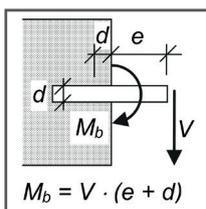
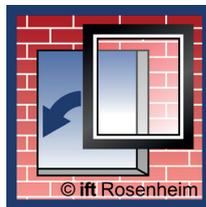
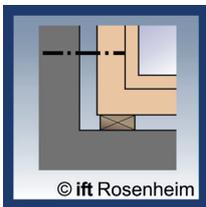


Fenstermontage in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk



Kurzbericht

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	Motivation und Projektziel	1
2	Vorgehensweise	3
3	Ergebnisse	5
4	Danksagung	13



1 Motivation und Projektziel

Die gestiegenen und weiter steigenden Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz führen zu folgenden Entwicklungen:

Monolithisches Ziegelmauerwerk

Um die Anforderungen an den gestiegenen Wärmeschutz von Wänden zu erfüllen, wurde die Wärmeleitfähigkeit von Ziegelmauerwerk in den letzten Jahren deutlich reduziert. Durch

- Erhöhung der Lochanteile und Lochreihenzahl,
- geringere Stegdicken,
- geringere Scherbenrohdichten sowie
- mit Dämmstoff gefüllte Ziegel

können Wärmeleitfähigkeiten von deutlich unter $0,10 \text{ W/(m K)}$ erreicht werden.

Mit der entsprechenden Verbesserung der wärmetechnischen Eigenschaften ging jedoch gleichzeitig eine Reduzierung der mechanischen Festigkeiten einher.

Bauelemente wie Fenster, Fenstertüren

Zur Reduzierung des Wärmedurchgangskoeffizienten U von Fenstern und anderen transparenten Bauelementen wird der Einsatz von 3-fach Glas in Zukunft Standard werden. Der Trend des Transparenten Bauens führt zu Bauelementen und somit auch zu größeren Glasflächen.

Die Anforderungen an den Komfort (z. B. Schallschutz) sowie an die Sicherheit (z. B. Einbruchhemmung) werden auch in Zukunft steigen. Hierdurch wird vermehrt Isolierglas mit Verbundscheiben eingesetzt werden.

Durch diese Entwicklungen ergeben sich heute und auch in Zukunft deutlich höhere Gewichte von transparenten Bauelementen.

Aufgrund architektonischer Anforderungen müssen zunehmend Einbausituationen umgesetzt werden, bei denen das Bauelement in der Fensterleibung zunehmend nach außen rückt.

Beim Einsatz einer zusätzlichen außenliegenden Wärmedämmung wird das Bauelement vor das Mauerwerk gesetzt, was zu einer anderen Befestigungssituation führt und den Einsatz von lastabtragenden Hilfsmitteln (Konsolen) notwendig macht.

Die o. g. Punkte führen zu folgenden Konsequenzen:

Die Befestigung von Fenstern und Fenstertüren in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk wird mit herkömmlichen Methoden immer schwieriger. Allgemein anerkannte abgestimmte Befestigungslösungen unter Berücksichtigung weiterer Bauteile (z. B. Rolllädenkästen) fehlen.

Es besteht die Gefahr des Akzeptanzverlustes von hochwärmedämmendem Mauerwerk bei Architekten, Planern und Bauherren.

Neben der generellen Problematik der schwierigen Befestigung in hochwärmedämmendem Mauerwerk, treten in der Praxis weitere konkrete Fragestellungen auf.

Ein weiteres Befestigungsthema sind absturzsichernde Verglasungen. Die hier auftretenden Lasten müssen auch in hochwärmedämmendem Mauerwerk sicher aufgenommen werden können. Allgemeine Empfehlungen für geeignete Verankerungssysteme (Befestigungsmittel, Randabstände, etc.) fehlen derzeit.

Ziel des Forschungsvorhabens war die Erarbeitung von praxisnahen Handlungsempfehlungen zur Fensterbefestigung in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk. Im Rahmen des Projektes sollten gesamtheitliche praxistaugliche Lösungen erarbeitet werden. Daher sollten nicht nur die Tragfähigkeiten von Befestigungsmitteln in verschiedenen Ziegeln betrachtet werden, sondern es sollten handwerkergerechte Vorschläge für die Bauelementebefestigung inkl. der Anschlusssituation z. B. nach unten in den Brüstungsbe-
reich für diese modernen Wandbildner erarbeitet werden.

Zur Erreichung der Ziele waren umfangreiche experimentelle Untersuchungen vorgesehen. Im Rahmen der Untersuchungen sollten

- die Belastungsgrenzen für Befestigungslösungen in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk herausgearbeitet werden,
- sowie baupraktische Lösungsvorschläge erarbeitet werden, die auch spezielle Einbausituationen (z. B. untere Befestigung bei Hochlochziegeln) berücksichtigen.

Die Erkenntnisse sollten sowohl durch Untersuchungen an Kleinproben, als auch durch komplette Bauteilversuche erarbeitet werden.

Des Weiteren sollten die Erkenntnisse der Industriepartner (z. B. des Befestigungsmittelherstellers) in das Projekt mit einfließen.

2 Vorgehensweise

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden umfangreiche Untersuchungen zu Befestigung von Fenster in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk durchgeführt. Berücksichtigt hierbei wurden sowohl „Großkammerziegel“ bei denen die Hohlräume mit Dämmstoff gefüllt sind als auch „filigrane Ziegelsteine“, die sowohl mit als auch ohne Füllung angeboten werden.



Abbildung 1 Beispielhafte Darstellung von Varianten von Leibungssteinen
links: Großkammerziegel gefüllt
rechts: filigraner Ziegel ungefüllt

Neben einer Analyse der an den Befestigungspunkten auftretenden Lasten wurden an unterschiedlichen Steinen die Tragfähigkeiten der Befestigungsmittel im Untergrund durch Kleinteilversuche ermittelt. Dies erfolgte sowohl für reinen Querkzug als auch für Befestigungen, bei denen das Befestigungsmittel auf Biegung beansprucht wird.



Abbildung 2 Versuch zur Ermittlung der Tragfähigkeit der Befestigung
links: Reiner Querkzugversuch
rechts: Zugversuch mit Biegung des Befestigungsmittels

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.



Abbildung 3 Beispiel eines Bauteilversuches, hier Versuchsaufbau zur Messung der Verformung bei Simulation der vertikalen Nutzlast

3 Ergebnisse

3.1 Analyse der einwirkenden Lasten

Fenster werden durch die verschiedensten Einwirkungen belastet. Diese Einwirkungen können durch das Eigengewicht hervorgerufen werden. Aber auch Fremdeinwirkungen, wie die Belastung durch Personen oder Wind, müssen Fenster und deren Befestigungsmittel standhalten. Die aus den Einwirkungen resultierenden Kräfte müssen über das Befestigungsmittel und/ oder die Tragklötze in den Untergrund abgetragen werden. Dabei ist die Wirkungsrichtung der resultierenden Auflagerkräfte zu beachten. Sie können sowohl in Fenesterebene als auch rechtwinklig zur Fenesterebene auftreten.

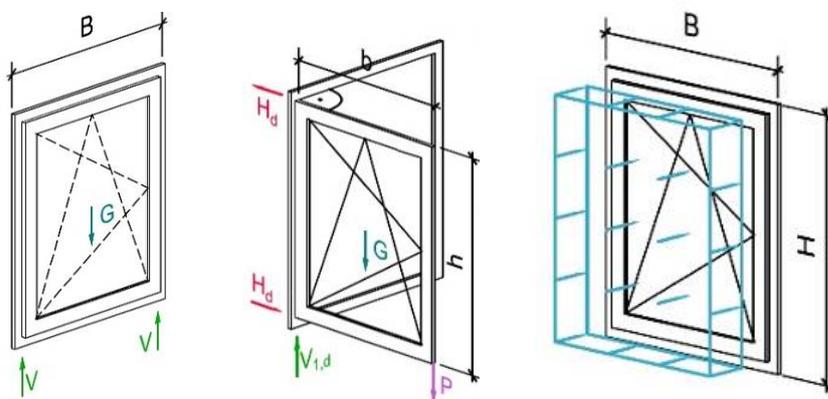


Abbildung 4 Lasten am Fenster von links nach rechts: Eigengewicht, Lasten durch geöffneten Flügel, Lasten durch Wind

Zur Analyse der auf das Fenster bzw. Befestigungspunkte einwirkenden Lasten wurden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Standard Isolierglas (3-fach Verglasung) 30 kg/m^2
- Profildgewicht $5,5 \text{ kg/lfm}$
- Vertikale Nutzlast sowohl 0 als auch 600 N (Klasse 3)
- Windlast B3 $\Rightarrow 1,11 \text{ kN/m}^2$
- keine absturzsichernde Funktion
- Position der Befestigungsmittel entsprechend Empfehlungen RAL Leitfaden zur Montage

Die Analyse der an den Befestigungspunkten auftretenden Lasten Werte führt zu nachfolgend dargestellten Erkenntnissen.

- Für ein typisches Fenster (Abmessung von ca. $1,2 \text{ m} \times 1,4 \text{ m}$) liegt die durch das Befestigungselement abzutragende Last aufgrund von Windeinwirkung bei ca. $0,4 \text{ kN}$ bei umlaufender Befestigung, 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 Last aufgrund von Windeinwirkung bei ca. 0,5 kN bei umlaufender Befestigung, 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.
- Die Lasten aus dem Eigengewicht des Flügels nehmen bei konstanter Elementbreite mit zunehmender Elementhöhe wie bereits dargestellt ab. Daher ergeben sich bei gleicher Elementfläche ($B \times H$) für stehende Formate geringere Kräfte als für liegende Formate. Bei reiner Windbeanspruchung hingegen nehmen die abzuleitenden Lasten bei konstanter Elementbreite mit zunehmender Elementhöhe zu.
- Für ein Fenster (Abmessung von ca. 1,2 m x 1,4 m) liegt die durch das Befestigungselement abzutragende Last aufgrund von Eigengewicht ohne vertikale Nutzlast bei ca. 0,5 kN und ist damit etwas höher als die Last, die „nur“ durch eine Windbelastung bei umlaufender Befestigung entstehen würde. Für eine Fenstertüre (Abmessung ca. 1,3 m x 2,2 m) liegt die Last aufgrund des Eigengewichts ohne Zusatzlast ebenfalls bei ca. 0,5 kN.
- Bei einer zusätzlich zu berücksichtigenden vertikalen Nutzlast P von 600 N liegen für alle Abmessungen die durch das Eigenwicht und Nutzlast verursachte Last signifikant höher, als die Last die durch Windeinwirkung ausgelöst wird. Dies gilt sowohl für eine umlaufende als auch für eine 2-seitige Befestigung des Fensters.
- Hierdurch ergibt sich, dass die für die Bemessung des Befestigungselementes sich ergebende Last bei zu berücksichtigender Nutzlast von $P = 600$ N durch den Lastfall Eigengewicht des Flügels + Nutzlast beschrieben wird.

3.2 Ermittlung der Tragfähigkeit

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 Anschlusses 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 (Abbildung 5). Es ist daher wichtig bei der Bemessung auch die Breite der Einbaufuge zu berücksichtigen.

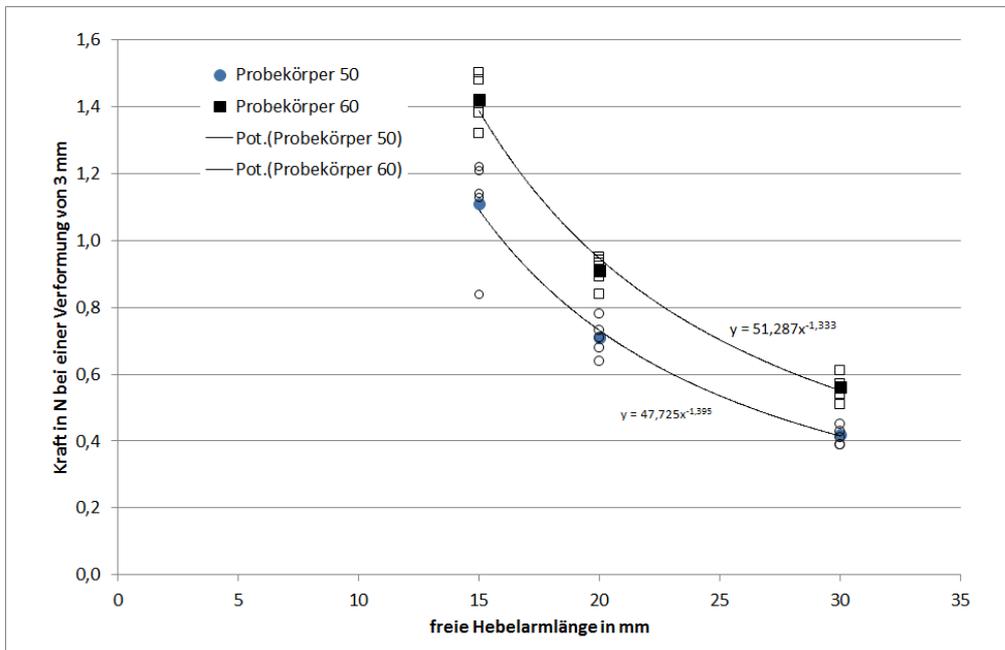


Abbildung 5 Grafische Darstellung des Zusammenhangs freie Hebelarmlänge und Last für eine Verformung von 3 mm. Neben den Mittelwerten der Messung (ausgefüllte Marker) sind jeweils auch die Einzelwerte eingetragen (nicht ausgefüllte Datenpunkte). Zusätzlich sind Ausgleichskurven unter Annahme eines potentiellen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

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 Befestigungsmittel darstellt und nicht wie ursprünglich vermutet, die reine Tragfähigkeit des Steines (Tabelle 1). Dies gilt insbesondere für spezielle Leibungsziegel, die ein hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften optimiertes Lochbild aufweisen (Abbildung 6).

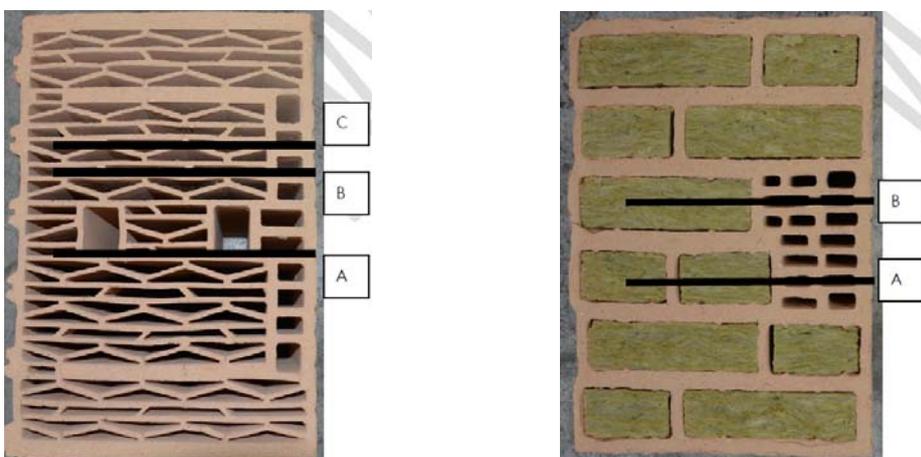


Abbildung 6 Leibungsziegel mit hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften optimiertem Lochbild. Links: filigraner Ziegel (Steintyp Nr. 50), rechts: Großkammerziegel (Steintyp Nr. 60)

Tabelle 1 Ermittelte Bemessungswiderstände

Serie	Hebelarm in mm	Mittelwert		Variationskoeffizient für		5,0 % Fraktile log		Bemessungswiderstand	
		N_u in kN	N_{3mm} in kN	N_u in %	N_{3mm} in %	R_k in kN	$R_{k,3mm}$ in kN	R_d in kN	$R_{d,3mm}$ in kN
50_B_A	20	2,96	0,71	12,9	7,1	1,92	0,54	0,77	0,54
50_B_B	20	3,09	1,00	5,2	3,9	2,59	0,87	1,04	0,87
60_B_A	20	4,96	0,91	6,6	5,0	3,74	0,76	1,50	0,76
60_B_B	20	4,63	0,92	8,0	3,5	3,50	0,82	1,40	0,82

Durchgeführte Untersuchungen an Kleinproben zum Einfluss der Probekörperausbildung 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.



Abbildung 7 Probekörper in der Untersuchung
links: Einzelstein
rechts: Verband aus 3 Steinen

3.3 Alternative Befestigungslösungen

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 Befestigungspunkte ist. Vielmehr ist die Last, die durch einen auf 90° geöffneten Flügel, insbesondere mit einer Zusatzlast, auf die Befestigungspunkte in Nähe des Eckals auch Scherenlagers wirken, die maßgebliche Last für die Bemessung der Befestigungspunkte. 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.

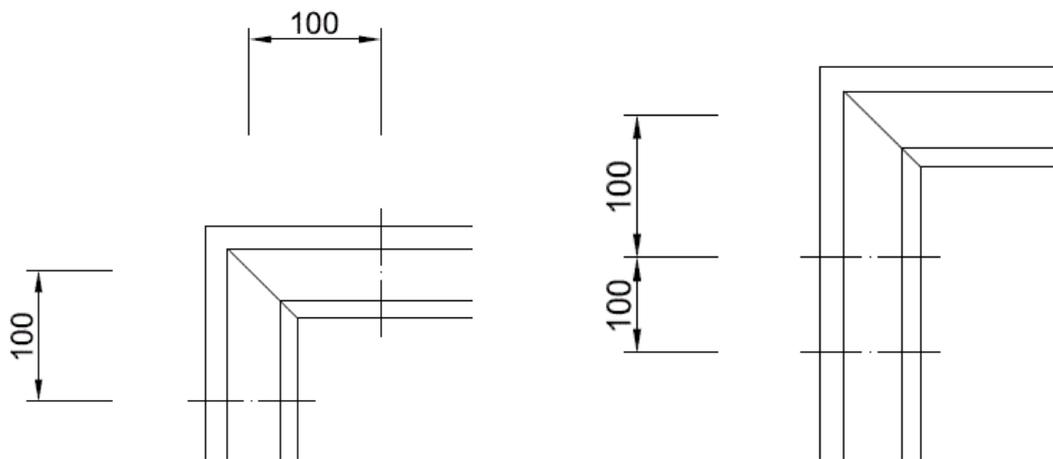


Abbildung 8 Gruppenbefestigungen zur besseren Lastabtragung bei „punktuell auftretenden Lasten“
links: Symmetrische Gruppenbefestigung am Beispiel Scherenlager
rechts: Doppelbefestigung am Beispiel Scherenlager

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 Holms 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.

3.4 Bauteilversuche

Mit den ermittelten Tragfähigkeiten aus den Kleinteilversuchen (Tabelle 1) wurde eine Bemessung der Fensterbefestigung für zwei Fenstertypen und zwei Steintypen nach dem Konzept des Leitfadens zur Montage durchgeführt. Anhand des Prüfprogrammes nach ift Richtlinie MO 02-1 sollte untersucht werden, ob die Anforderungen hinsichtlich der zulässigen Verformung an den Befestigungspunkten als auch die Dauerhaftigkeit der Befestigung selbst erfüllt werden.

Die in den Bauteilversuchen umgesetzten Einwirkungen (Windlast, Flügelgewicht sowie vertikale Nutzlast P) sollten so dimensioniert sein, dass der Bemessungswiderstand der Befestigung in den beiden untersuchten Steintypen nach Möglichkeit nahezu komplett ausgenutzt wird.

Die durchgeführten Bauteilversuche (siehe Abbildung 9) zeigten, dass das theoretische (vereinfachte) Bemessungsmodell im Rahmen der baupraktischen Anwendung eine ausreichende Übereinstimmung mit den in den Bauteilversuchen ermittelten Verformungen (siehe Tabelle 2) 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.



Abbildung 9 Exemplarischer Wandaufbau mit Fensterelement sowie verwendete Leibungsziegel

Tabelle 2 Beispielhafte Tabelle für die ermittelte Verformungen an den Messpunkten zu Beginn und Ende der Druck-Sog-Wechselasten

Erster Zyklus	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
+1000 Pa	1,5	3,7	3,4	1,1	1,2	1,7	1,5	1,0	/	2,5	2,4	0,9	1,0	1,6	1,8	1,5
-1000 Pa	-1,7	-2,9	-2,5	-1,1	-1,2	-1,7	-1,3	-0,8	/	-1,5	-1,9	-0,5	-0,9	-1,5	-1,6	-1,6

Letzte Zyklus	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
+1000 Pa	1,6	3,8	3,5	1,2	1,3	1,8	1,5	1,0	/	2,6	2,4	1,0	1,0	1,6	1,7	1,5
-1000 Pa	-1,8	-3,3	-2,7	-1,1	-1,2	-1,6	-1,2	-0,8	/	-1,5	-1,9	-0,5	-0,9	-1,5	-1,7	-1,7

Bleibende Verformung	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
	0,4	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	/	0,3	0,3	0,5	0,3	0,1	0,1	0,3

Alle Maßangaben in mm

Nichtsdestoweniger ergeben sich bei anderen Vergleichsparametern im Rahmen des – Vergleichs des Kleinteilversuches mit dem Bauteilversuch doch signifikante Unterschiede.



So ergeben sich beim Kleinteilversuch deutlich größere Verschiebungen des „Befestigungspunktes“ als im Bauteilversuch zu beobachten



Abbildung 10 Typisches Kraft-Weg-Diagramm im Rahmen des Kleinteilversuches

Des Weiteren zeigen sich deutliche Unterschiede hinsichtlich der Verformung der Befestigungselemente am Ende der Untersuchungen. Während die Schrauben des Kleinteilversuchs in der Nähe des Lasteinleitungspunktes deutlich verformt wurden, zeigt sich bei den Schrauben aus dem Bauteilversuch keine bzw. nur eine geringe plastische Verformung. Abbildung 11 stellt das Aussehen der Befestigungsmittel nach dem Kleinteilversuch sowie dem Bauteilversuch gegenüber.



Abbildung 11 Aussehen der Befestigungsmittel am Ende der jeweiligen Prüfung
links: Kleinteilversuch
rechts: Bauteilversuch

Als Ursache für die Abweichungen wird die unterschiedliche Kräfteinleitung in das Befestigungselement gesehen. Während beim Kleinteilversuch die Last über einen frei drehba-

ren Adapter eingeleitet wird, erfolgt die Lasteinleitung im Bauteilversuch über das Rahmenprofil welches sich nicht frei drehen kann.

Daher wurden im Rahmen des Projektes Untersuchungen durchgeführt, um zu ermitteln, wie die am realen Fenster vorhandene Torsionsbehinderung die Tragfähigkeit beeinflusst. Bei der Durchführung der Versuche zeigte sich jedoch, dass mit dem entwickelten Adapter die Fragestellung leider nicht zielführend beantwortet werden konnte. Es war daher im Rahmen des Forschungsvorhabens leider nicht möglich, die Auswirkung der Torsionsbehinderung detailliert zu quantifizieren. Hierzu sollten in der Zukunft weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

3.5 Befestigungsplaner

Zur Ermittlung der Lasten, die an den Befestigungspunkten angreifen, kann der Monteur auf ein kostenloses online Berechnungstool zurückgreifen.

Unter www.ift-Montageplaner.de werden anhand der Eingabe der Randbedingungen, die Auflagerkräfte an den Befestigungspunkten ermittelt und in einer PDF-Datei ausgegeben. Dieses Ergebnisblatt dient im Rahmen der statischen Bemessung der Fensterbefestigung zur Auswahl eines geeigneten Befestigungsmittels.

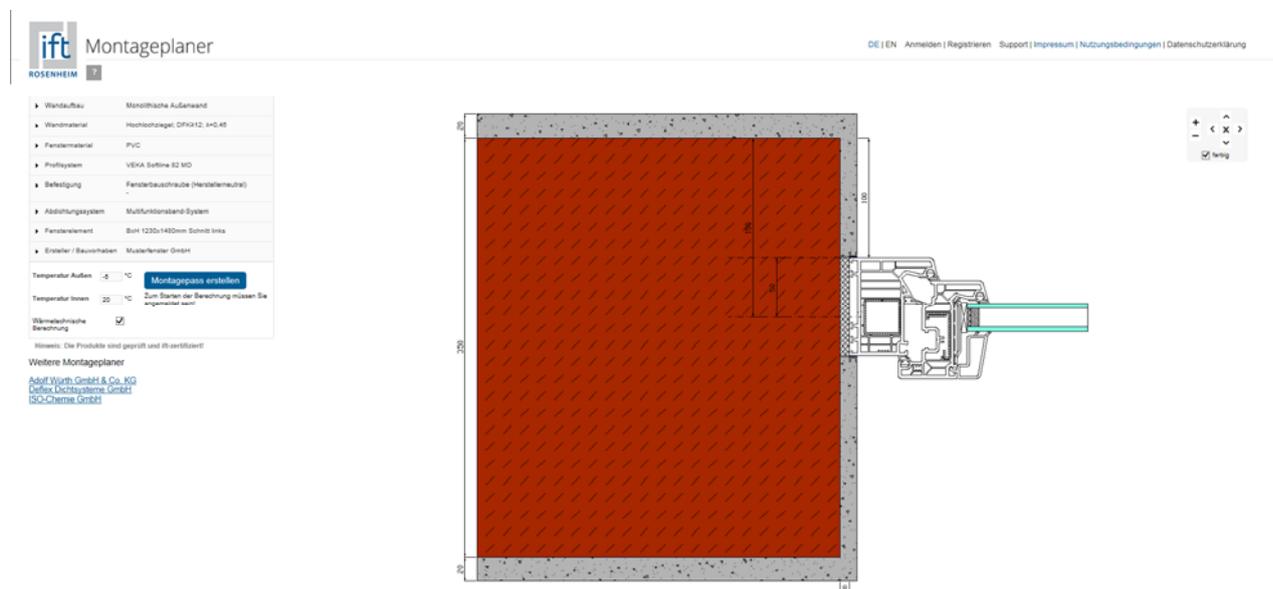


Abbildung 12 Startbildschirm des Montageplaners

4 Danksagung

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

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

Für die administrative Betreuung des Vorhabens durch Hrn. Guido Hagel von der Forschungsinitiative Zukunft Bau vielen Dank.

Besonderer Dank gebührt auch den Industriepartnern, die das gesamte Projekt sowohl ideell, inhaltlich, als auch finanziell unterstützten und somit zum Gelingen beitrugen:

	Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e. V. Reinhardtstraße 12-16 10117 Berlin
	Adolf Würth GmbH & Co. KG Reinhold-Würth-Straße 12–17 74653 KÜNZELSAU-GAISBACH Hr. Dr. Ing. Jürgen Küenzlen Hr. Thorsten Immel Hr. Thomas Kuhn

Ebenso möchten wir uns bei folgenden Firmen bedanken, die für die Untersuchungen unentgeltlich Fenster zur Verfügung gestellt haben:

	Kneer-Südfenster Horst-Kneer-Straße 1 72589 Westerheim
	heroal - Johann Henkenjohann GmbH & Co. KG Österwieher Str. 80 33415 Verl
	VEKA AG Dieselstraße 8 48324 Sendenhorst



ift Rosenheim
Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

Tel.: +49 (0) 80 31 / 261-0
Fax: +49 (0) 80 31 / 261-290
E-Mail: info@ift-rosenheim.de
www.ift-rosenheim.de

© ift Rosenheim 2018