 zeigt beispielhaft die Schubwand im Erdgeschoss aus Plan-HLz 12 nach dem Versuch mit einer nominellen Bodenbeschleunigung  $nom\ a_g = 1,8\ m/s^2$  (Abbruch des Versuchs).



**Bild 4:** Schubwand des Prüfkörpers B1 (Plan-HLz 12) nach Belastung mit  $nom\ a_g = 1,8\ m/s^2$

Bild 5 zeigt den Prüfkörper B3 nach der Prüfung mit einer nominellen Bodenbeschleunigung  $a_g = 2,6 \text{ m/s}^2$ . Die Schubwand im Erdgeschoss ist deutlich gerissen, das Obergeschoss ist dagegen ohne sichtbare Risse.



**Bild 5:** Prüfkörper mit Schubwand aus Füllziegeln mit Randbewehrung nach einem Erdbeben mit einer nominellen Bodenbeschleunigung von  $2,6 \text{ m/s}^2$   
Gesamter Prüfkörper (linke Darstellung) und Schubwand im EG (rechte Darstellung)

### Zusammenfassung

An der NTU Athen wurden dynamische Versuche an Gebäudeausschnitten aus Ziegelmauerwerk durchgeführt. Alle bislang untersuchten Prüfkörper (Gebäudeausschnitte) waren bei der höchsten in Deutschland zu erwartenden Bemessungslast rissfrei. Auch nach dem letzten im Versuch aufgebrachten Erdbebenzyklus waren die Gebäude noch standsicher.

Die Versuche bestätigen damit die bereits in den statisch-zyklischen Schubversuchen an Wänden erkennbaren großen Tragreserven von Ziegelmauerwerk im Vergleich zu den bisherigen Bemessungsansätzen.

Eine konstruktive Randbewehrung in Planfüllziegelmauerwerk erhöht die aufnehmbaren Horizontallasten erheblich.

### Literatur

/1/ Carydis, P. et al. ESECMaSE – Deliverable D7.2 – Shaking table tests – Contribution LEE/NTU Athens, Athen, März 2007

Bonn, Oktober 2007  
Dr.My-GdJ AMz