

Jaroslav Novak, Martin Heßler
Wolfgang Jehl, Norbert Sack

Fenstermontage in hochwärme- dämmendem Ziegelmauerwerk

Erarbeitung eines Leitfadens zur Befestigung
von energieeffizienten Fenstern in hoch-
wärmedämmendem Ziegelmauerwerk

F 3087

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2019

ISBN 978-3-7388-0391-4

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

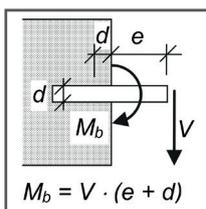
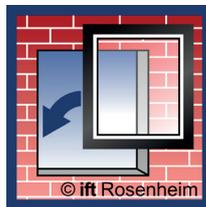
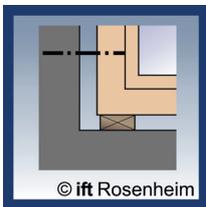
Telefon 07 11 9 70 - 25 00
Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung

Fenstermontage in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk





Abschlussbericht

Thema	Erarbeitung eines Leitfadens zur Befestigung von energieeffizienten Fenstern in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk
Kurztitel	Fenstermontage in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk
Gefördert durch	Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-13.27)
Forschungsstelle	ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Theodor-Gietl-Straße 7-9 83026 Rosenheim
Bearbeiter	Jaroslav Novak Martin Heßler Wolfgang Jehl Norbert Sack
Projektleiter	Wolfgang Jehl
Institutsleitung	Prof. Ulrich Sieberath

Rosenheim, April 2018

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumordnung gefördert (Aktenzeichen: SWD- SWD-10.08.18.7-13.27).

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Projektziel	1
2	Stand der Technik	3
2.1.1	Standardsteine	5
2.1.2	Leibungssteine	6
2.1.3	Einbausituationen des Fensters	7
3	Vorgehensweise zur Auslegung einer Fensterbefestigung	9
3.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit	9
3.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	10
4	Analyse der auf die Fensterbefestigung einwirkenden Kräfte	11
4.1	Grundsätzliche Ausführung der Fensterbefestigung	11
4.2	In Fenster-/ Flügelebene wirkende Kräfte	14
4.3	Senkrecht zur Fensterebene wirkende Kräfte	16
4.3.1	Eigengewicht	18
4.3.2	Vertikale Nutzlasten	20
4.3.3	Windlasten	21
4.3.4	Absturzsicherung	24
4.4	Überlagerung von Lasten/ Kombination der Lastfälle	25
4.5	Anforderungen an das Befestigungsmittel im Standardfall	30
5	Kleinversuche am Einzelstein Runde 1	37
5.1	Versuchsdurchführung	37
5.2	Versuchsprogramm	38
5.3	Versuchsaufbau	41
5.3.1	Querzug	41
5.3.2	Biegung	42
5.4	Auswertung der Versuche	43
5.4.1	Auswertung der Versuche für Querzug	44
5.4.2	Auswertung der Versuche auf Biegung	53
6	Bauteilversuche Runde 1	55
6.1	Vorgehensweise	55
6.2	Ermittlung der Versagenslast im Bauteilversuch	55
6.2.1	Wandaufbau 1	56
6.2.2	Wandaufbau 2	60
6.3	Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit und alternativen Befestigungslösungen	64
6.3.1	Rechnerische Simulation	64
6.3.2	Beschreibung der Bauteilversuche 3 und 4	69
6.3.3	Wandaufbau 3	72
6.3.4	Ergebnisse Wandaufbau 3	77
6.3.5	Wandaufbau 4	84
6.3.6	Ergebnisse Wandaufbau 4	86

7	Untersuchungen zum Einfluss der Torsionsbehinderung	93
8	Kleinteilversuche am Einzelstein Runde 2	97
8.1	Vorversuche zur Ausbildung der Probekörper	97
8.2	Ermittlung der Tragfähigkeiten in speziellen Leibungsziegel	102
8.2.1	Einfluss der freien Hebelarmlänge	106
8.2.2	Festlegung der Tragfähigkeit	108
8.3	Unterer Anschluss	111
9	Weitere Bauteilversuche	115
9.1	Zielsetzung	115
9.2	Aufbau der Wand 5 und Wand 7	115
9.3	Aufbau der Wand 6 und Wand 8	120
9.4	Versuchsergebnisse an Wand 5	123
9.5	Versuchsergebnisse an Wand 6	130
9.6	Versuchsergebnisse an Wand 7	135
9.7	Versuchsergebnisse an Wand 8	142
9.8	Fazit der Bauteilversuche	149
10	Befestigungsplaner	151
11	Literaturverzeichnis	155
12	Danksagung	157



Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden umfangreiche Untersuchungen zu Befestigung von Fenster in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk durchgeführt. Neben einer Analyse der an den Befestigungspunkten auftretenden Lasten wurden an unterschiedlichen Ziegelsteinen die Tragfähigkeiten durch Kleinteilversuche ermittelt. Aufbauend hierauf wurden an kompletten Bauteilen, bestehend aus Wand sowie eingebautem Fenster, Untersuchungen zur Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit durchgeführt. Hierbei wurden auch alternative Befestigungskonzepte zur Gruppenbefestigung sowie zur Befestigung am unteren Anschluss untersucht.

Die durchgeführte Analyse der an den Befestigungspunkten angreifenden Lasten hat ergeben, dass in vielen Fällen nicht die Windlast die entscheidende Größe für die Bemessung der Befestigungselemente ist. Vielmehr ist es die Last, die durch einen auf 90° geöffneten Flügel, insbesondere mit einer vertikalen Nutzlast, auf die Befestigungspunkte in Nähe des Eck- als auch Scherenlagers wirken. Die dort auftretenden Kräfte sind für typische Fensterformate so groß, dass die Lasten nicht mehr von einem einzigen Befestigungspunkt aufgenommen werden können. Daher wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens „alternative Befestigungslösungen“ untersucht. Durch eine Gruppenbefestigung in der Nähe des Scherenlagers bzw. des Ecklagers werden die angreifenden Lasten auf mehrere Befestigungspunkte aufgeteilt. Bei einer Gruppenbefestigung bei der die Befestigungspunkte symmetrisch um die lasteinleitende Stelle liegen, kann für die Bemessung eine gleichmäßige Lastverteilung angenommen werden. Dies gilt z.B. für eine „Über-Eck Befestigung“ im Bereich des Scherenlagers. Die Last am Ecklager kann bei einem Fenster mit Riegel auf zwei Befestigungspunkte aufgeteilt werden, die direkt oberhalb sowie unterhalb des Riegels liegen.

Ebenso kann eine Lastaufteilung erfolgen, wenn die Befestigungsmittel nicht symmetrisch um den Lasteinleitungspunkt verteilt sind. Wird z.B. am oberen Scherenlager im einem Abstand von ca. 100 mm zum „Standardbefestigungspunkt“ ein zweiter Befestigungspunkt gesetzt, so reduziert sich die Last auf den Standardbefestigungspunkt auf ca. 70%. Dies gilt auch sinngemäß für die Befestigung im Bereich des Ecklagers.

Für ein typisches einflügeliges Fenster der Abmessung von ca. 1,2 x 1,4 m liegen die Lasten pro Befestigungselement, ohne die Berücksichtigung von vertikalen Nutzlasten in der Größenordnung von 0,5 kN. Hierbei wurde eine umlaufende Befestigung angenommen. Bei Berücksichtigung einer vertikalen Nutzlast von 600 N (Klasse 3 nach EN 13115) erhöht sich die Last auf ca. 1,0 kN.

In Anlehnung an den Eurocode muss die Bemessung des Befestigungspunktes sowohl den Grenzzustand der Tragfähigkeit als auch den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit berücksichtigen. Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist hierbei aktuell nach MO-02/1 eine maximale Verformung der Befestigungspunkte unter Last von 3 mm definiert. Diese Anforderung rührt aus der Sicherstellung der Dauerhaftigkeit des An-

schlusses insbesondere der inneren sowie äußeren 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 Kraft für eine Verformung von 3 mm hängt hierbei von der freien Länge des Befestigungsmittels, d.h. in erster Näherung von der Breite der Einbaufuge ab. Es ist daher wichtig bei der Bemessung auch die Breite der Einbaufuge zu berücksichtigen.

Messungen der Tragfähigkeit an Einzelsteinen haben gezeigt, dass die Verformung, bei einer Fugenbreite ab ca. 15 mm oftmals die maßgebliche Größe für die Bemessung des Befestigungsmittels darstellt und nicht wie ursprünglich vermutet, die reine Tragfähigkeit des Steines. Dies gilt insbesondere für spezielle Leibungsziegel, die ein hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften optimiertes Lochbild aufweisen.

Durchgeführte Untersuchungen an Kleinproben haben gezeigt, dass der „Aufbau des Probekörper“ sowie Details bei der Durchführung der Zugversuche signifikante Auswirkungen auf die ermittelte charakteristische Tragfähigkeit sowie die Versagensart haben kann. Eine Aussage über die Größe des Einflusses kann aufgrund der geringen Stichprobe nicht allgemeingültig abgeleitet werden. Prinzipiell wird jedoch empfohlen, die Tragfähigkeit von hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk in der Leibung an Steinverbänden zu ermitteln.

Durchgeführte Bauteilversuche zeigten, dass das theoretische (vereinfachte) Bemessungsmodell im Rahmen der baupraktischen Anwendung eine ausreichende Übereinstimmung mit den in den Bauteilversuchen ermittelten Verformungen aufweist. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass eine nach dem Bemessungskonzept ausgeführte Befestigung in den untersuchten, hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften optimierten Leibungsziegeln eine ausreichende Dauerhaftigkeit aufweist. Der bereits vorgestellte Ansatz einer Gruppenbefestigung zur Lastverteilung (über Eck oder Doppelbefestigung) wurde durch die zusätzlichen Bauteilversuche bestätigt.

EDV gestützte Hilfswerkzeuge werden zukünftig den Ausführenden bei der Planung der Montage und Befestigung von Fenstern unterstützen. Hierzu hat das ift Rosenheim ein erstes Werkzeug entwickelt, in das auch die Erkenntnisse des Forschungsvorhabens eingeflossen sind. Unter www.ift-montageplaner.de steht den Bauausführenden dieses Hilfswerkzeug kostenlos zur Verfügung.