

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Jehl, Produktmanager Abdichtung und Befestigungssysteme

Dipl.-Ing. (FH) Martin Heßler, Projektingenieur Abdichtung und Befestigungssysteme

Dipl. Phys. Norbert Sack, Leiter F+E

F+E Projekt Fenstermontage in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk

Bemessung und Ausführung der Fensterbefestigung

Um weiterhin mit monolithischem Ziegelmauerwerk bauen zu können und trotzdem die Anforderungen der EnEV zu erfüllen, wurden die Steine in den letzten Jahren wärmetechnisch optimiert. Dies führte zur Reduzierung der mechanischen Festigkeit. Die Befestigung von Fenstern wird mit herkömmlichen Methoden deshalb immer schwieriger. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Befestigung in Leibungssteinen mit dickerer Wandstärke gut möglich ist und höhere Lasten durch zusätzliche Befestigungspunkte abgetragen werden können. Außerdem wurden Bemessungsverfahren entwickelt, validiert und in den ift-Montageplaner integriert, um die Berechnung und Bemessung in der Praxis zu vereinfachen.

Die gestiegenen und weiter steigenden Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz haben zu einer Reduzierung der Wärmeleitfähigkeit von Ziegelmauerwerk geführt. Durch die Erhöhung der Lochanteile, Reduzierung der Stegdicken, geringere Scherbenrohndichten sowie mit Dämmstoff gefüllte Ziegel können Wärmeleitfähigkeiten von unter 0,10 W/(m K) erreicht werden. Mit der entsprechenden Verbesserung der wärmetechnischen Eigenschaften ging jedoch eine Reduzierung der mechanischen Festigkeiten, insbesondere der Dübeltragfähigkeit im Leibungsbereich einher.

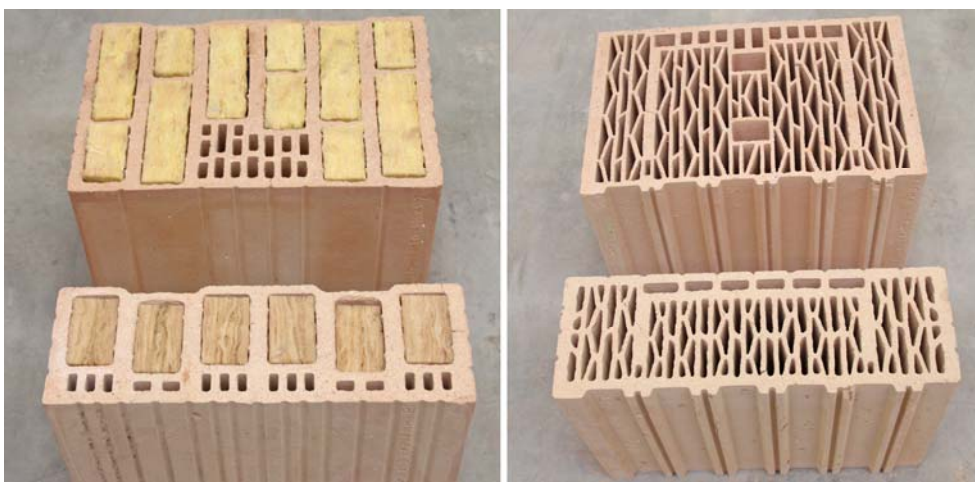


Bild 1 Beispielhafte Darstellung von Varianten von Leibungssteinen bei hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk (links: Großkammerziegel gefüllt rechts: filigraner Ziegel ungefüllt)

Gleichzeitig hat das Gewicht von transparenten Bauelementen erheblich zugenommen (3-fach Glas, größere Glasflächen sowie die Anforderungen an den Komfort (Schallschutz) und an die Sicherheit (Einbruchhemmung)). All dies führte dazu, dass die Befestigung in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk mit herkömmlichen Methoden immer schwieriger wird und allgemein anwendbare Befestigungslösungen fehlen. Daher hat das ift Rosenheim das Forschungsvorhaben „Fenstermontage in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk“ durchgeführt (finanziell gefördert durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau, AZ: SWD-10.08.18.7-13.27, die Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e. V. und Adolf Würth GmbH & Co. KG (Projektpartner) sowie durch kostenlos zur Verfügung gestellte Prüfelemente der Firmen Kneer-Südfenster, Heroal und VEKA).

1 Versuchsdurchführung

Im Forschungsprojekt wurden umfangreiche Untersuchungen an Leibungssteinen von „Großkammerziegeln“ (Hohlräume mit Dämmstoff gefüllt) sowie von „filigranen Ziegelsteinen“ (mit/ohne Füllung) durchgeführt. Dabei wurden auch wichtige Grundlagen für die auftretenden Lasten und Lastenleitungen erarbeitet, da diese eine direkte Auswirkung auf die Tragfähigkeit des Gesamtsystems, die Befestigungsmittel und die Ziegelwand haben. Diese Lasten können durch das Eigengewicht und durch äußere Einwirkungen (Belastung durch Personen und Wind) hervorgerufen werden. Wichtig ist dabei die Wirkungsrichtung der einwirkenden Kräfte und der resultierenden Auflagerkräfte (in oder rechtwinklig zur Fensterebene).

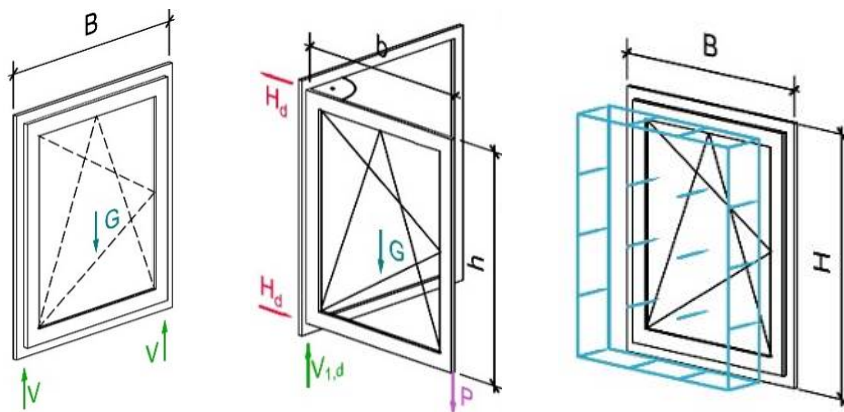


Bild 2 Lasten am Fenster

(L: Eigengewicht, M: Lasten durch geöffneten Flügel, R: Lasten durch Wind)

Um die Analyse der auf das Fenster bzw. die Befestigungspunkte einwirkenden Lasten zu vereinfachen, wurden ein typisches Fenster und folgende baupraktische Annahmen definiert:

- Standard Isolierglas (3-fach Verglasung 4/SZR/4/SZR/4) 30 kg/m²
- Profildgewicht 5,5 kg/lfm
- vertikale Nutzlast sowohl 0 als auch 600 N (Klasse 3 nach EN 13115)
- Windlast B3 (nach EN 12210) => 1,11 kN/m²
- keine absturzsichernde Funktion
- Position der Befestigungsmittel entsprechend Empfehlungen RAL-Leitfaden zur Montage

Neben einer Analyse der an den Befestigungspunkten auftretenden Lasten, wurde die Tragfähigkeit ausgewählter Befestigungsmittel in unterschiedlichen Steinen durch Kleinteilversuche ermittelt. Dies erfolgte für Querkzug (Belastung bei Montage mit Maueranker) Biegebelastung des Befestigungsmittels (Belastung bei Montage mit Rahmendübel). Darauf aufbauend wurden an kompletten Bauteilen, bestehend aus gemauertem Ziegelverband mit eingebautem Fenster, Untersuchungen zum Verformungsverhalten und zur Dauerhaftigkeit durchgeführt. Hierbei wurden auch alternative Konzepte zur Befestigung bei örtlichen Lastkonzentrationen berücksichtigt.

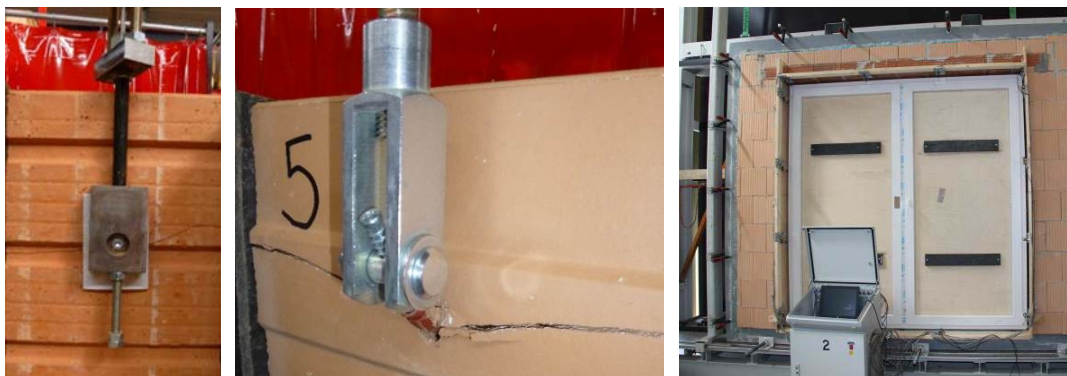


Bild 3 Versuche zur Ermittlung der Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Befestigung bei hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk
(L: Reiner Querkzugversuch, M: Zugversuch mit Biegung des Befestigungsmittels, R: Bauteilversuch zur Messung der Verformung bei unterschiedlichen Lastenwirkungen)

Die durchgeführten Bauteilversuche zeigten, dass das theoretische (vereinfachte) Bemessungsmodell für die baupraktische Anwendung eine ausreichende Übereinstimmung aufweist und damit auch eine dauerhafte Befestigung erzielt werden kann, insbesondere in Leibungssteinen mit dickerer Wandstärke. Bei Neuentwicklungen sollten dennoch beide Untersuchungen durchgeführt werden – die Ermittlung der Tragfähigkeit (Kleinteilversuch) und die Beurteilung der Dauerhaftigkeit (Bauteilversuch).

2 Ergebnisse und Empfehlungen

Die Analyse der an den Befestigungspunkten auftretenden Lasten führte zu folgenden Erkenntnissen (gültig für die zuvor beschriebenen Annahmen).

1. **Windlast** - Für ein typisches Fenster (Abmessung von ca. 1,2 m x 1,4 m) liegt die durch das Befestigungselement abzutragende Last für Windeinwirkung bei umlaufender bei ca. 0,4 kN; bei nur 2-seitiger Befestigung erhöht sich der Wert auf ca. 0,6 kN. Für eine Fenstertüre (Abmessung ca. 1,3 m x 2,2 m) liegt die durch das Befestigungselement abzutragende Windlast bei ca. 0,5 kN bei umlaufender; bei nur 2-seitiger Befestigung erhöht sich der Wert auf ca. 0,7 kN. Prinzipiell kann die durch das Befestigungsmittel abzutragende Last aufgrund von Windeinwirkung durch die Verwendung von mehr Befestigungspunkten reduziert werden.
2. **Eigengewicht** - Die örtlich auftretenden, horizontalen Lasten aus dem Eigengewicht des geöffneten Flügels nehmen bei konstanter Elementbreite mit zunehmender Elementhöhe ab. Daher ergeben sich bei gleicher Elementfläche ($B \times H$) für stehende Formate ($B : H < 1$) geringere Kräfte als für liegende Formate ($B : H > 1$).
3. **Vertikale Nutzlast** - Bei einer zusätzlich am geöffneten Flügel zu berücksichtigenden, vertikalen Nutzlast P von 600 N liegt für alle Abmessungen die durch das Eigengewicht und die Nutzlast verursachte horizontale Last signifikant höher, als die Last durch Windeinwirkung. Dies gilt für eine umlaufende und für eine 2-seitige Befestigung.
4. **Bemessungskonzept** - für die Bemessung der Befestigung müssen neben der sich flächig verteilenden Windlast auch örtliche Lastkonzentrationen an den Eck- und Scherenlagern öffentlicher Elemente berücksichtigt und ggf. durch spezielle Anordnung der Befestigungsmittel kompensiert werden.
5. **Befestigung bei örtlichen Lastkonzentrationen** - Die Last, die durch einen, auf 90° geöffneten Flügel auf die Befestigungspunkte in Nähe des Eck- als auch Scherenlagers wirkt, ist häufig die maßgebliche Last für die Bemessung dieser Befestigungspunkte. Dies gilt besonders wenn eine vertikale Nutzlast statisch angesetzt wird. Dann werden die auftretenden Kräfte bereits für typische Fensterformate so groß, dass die Last nicht mehr von einem einzigen Befestigungspunkt aufgenommen werden kann. Untersuchungen zeigten, dass durch eine „Gruppenbefestigung“ diese Last auf mehrere Befestigungspunkte aufgeteilt werden kann. Eine symmetrisch aufgeteilte „Über-Eck Befestigung“ ermöglicht eine nahezu gleichmäßige Lastaufteilung (50/50). Ebenso kann dies durch eine „Doppelbefestigung“ erfolgen, d. h., wenn in einem Abstand von ca. 100 mm zum „Standardbefestigungspunkt“ ein zweiter Befestigungspunkt gesetzt wird, der die Last auf den „Standardbefestigungspunkt“ dann auf ca. 70% reduziert (70/30).

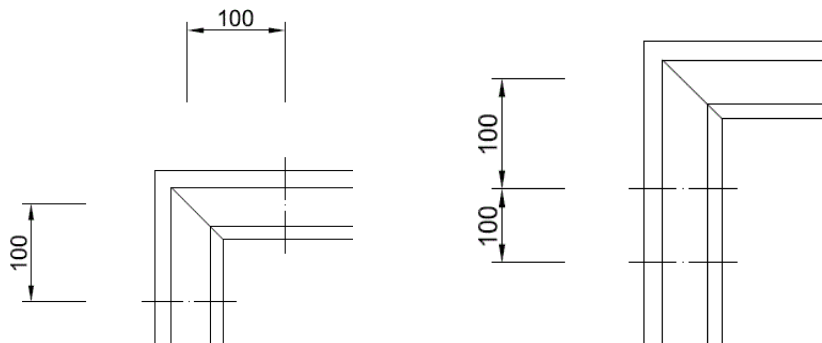


Bild 4 Gruppenbefestigungen zur Lastverteilung bei örtlichen Lastkonzentrationen, wenn ein Befestigungspunkt überfordert ist
(L: Symmetrische „Über-Eck-Befestigung“, R: „Doppelbefestigung“, z.B. am Scherenlager, wenn die Variante „Über-Eck-Befestigung“ aufgrund eines Rollkastens nicht möglich ist)

6. **Verformung und Gebrauchstauglichkeit** – bei der Bemessung der Befestigung sind die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit zu berücksichtigen. Dies ist nach ift-Richtlinie MO-02/1 definiert für eine maximale Verformung von 3 mm am Befestigungspunkt unter Last. Dies stellt die Dauerhaftigkeit des Anschlusses sicher (innere/äußere Abdichtung zwischen Fenster und Mauerwerk). Ist die empfohlene Tragfähigkeit für das Versagen eines Befestigungsmittels im Befestigungsgrund größer als die Kraft für die zulässige Verformung von 3 mm, so erfolgt die Bemessung anhand der Verformung (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit). Die Verformung hängt wesentlich von der freien Hebelarmlänge des Befestigungsmittels ab, d.h. von der Breite der Einbaufuge. Es ist daher wichtig bei der Bemessung auch die Breite der Einbaufuge zu berücksichtigen und bei der Ausführung – unter Beachtung erforderlicher Mindestfugenbreiten für die Abdichtung - möglichst gering zu halten.

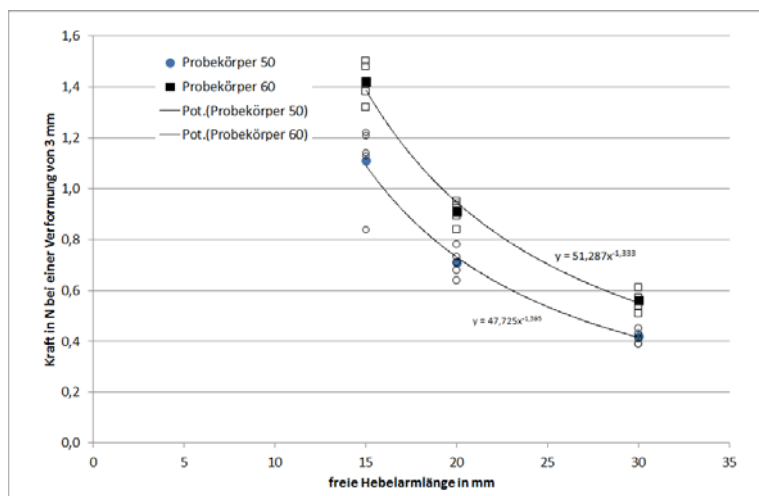


Bild 5 Zusammenhang zwischen freier Hebelarmlänge und Last für eine Verformung von 3 mm. Neben den Mittelwerten der Messung (ausgefüllte Marker) sind jeweils auch die Einzelwerte eingetragen (nicht ausgefüllte Datenpunkte). Zusätzlich sind Ausgleichskurven unter Annahme eines potentiellen Zusammenhangs eingezeichnet.

3 Praktische Berechnung mit ift-Online Tool

Um die Berechnung der Lasten und die daraus folgenden Vorgaben für die Befestigungsmittel für die Baupraxis zu erleichtern, wurden die erarbeiteten Berechnungsverfahren in den ift-Montageplaner integriert. Damit kann der Montagebetrieb die Lasten und Auflagerkräfte an den Befestigungspunkten einfach ermitteln und die geeigneten Befestigungsmittel in Abstimmung mit dem Hersteller festlegen. Die Befestigung in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk ist nach der Einteilung im Montageleitfaden dem Sonderfall 1 zugeordnet, d. h., eine statische Bemessung sollte durchgeführt werden.

Die Daten werden in einer Eingabemaske abgefragt (Außenabmessung Fenster, Rahmenwerkstoff, Fensteraufteilung, Gesamtglasdicke, geplante Aufteilung der Befestigungspunkte, Bemessungswindlast, vertikale Nutzlast P). Nach Eingabe der Daten, werden die Auflagerkräfte berechnet und in einer Ergebnisübersicht dargestellt, die zu Dokumentationszwecken auch heruntergeladen werden kann. Als Ergebnis werden die maßgeblichen Kräfte je Befestigungspunkt angegeben.

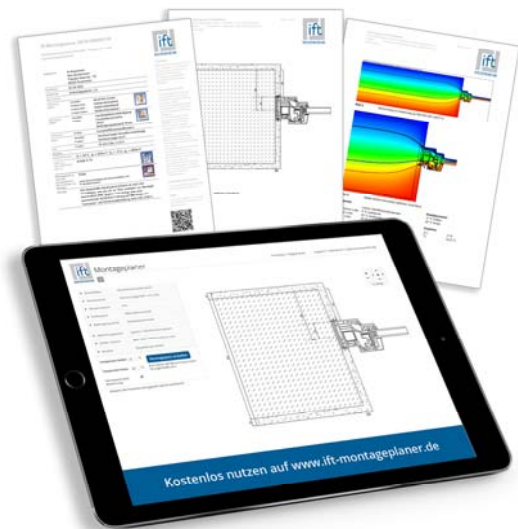


Bild 7 ift-Montageplaner führt die notwendigen Berechnungen für die Kräfte am Befestigungspunkt durch (statische Bemessung) und ist kostenlos verfügbar (www.ift-montageplaner.de/ift/)

4 Fazit

Die fachgerechte Befestigung sollte ernst genommen werden und die Montagebetriebe müssen sich auf die veränderten Einbaubedingungen einstellen. Die bislang bekannten allgemeinen Regeln der Technik (a.R.d.T.) mit standardisierten Befestigungsabständen reichen für die Befestigung in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk nicht mehr aus, um eine fachgerechte, dauerhafte Befestigung zu gewährleisten. Deshalb ist i.d.R. der Einsatz spezieller Leibungssteine und die Beachtung der Verarbeitungshinweise und zulässigen Befestigungskräfte notwendig. Der kostenlose ift-Montageplaner gibt hierbei Unterstützung und ermöglicht eine einfache Ermittlung der Kräfte als Grundlage zur Auswahl der Befestigungsmittel und -abstände. Bei besonderen Anforderungen (Einbruchhemmung, Absturzsicherung) sollte bereits in der Angebotsphase die grundsätzliche Machbarkeit mit dem Systemgeber und dem Hersteller von Befestigungsmitteln geklärt werden.

Autoren



Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Jehl ist im ift Rosenheim als Produktmanager für den Bereich innere und äußere Abschlüsse, geklebte Verglasungen, Montage und Materialien für den Baukörperanschluss tätig. Als Hauptverfasser des Montageleitfadens und diverser Richtlinien sowie als langjähriger Gutachter gilt er als führender Experte auf diesem Gebiet. Als Referent und Autor sowie in verschiedenen Normungsgremien gibt er seine Erfahrung an die Branche weiter.



Dipl.-Ing. (FH) Martin Heßler ist im ift Rosenheim als Projektingenieur für den Bereich Montage und Baukörperanschlüsse tätig. Davor war er lange Jahre als Gutachter tätig und kennt daher die Probleme und Abläufe auf der Baustelle hervorragend. Als Referent und Autor gibt er seine Erfahrung an die Branche weiter.



Dipl.-Phys. Norbert Sack ist Leiter der Abteilung Forschung und Entwicklung und seit 1995 am ift Rosenheim tätig. Er arbeitet in verschiedenen nationalen und internationalen Normenausschüssen und Sachverständigengremien mit und ist Lehrbeauftragter an der Hochschule Rosenheim.

Über das ift Rosenheim

Das ift Rosenheim ist eine europaweit notifizierte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle und international nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert. Im Mittelpunkt steht die praxisnahe, ganzheitliche und schnelle Prüfung und Bewertung aller Eigenschaften von Fenstern, Fassaden, Türen, Toren, Glas und Baustoffen. Ziel ist die nachhaltige Verbesserung von Produktqualität, Konstruktion und Technik sowie Normungsarbeit und Forschung. Die Zertifizierung durch das ift Rosenheim sichert eine europaweite Akzeptanz. Das ift ist der Wissensvermittlung verpflichtet und genießt als neutrale Institution deshalb bei den Medien einen besonderen Status – die Publikationen dokumentieren den aktuellen Stand der Technik. www.ift-rosenheim.de/wissen