

## **Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Schubtragfähigkeit von Ziegelmauerwerk**

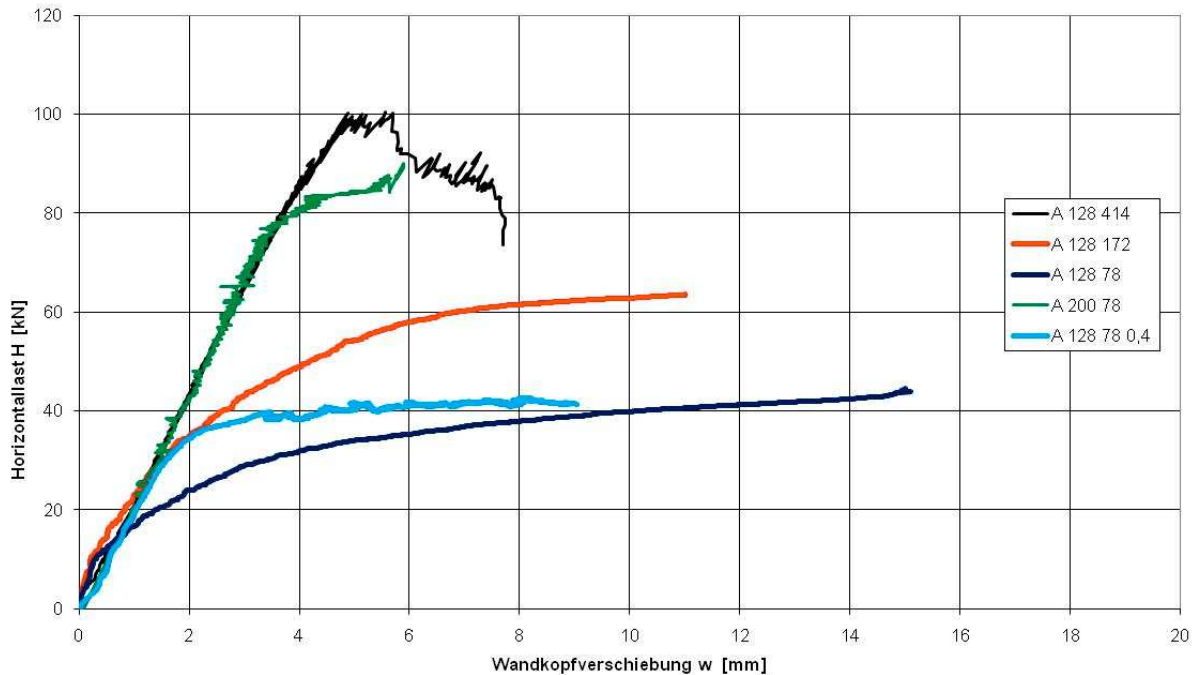
**FV-Nr. / IGF-Nr.: 15211 N**

Ziel des Forschungsvorhabens war die genauere Beschreibung des Tragverhaltens von Mauerwerk aus Hochlochziegeln unter Schubbeanspruchung. Grundlage hierfür bildete die Bestimmung von Stoffgesetzen, insbesondere zur Beschreibung des Nachbruchverhaltens der Baustoffe, die in Kleinprüfkörperversuchen bestimmt wurden. Unter Ansatz dieser Stoffgesetze wurde in numerischen Simulationen und vergleichenden Schubversuchen das Schubtragverhalten systematisch untersucht.

Die Tragfähigkeit von Ziegelmauerwerk unter Schubbeanspruchung wird maßgeblich durch die Festigkeitseigenschaften der Mauerziegel unter Zug- und Druckbeanspruchung beeinflusst. Die derzeit im deutschen und europäischen Regelwerk verankerten Bemessungsverfahren spiegeln das tatsächliche Schubtragverhalten von Mauerwerk nur ungenügend wieder. Grundlage für die genauere Beschreibung des Schubtragverhaltens bildet die Bestimmung der Stoffgesetze, insbesondere auch des Nachbruchverhaltens, der Mauersteine unter Zug- und Druckbeanspruchung sowie des Verbundes zwischen den Mauersteinen und dem Dünnbettmörtel unter Zug- und Scherbeanspruchung.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurden zahlreiche experimentelle und theoretische Untersuchungen durchgeführt, die zukünftig eine genauere Berechnung der Schubfestigkeit unter Vermeidung von kostenintensiven Elementprüfungen ermöglichen und die Basis für die Herleitung von analytischen Berechnungsverfahren bilden sollen. Teilweise wurden die Stoffgesetze direkt aus den experimentellen Untersuchungen abgeleitet, teilweise erfolgte die Bestimmung invers durch numerische Simulation der durchgeführten Untersuchungen. Es wurde ein im Rahmen des auf europäischer Ebene durchgeführten Forschungsprojektes ESECMaSE für schubbeanspruchtes Mauerwerk optimierter Hochlochziegel mit durchgehenden Längsstegen (Hochlochziegel A) sowie ein handelsüblicher Mauerziegel (Hochlochziegel B) mit versetzter Steganordnung ausgewählt. Diese wurden ausschließlich mit einem auf die Mauersteineigenschaften abgestimmten Dünnbettmörtel kombiniert.

In den experimentellen Untersuchungen zur Schubtragfähigkeit zeigte sich wider Erwarten, dass die Tragfähigkeit bei Verwendung des Ziegeltyps B und hoher Auflast (Versagensfall „Steinzugversagen“) deutlich über der Schubtragfähigkeit des Ziegeltyps A liegt. Zu vermuten wäre der umgekehrte Fall: Die höhere Druckfestigkeit und die in Wandlängsrichtung durchgehenden Stege führen zu einer Erhöhung der Steinlängsdruckfestigkeit und daraus resultierend zu einer höheren Schubtragfähigkeit beim Ziegeltyp A. Den Untersuchungen ist jedoch zu entnehmen, dass mit steigendem Winkel in der Schrägzugbelastung (Winkel größer  $45^\circ$  normal zur Lagerfläche) der Ziegeltyp B höhere Zugfestigkeiten aufweist; die zwangsläufig zu einer höheren Schubtragfähigkeit führen. Demnach wird deutlich, dass die Steggeometrie (durchgehende oder versetzte Stege in Steinlängsrichtung) nicht zwingend ein Kriterium für die Höhe der Schubtragfähigkeit ist. Vielmehr wird die Schubtragfähigkeit maßgeblich durch die Zugfestigkeit in Richtung der Hauptzugspannungen (Schrägzugfestigkeit) beeinflusst, diese wiederum hängt in erster Linie von der Zugfestigkeit des Ziegelscherbens und dem zur Verfügung stehendem Netto-Scherbenquerschnitt in Richtung der Hauptzugspannung ab. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass ein halbsteiniges Überbindemaß im Vergleich zu einem Überbindemaß von 0,4 h tendenziell zu einem duktileren Last-Verformungsverhalten führt, die Höhe der maximal aufnehmbaren Horizontallast wird durch das Überbindemaß nicht beeinflusst.



*Last-Verformungsbeziehungen am Beispiel des Ziegeltyps A, Variation der Wandlänge (1,28 m und 2,00 m); der Auflast (78 kN/m, 172 kN/m und 414 kN/m) sowie des Überbindemaßes (halbsteinig und 0,4 h)*

Die zehn Schubversuche an geschosshohen Wänden wurden mit einem FE-Modell der Wandscheibe simuliert. Es bleibt festzuhalten, dass die Anisotropie und Heterogenität der Ziegel Probleme bereiten, die bei den bereits früher entwickelten Modellen zur Beschreibung des Schubversagens von Wandscheiben aus homogenen und isotropen Materialien naturgemäß nicht aufgetreten waren. Insgesamt gesehen kann das Modell auf der Basis des Vergleichs mit den vorhandenen Versuchsergebnissen nur validiert werden, wenn hohe Toleranzen bezüglich der Vorhersagegenauigkeit akzeptiert werden.

Es handelt sich um ein Forschungsprojekt der Forschungsgemeinschaft der Ziegelindustrie e.V. (FGZ). Es wurde unter der Nummer AiF 15211 N vom BMWi über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. AiF gefördert und gemeinschaftlich vom Institut für Ziegelforschung Essen e.V. (IZF) und der RWTH Aachen, ibac unter der Projektleitung von Dr.-Ing. Michael Roßbach und Dipl.-Ing. Ulf Schmidt durchgeführt.