

Place for emblem of conference  
6 cm



## BEURTEILUNG DER SCHUBTRAGFÄHIGKEIT VON MAUERWERKSCHIEBEN

*Vladimír BENKO – Martin PELIKAN – Johann KOLLEGGER*

### Abstract:

The aim of this paper is the experimental verification of shear capacity of structural masonry walls subjected to the various combination of horizontal and vertical in plane loads. Shear capacity was compared with experimental results obtained in Switzerland. Further, bricks with a new shape are proposed which have been patented in Austria and whose bearing capacity should be higher than classical bricks. Verification of their bearing capacity was tested on two sets of experiments that were carried out in Austria.



### 1. Einleitung

Im Allgemeinen ergeben sich durch die verschiedenen Einwirkungen auf ein Bauwerk die verschiedensten Beanspruchungen für eine tragende Struktur. Besonders für unbewehrtes Mauerwerk ist die Schubbelastung eine zu untersuchende Einwirkung, da das Tragverhalten auf eine einwirkende Horizontalkraft dieser Bauweise stark beschränkt ist. Eine solche Beanspruchung resultiert in der Baupraxis aus Windbelastungen und in einem quantitativ noch höheren Maß aus dem Belastungsfall, der durch ein Erdbeben erzeugt wird. Inhalt dieses Aufsatzes ist die Untersuchung der Tragfähigkeit von solchem unbewehrten Mauerwerk, das durch eine Normalkraft und eine Schubkraft belastet ist.

Weiters soll ein neues Ziegelformat vorgestellt werden, das durch seine Form und die daraus resultierende Versagensart, eine höhere Tragfähigkeit im Bezug auf Schubbeanspruchung aufweist.

Ein normaler Ziegelverband, der durch eine zu hohe Schubkraft beansprucht wird schert in der Regel treppenförmig ab (Bild 1). Durch die neue Ziegelform (Bild 2) bei

der keine horizontalen Lagerfugen vorhanden sind, ist ein solches Abscheren nicht möglich, und bei einem Schubversagen müssten die Einzelziegel zerbrechen, was zu der angesprochenen höheren Tragfähigkeit führt. Weiters ist die Tatsache, dass eine geneigte Resultierende der einwirkenden Kräfte (aus einer Normal- und Schubkraft) durch die Dachform der Einzelziegel immer einen gewissen Anteil der Kräfte über Normalspannungen an den Ziegelflächen übertragen kann, verantwortlich für die Steigerung der Schubtragfähigkeit.

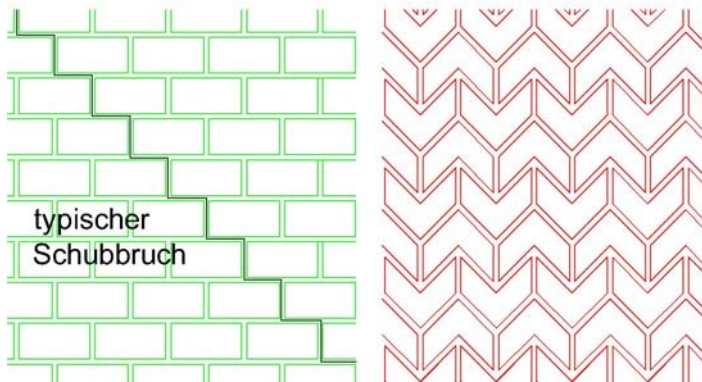


Bild 1: Ziegelverbände



Bild 2: Neues Ziegelformat

Bereits Thürlimann, Furler, Ganz und Santi [1] haben das Schubtragverhalten von unbewehrtem Mauerwerk untersucht und haben abhängig vom Winkel der Resultierenden der einwirkenden Kräfte ( $\alpha$ ) die im Bild 3 gezeigten Mauerwerksfestigkeiten ( $\sigma$ ) für einachsig belastete Verbände festgestellt.

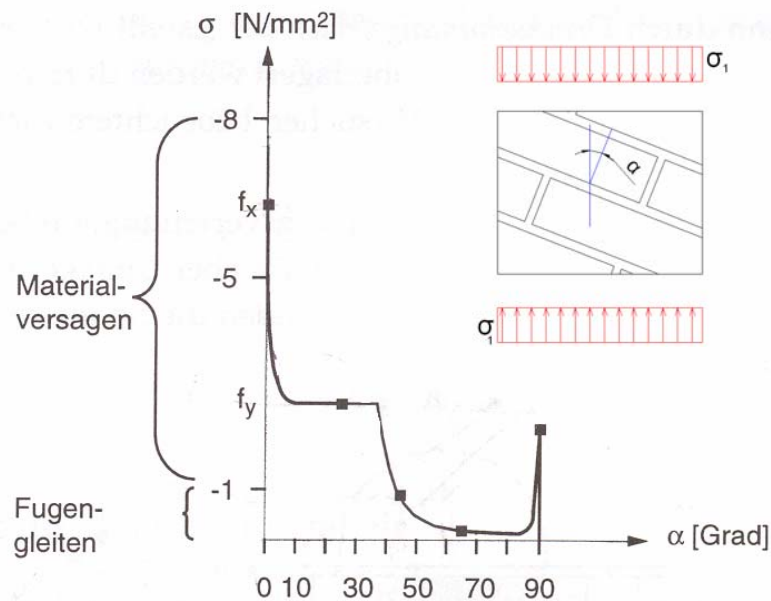


Bild 3: Festigkeit von Mauerwerk für unterschiedliche Winkel  $\alpha$

Besonders im Bereich der höheren Winkel, also in jenem Bereich, in dem die Schubkraft größer ist als die aufgebrauchte Normalkraft, verliert eine Mauerwerksscheibe an Festigkeit. Das hier gezeigte und von Thürlimann, Furler, Ganz und Santi untersuchte Verhalten wurde in die SIA V177 [2] als Bemessungsmodell übernommen.

Nach dieser Mauerwerksnorm ist für den kritischen Bereich (zwischen  $\varphi$  und  $90^\circ$ ) eine Festigkeit von  $0 \text{ N/mm}^2$  anrechenbar. Das entsprechende Diagramm aus der SIA V177 zeigt Bild 4.

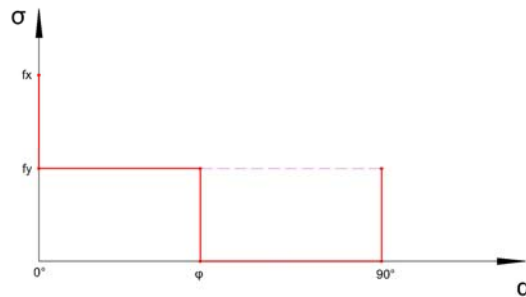


Bild 4: Festigkeit von Mauerwerk für unterschiedliche Winkel  $\alpha$  nach SIA V 177 [2]

In diesem Bereich ist also eine Bemessung nicht möglich. Die gezeigte neue Ziegelform kann besonders bei dieser hohen Schubbeanspruchung höhere Festigkeiten aufweisen, wie im Kapitel 3 noch gezeigt wird.

## 2. Versuche

Die im Folgenden gezeigten Versuche wurden im Bauteillabor des Instituts für Tragkonstruktionen an der TU Wien durchgeführt.

Im Zuge der Untersuchung wurde eine Versuchsreihe durchgeführt, in der sowohl fünf Körper mit Normalformatziegeln als auch fünf Körper mit den neuartigen Ziegeln untersucht wurden (Bild 5). Alle Körper wiesen eine Breite von 60 cm und inklusive der Einfassungen eine Höhe von 70 cm ( $\pm 1,0 \text{ cm}$ ) auf. Die Einzelziegel wurden aus altösterreichischen Vollziegeln geschnitten und hatten einen geometrischen Maßstab von 1:4.

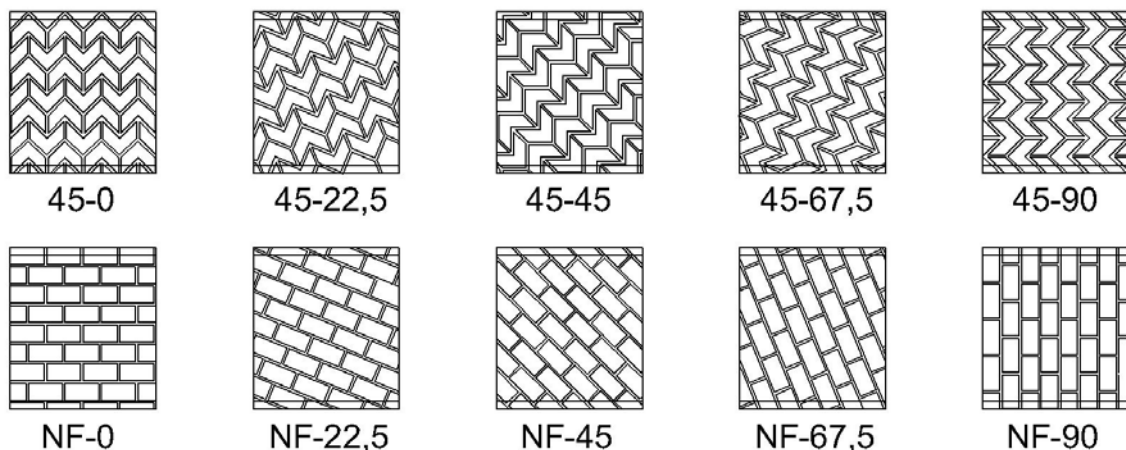
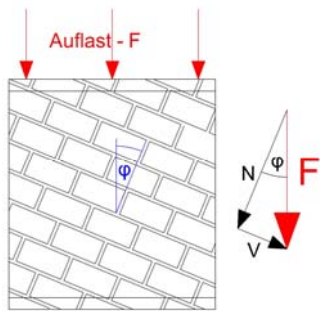


Bild 5: Versuchskörper

Durch die gewählte Geometrie der Versuchskörper konnte eine Lastkombination aus Normalkraft (N) und Schubkraft (V) innerhalb der Scheibe erzeugt werden. Bild 6 zeigt die Einwirkung (F) und die Beanspruchung für einen exemplarisch dargestellten Körper (NF - 22,5). Durch diese Art der Einwirkungskombination wird der Vorteil ausgenutzt, dass bei solchen Versuchen keine Rücksicht auf das globale Gleichgewicht der Versuchskörper genommen werden muss.



Der Versuchsaufbau wurde wie in Bild 7 dargestellt gewählt. Durch drei hydraulische Pressen, die durch ihren Maschinenweg gesteuert wurden, konnte die entsprechende Auflast  $F$  erzeugt werden. Die Belastungsgeschwindigkeit wurde für alle Körper mit 0,2 mm/min festgelegt. Ein Rollenlager, das durch zwei Stahlplatten begrenzt war, gewährleistete die Verschieblichkeit am oberen Rand des Versuchskörpers, um durch auftretende Körperverformungen Zwängungen zu verhindern.

Bild 6: Lastaufstellung

Die Versuchskörper waren oben und unten durch U-Profile (U100) eingefasst. Als unteres Auflager dienten drei Stahlplatten mit einer gesamten Dicke von 80 mm. Diese Platten wurden horizontal an dem unverschieblichen Rahmen fixiert, um durch das Versagen auftretende Horizontalkräfte nicht in die Messdosen einzuleiten. Die aktuell wirkende Auflast  $F$  wurde durch diese drei Kraftmessdosen gemessen.

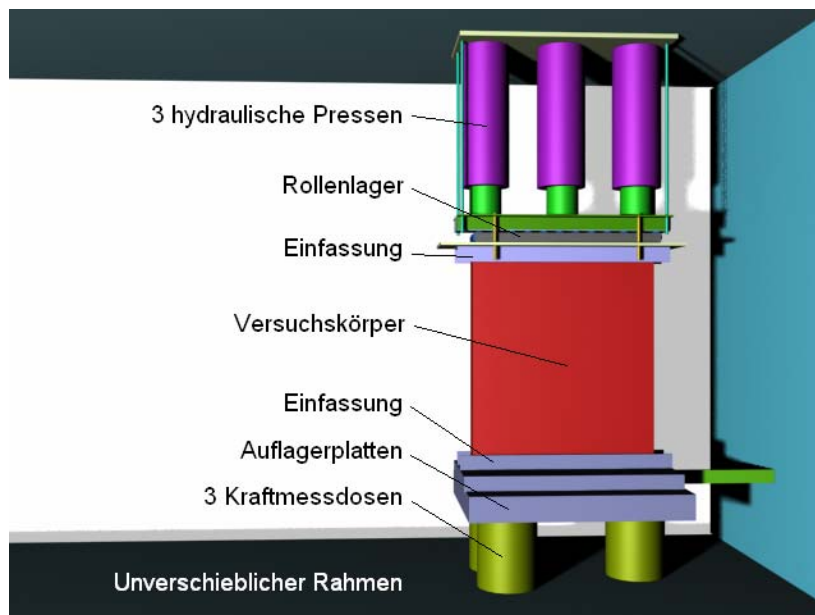


Bild 7: Versuchsaufbau

Gemessen wurden neben der Auflast folgende Wege:

Weg Nr.	Beschreibung	Wegaufnehmer
2	Verschiebung parallel zur geneigten Lagerfuge	Induktiv
3	Vertikale Verschiebung des Gesamtkörpers	Induktiv
4	Vertikale Verschiebung des Gesamtkörpers	Induktiv
5	Verschiebung normal zur geneigten Lagerfuge	Induktiv
6	Kontrollweg für die Auslenkung normal zur Scheibenebene	Induktiv

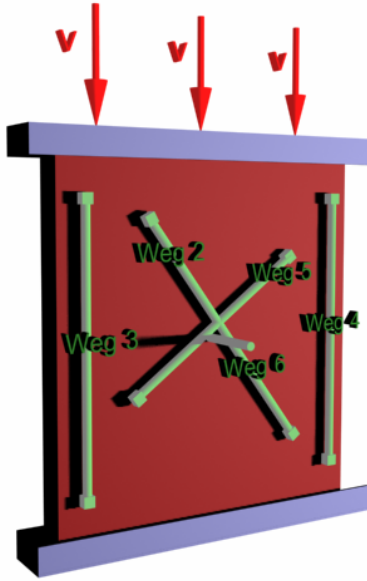


Bild 8: Wegaufnehmer



Bild 9: Versuchskörper 45 -22,5

Bild 9 zeigt repräsentativ den Versuchskörper 45-22,5.

### 3. Versuchsergebnisse

Die in den Versuchen erreichten Festigkeiten sind in der folgenden Grafik dargestellt.

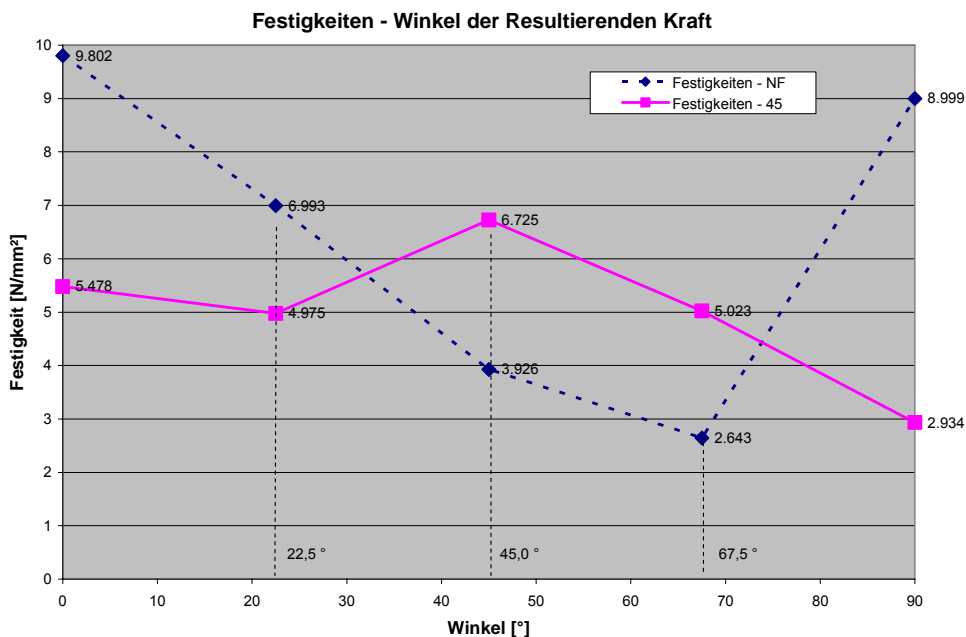


Bild 9: Versuchsergebnisse

Die strichlierte Linie zeigt die Festigkeiten für die Normalformatziegel. Die von Thürlimann, Furler, Ganz und Santi gezeigte Charakteristik wird durch die Versuchsergebnisse prinzipiell bestätigt. Die Festigkeiten im Bereich der größeren Schubbeanspruchung liegen aber deutlich über Null, im Gegensatz zum veranschlagten Modell der SIA V177. Weiters ist der Wert für eine Beanspruchung parallel zu den Lagerfugen mit 8,99 N/mm<sup>2</sup> annähernd so groß wie die

Mauerdruckfestigkeit bei reiner Normalkraftbelastung mit  $9,80 \text{ N/mm}^2$ , was laut SIA V177 ebenfalls niedriger veranschlagt wurde.

Die volle Linie zeigt die erreichten Festigkeiten für die Mauerwerksscheiben aus den neuen Ziegelformaten. Die Werte zeigen, dass besonders im Bereich zwischen  $38^\circ$  und  $90^\circ$  der Resultierenden höhere Festigkeiten erreicht werden konnten. Der einzige Wert, der deutlich niedriger liegt, ist jener bei einer Beanspruchung parallel zu der Lagerfugenrichtung ( $90^\circ$ ). Dies ist durch einen Einfluss bei der Herstellung des Versuchskörpers zu erklären, der durch die in diesem Winkel komplizierte Maurerarbeit entstanden ist.

Der direkte Vergleich zwischen den Normalformatziegelmauern und jenen aus den neuartigen Ziegeln zeigt die bereits erwähnte Versagensart der neuen Ziegelformate. Sie äußerte sich durch ein Brechen der Einzelziegel und eine Rissausbreitung bis zum endgültigen Versagen. Diese Versagensart lässt auch eine höhere Umlagerung der Kräfte zu, wodurch nach den ersten Rissen im Versuchkörper noch nennenswerte Laststeigerungen möglich waren. Im Gegensatz dazu stellte der erste Riss für die Körper aus Normalformatziegeln die Situation der maximalen Belastbarkeit dar.

#### **4. Zusammenfassung**

Zusammenfassend konnte mit diesen statischen Versuchen gezeigt werden, dass die Schubtragfähigkeiten von Verbänden, die mit der neuen Ziegelform hergestellt wurden, merkbar höher waren als jene von Normalformatziegelverbänden.

Ein weiterer Teil dieser Arbeit [4] bestand darin die praktische Anwendbarkeit von dem verwendeten neuen Ziegelformat zu beurteilen. Für die Aufgaben, die im Bezug auf die Ausführung von Mauerwerkswänden entstehen, wurden Ansätze und Ideen zur Lösung gezeigt.

Weiters wurde die aktuelle Normenlage erläutert und die Möglichkeiten von weiterführenden dynamischen Versuchen und deren mögliche Aussagekraft über die Tragfähigkeit im Falle einer nicht statischen Belastungssituation wie etwa bei einem Erdbeben.

#### **Literatur:**

- [1] Thürlimann, Furler, Ganz und Santi.: „Baustatik AK:Mauerwerksbau“ Vorlesungsunterlagen, Institut für Baustatik und Konstruktion ETH Zürich, 1991
- [2] SIA V 177 „Mauerwerk“ Ausgabe 1995.
- [3] Bellová, M.: Navrhovanie muriva s použitím rôznych druhov mált. In: 5.ročník medzin. Konfer. Betonárske dni 2004. Bratislava, september 2004, s. 153-158.
- [4] Pelikan, M.: Beurteilung der Schubtragfähigkeit von Mauerwerkscheiben – Untersuchung neuer Ziegelformate. Diplomarbeit TU Wien Juni 2005.