

**F 3148**

Norbert Sack, Sandra Haut, Fabian Kutscher

# **Einbruchhemmung mit hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk**

**F 3148**

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 978-3-7388-0321-1

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

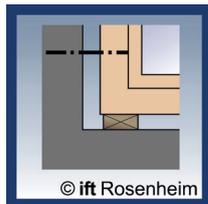
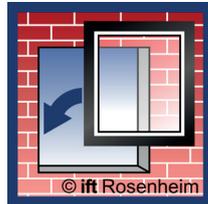
E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)

## Einbruchhemmung mit hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk

Analyse des Ist-Zustandes,  
Erarbeitung von Konstruktions- sowie Nachweiskriterien





---

## Abschlussbericht

<b>Thema</b>	Einbruchhemmung mit hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk – Analyse des Ist Zustandes, Erarbeitung von Konstruktions- sowie Nachweiskriterien
<b>Kurztitel</b>	Einbruchhemmung Ziegelmauerwerk
<b>Gefördert durch</b>	Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung  (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-16.14)
<b>Forschungsstelle</b>	ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Theodor-Gietl-Str. 7-9 83026 Rosenheim
<b>Projektleitung</b>	Norbert Sack
<b>Bearbeitung</b>	Sandra Haut Fabian Kutscher Norbert Sack
<b>Institutsleitung</b>	Prof. Ulrich Sieberath

Rosenheim, Januar 2019

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumordnung gefördert (Kennzeichen SWD-10.08.18.7-16.14).

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





## Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivation und Zielsetzung .....	1
1.2 Veröffentlichungen .....	3
<b>2 Untersuchungsmethodik</b> .....	<b>5</b>
2.1 Parameter der untersuchten Wandaufbauten .....	5
2.2 Materialprüfungen .....	16
2.3 Durchführung der Prüfungen der Einbruchhemmung .....	17
<b>3 Darstellung der untersuchten Wandaufbauten</b> .....	<b>23</b>
3.1 Wandaufbauten W01-W04 .....	23
3.2 Wandaufbauten W05-W08 .....	28
3.3 Wandaufbauten W09-W12 .....	33
3.4 Wandaufbauten W13-W16 .....	38
3.5 Wandaufbauten W17-W19 .....	43
<b>4 Ergebnisse der Versuche an den untersuchten Wandaufbauten</b> .....	<b>47</b>
4.1 Ergebnisse der Wandaufbauten W01-W04 .....	47
4.2 Ergebnisse der Wandaufbauten W05-W08 .....	52
4.3 Ergebnisse der Wandaufbauten W09-W12 .....	57
4.4 Ergebnisse der Wandaufbauten W13-W16 .....	62
4.5 Ergebnisse der Wandaufbauten W17-W19 .....	68
<b>5 Schlussfolgerung</b> .....	<b>73</b>
<b>6 Danksagung</b> .....	<b>77</b>
<b>7 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>79</b>





# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation und Zielsetzung

Bei fast der Hälfte aller in der „Kölner Studie 2017“ ausgewerteten Wohnungseinbrüche wurden Wohnungen des Parterres oder Hochparterres angegriffen. Grund sei, dass zu diesen Wohnungen zweierlei Zugang besteht, über die Wohnungsabschlusstür und über Fenster und Fenstertüren mit geringer Einbruchhemmung. Fenster und Fenstertüren ohne Einbruchschutz können innerhalb weniger Sekunden geöffnet werden. Dabei versuchen die Täter überwiegend Fenster und Fenstertüren aufzuhebeln. Die Polizei empfiehlt daher besonders beim Einbau neuer Fenster den Einsatz von als einbruchhemmend geprüften und zertifizierten Produkten. Für Neu- und Umbauten werden einbruchhemmende Fenster und Fenstertüren empfohlen, die mindestens die Widerstandsklasse RC2 aufweisen.

Beim Bau von Wohngebäuden ist die Energieeinsparverordnung (EnEV) einzuhalten. Die EnEV 2014 fordert für den Neubau eines Wohngebäudes die Einhaltung der Höchstwerte für dessen Jahres-Primärenergiebedarf. Hinweise wie diese Vorgaben zu erfüllen sind, geben die Angaben zur Ausführung der Bauteile eines Referenzgebäudes. Für die Außenwand wird ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von  $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  angegeben. Ein solcher U-Wert kann in monolithischer Ziegelbauweise mit üblicher Außenwanddicke von 36,5 cm nur mit hochwärmedämmenden Ziegeln erreicht werden. Die Wandbildner für 36,5 cm Wanddicke, die im Forschungsprojekt untersucht wurden, wiesen U-Werte von  $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  bis  $0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  auf.

Die Prüfung und Klassifizierung der einbruchhemmenden Eigenschaften von Fenstern und Türen regelt die Normenreihe DIN EN 1627 bis 1630 [1], [2], [3], [4]. Hier werden auch Anforderungen an die Montage und den Befestigungsgrund gestellt, um sicherzustellen, dass die im Prüfstand nachgewiesenen Leistungseigenschaften auch in der praktischen Anwendung erreicht werden. Im nationalen Vorwort der DIN EN 1627 wird, abhängig von der Widerstandsklasse, das geeignete Mauerwerk definiert über Vorgaben zu Wanddicke, Druckfestigkeits- und Rohdichteklasse der Steine sowie zur Mörtelgruppe (Tabelle 1).

Moderne Ziegel erreichen niedrige Wärmeleitfähigkeiten durch eine geringe Rohdichte, Hohlkammern und oft durch deren Füllung mit Dämmstoffen. Die Druckfestigkeit dieser hochwärmedämmenden Ziegel erreicht die genannten Vorgaben meist jedoch nicht. Gleichzeitig ist aber auch festzustellen, dass die Regelwanddicken mit hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk inzwischen bei mindestens 365 mm liegen, was deutlich über den derzeit geforderten 115 mm bzw. 240 mm liegt. Jedoch ist eine „Verrechnung“ höherer Wanddicke mit geringer Druckfestigkeit nicht möglich. Daher sind hochwärmedämmende Ziegel mit geringen Druckfestigkeiten derzeit als Befestigungsgrund für einbruchhemmende Bauelemente normativ nicht nachgewiesen.

**Tabelle 1** Auszug aus dem nationalen Anhang der DIN EN 1627 [1]**Tabelle NA.2 – Zuordnung der Widerstandsklassen von einbruchhemmenden Bauteilen zu Massivwänden**

Widerstands- klasse des Bauteils nach DIN EN 1627	Umgebende Wände					
	aus Mauerwerk nach DIN 1053-1				aus Stahlbeton nach DIN 1045	
	Wanddicke (ohne Putz)  mm	Druckfestig- keitsklasse der Steine (DFK)	Rohdichte- klasse der Steine (RDK)	Mörtel- gruppe	Nenn- dicke  mm min.	Festig- keits- klasse  min.
RC 1 N RC 2 N RC 2	≥ 115	≥ 12	-	min. MG II / DM	≥ 100	B15
RC 3	≥ 115	≥ 12	-	min. MG II / DM	≥ 120	B15
RC 4	≥ 240	≥ 12	-	min. MG II / DM	≥ 140	B15
RC 5	≥ 240	≥ 20	≥ 1,8	DM	≥ 140	B15
RC 6	≥ 240 <sup>a)</sup>	≥ 20	≥ 1,8	DM	≥ 140	B15
a) Anwendbar auf Formate der Höhe 238 mm, 498 mm, 623 mm und 648 mm						

Umfassende, öffentlich zugängliche Untersuchungen hinsichtlich des Verhaltens von hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk in Verbindung mit einbruchhemmenden Bauelementen wie Fenstern und Türen liegen nicht vor. Jedoch wurden, in am ift Rosenheim in der Vergangenheit durchgeführten Prüfungen zur Einbruchhemmung, die Montage sowie der Übergang in hochwärmedämmendem Mauerwerk als eine mögliche Schwachstelle identifiziert. In einer Prüfung der Einbruchhemmung in Verbindung mit hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk wurde die Widerstandsklasse RC2 erreicht. Das verwendete Mauerwerk hatte eine Wärmeleitfähigkeit von 0,1 W/(m·K) sowie Druckfestigkeitsklasse 10 und liegt damit nur gering unterhalb der geforderten Druckfestigkeitsklasse nach DIN EN 1627. Modernes Ziegelmauerwerk zur Einhaltung der EnEV 2016 oder der Förderbedingungen der KfW weist jedoch in der Regel nochmals geringere Wärmeleitfähigkeiten sowie Druckfestigkeitsklassen auf. Eine detaillierte Analyse, welche Eigenschaften zum Versagen bzw. zum Bestehen des mechanischen Angriffsversuches führen (z.B. Abhängigkeit von der Druckfestigkeitsklasse), liegt jedoch nicht vor und ist auch aufgrund der begrenzten Anzahl an Prüfungen nicht möglich.

In diesem Forschungsvorhaben wurden daher Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, allgemeingültige Aussagen zur Eignung von hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk hinsichtlich der Montage von einbruchhemmenden Bauelementen nach DIN EN 1627 treffen zu können. Ziel war eine Erweiterung bzw. Anpassung der Tabelle NA.2 für hochwärmedämmendes Ziegelmauerwerk.

Zur Begründung dieser Erweiterung bzw. Anpassung der Tabelle NA.2 wurde die Ist-Situation analysiert und es wurden in Verbindung mit der umfassenden Wand die Parameter ermittelt, die zum Versagen bzw. zum Bestehen der Prüfung der Einbruchhemmung führen. Hierzu waren zahlreiche Untersuchungen an unterschiedlichen Ziegeln nötig. Die Integration der ARGE Mauerziegel in das Forschungsprojekt ermöglichte dabei die Untersuchung einer Vielzahl unterschiedlicher und marktüblicher Ziegelarten verschiedener Hersteller.

Zu Beginn des Forschungsprojektes waren nur Untersuchungen in der Widerstandsklasse RC2 vorgesehen. Die Erkenntnisse der ersten Prüfrunde in dieser Widerstandsklasse waren jedoch weitaus unkritischer als erwartet. Aus diesem Grund wurden die Untersuchungen auf die Widerstandsklasse RC3 ausgeweitet.

Aus den Ergebnissen der Prüfung der Einbruchhemmung und der erweiterten Einbruchversuche wurde abgeleitet, welche Anforderungen an den Wandaufbau zu stellen sind.

Hinweis:

Die Ergebnisse selbst werden in diesem Forschungsbericht bewusst nicht detailliert dargestellt. Damit soll vermieden werden, dass ungewollt Hilfestellungen und Hinweise für Einbruchversuche gegeben werden.

## 1.2 Veröffentlichungen

Schon bereits während des Forschungsvorhabens wurden die Erkenntnisse einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt. Die Veröffentlichungen erfolgten hierbei als Vortrag, Beitrag in Tagungsbänden oder als Veröffentlichung von Fachartikel. Eine genaue Auflistung kann Tabelle 2 entnommen werden.

**Tabelle 2** Veröffentlichungen während des Forschungsvorhabens

Veranstaltung / Medium	Art/Veranstalter/Ort
Rosenheimer Fenstertage 2017  Konferenz ift Rosenheim Rosenheim	<i>Montage einbruchhemmender Bauelemente in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk – Zwischenstand zum aktuellen Forschungsvorhaben</i> Fabian Kutscher, ift Rosenheim
10 <sup>th</sup> International Masonry Conference 2018  Konferenz Technical University Milan/ International Masonry Society Mailand, Italien	<i>Fastening of Windows in Vertically Perforated Thermal Insulating Clay Unit Masonry with Requirements on Burglar Resistance</i>  Alexander Frank, PaX AG Udo Meyer, Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. Jürgen H. Küenzlen, Adolf Würth GmbH & Co. KG Sandra Haut, ift Rosenheim Norbert Sack, ift Rosenheim
Fenster-Türen-Treff 2018  Konferenz Holzforschung Austria Alpbach in Tirol	<i>Einbruchhemmend Einbauen – Einbruchhemmung in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk</i> Fabian Kutscher, ift Rosenheim
11. Fenster- und Türenkolloquium 2018  Konferenz ihd Dresden / eph Dresden Dresden	<i>Einbruchhemmung mit hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk – Informationen zu einem laufenden Forschungsvorhaben am ift Rosenheim</i> Alexander Frank, PaX AG

**Tabelle 2** – fortgesetzt –

<p>Fensterbau Frontale 2018</p> <p>Messe Nürnberg</p>	<p><i>Einbruchhemmende Fenster in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk</i></p> <p>Martin Heßler, ift Rosenheim</p>
<p>Rosenheimer Tür- und Tortage 2018</p> <p>Konferenz ift Rosenheim Rosenheim</p>	<p><i>Hält – oder hält nicht</i></p> <p><i>Montage einbruchhemmender Bauelemente in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk</i></p> <p>Sandra Haut, ift Rosenheim</p>
<p>Expertentage Montage 2018</p> <p>Seminar - Schulung ift Rosenheim Rosenheim</p>	<p><i>Hält – oder hält nicht</i></p> <p><i>Montage einbruchhemmender Bauelemente in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk</i></p> <p>Sandra Haut, ift Rosenheim</p>
<p>ift-Energieberaterntag 2018</p> <p>Seminar - Schulung ift Rosenheim Rosenheim</p>	<p>Seminar – Schulung des ift Rosenheim</p> <p><i>Hält – oder hält nicht</i></p> <p><i>Montage einbruchhemmender Bauelemente in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk</i></p> <p>Fabian Kutscher, ift Rosenheim</p>
<p>Rosenheimer Fenstertage 2018</p> <p>Konferenz ift Rosenheim Rosenheim</p>	<p><i>Hält – oder hält nicht</i></p> <p><i>Montage einbruchhemmender Bauelemente in hochwärmedämmendem Mauerwerk</i></p> <p>Norbert Sack, ift Rosenheim</p>
<p>Mauerwerk 22 (2018), Heft 6</p> <p>Fachzeitschrift Ernst &amp; Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH &amp; Co. KG, Berlin DOI: 10.1002/dama.201800026</p>	<p><i>Einbruchhemmung mit hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk</i></p> <p>Alexander Frank, PaX AG Udo Meyer, Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. Jürgen H. Küenzlen, Adolf Würth GmbH &amp; Co. KG Sandra Haut, ift Rosenheim Norbert Sack, ift Rosenheim</p>



## 2 Untersuchungsmethodik

### 2.1 Parameter der untersuchten Wandaufbauten

Die Untersuchungen wurden in fünf Prüfrunden mit jeweils bis zu vier Wandaufbauten gegliedert. Die ersten vier Wandaufbauten wurden im Wesentlichen auf den bislang vorliegenden Erfahrungen der Projektpartner festgelegt. Die Planung und Festlegung der nachfolgenden Wandaufbauten wurde von den Ergebnissen der jeweiligen Prüfrunde abhängig gemacht. Dieses Vorgehen machte eine Abstimmungen vor und nach jeder Prüfrunde erforderlich.

Die wesentlichen Parameter sind der hochwärmedämmende Ziegel, die Fenster, die Montage der Fenster sowie der verwendete Putz. Für jeden dieser Parameter mussten für jeden Wandaufbau detaillierte Vorgaben getroffen werden.

- Hochwärmedämmende Ziegel
  - Wanddicke
  - Mechanische Eigenschaften
  - Lochbild (filigran/Großkammer) und Dämmung (verfüllt/unverfüllt)
  - Sondersteine z.B. Leibungsziegel
  - Ausbildung Sturz sowie unterer Anschluss
- Fenster
  - Widerstandsklasse (RC2 oder RC3)
  - Profilsystem
  - Armierungen
  - Verglasung
  - Beschläge und Verriegelungspunkte
  - Abmessungen
- Montage
  - Befestigungsmittel (Abmessungen und Typ)
  - Befestigungsabstände
  - Ausführung der oberen/unteren Befestigung
  - Druckfeste Hinterfüterung (ja/nein)
  - Breite der Montagefuge
- Putz
  - Verputzen (ja/nein)
  - Putztyp
  - Armierung (ja/nein)
  - Putzleisten
  - Sonderarmierung

#### 2.1.1 Untersuchte Ziegel

Die im Forschungsprojekt verwendeten Ziegel mit ihren wesentlichen Eigenschaften zeigt Tabelle 3. Wenn in der Tabelle eine „ermittelte“ Druckfestigkeitsklasse und Rohdichteklasse genannt wird, stellen diese Angaben das Ergebnis einer unabhängigen Materialprüfung dar. Näheres hierzu wird in Kapitel 2.2 erläutert. Die Ziegel wurden von verschiedenen Mitgliedern des Projektpartners Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e.V. bereitgestellt.

Für die Wandaufbauten wurde jeweils der reguläre Wandbildner verwendet und in der Leibung Anfängersteine, wenn verfügbar. Waren keine Anfängersteine verfügbar und die Leibungsseitige Ziegelfläche zu uneben für die Fenstermontage, wurde ein Glatstrich aufgebracht. Bei einem Wandaufbau wurden ergänzend spezielle Leibungsziegel verwendet, diese sind in Tabelle 3 in den Zeilen 9-12 dargestellt.

**Tabelle 3** Übersicht über die untersuchten Ziegel

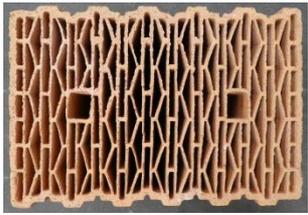
Nr.	Ziegel	Beschreibung Druckfestigkeitsklasse DFK Rohdichteklasse RDK	
1		Filigraner Hochlochziegel mit Mineralwolle gefüllt	
		Unipor Coriso W07	
		Ermittelte DFK	6
		Ermittelte RDK	0,65
		Format	247x365x249
2		Großkammerziegel mit Mineralwolle gefüllt	
		Thermopor TV 9	
		Ermittelte DFK	8
		Ermittelte RDK	0,65
		Format	247x365x249
3		Filigraner Hochlochziegel ungefüllt	
		Purus PL-075	
		Ermittelte DFK	10
		Ermittelte RDK	0,65
		Format	247x365x249
4		Großkammerziegel mit Mineralwolle gefüllt	
		Thermopor TV 7	
		Ermittelte DFK	6
		Ermittelte RDK	0,50
		Format	247x365x249



Tabelle 3 – fortgesetzt

Nr.	Ziegel	Beschreibung Druckfestigkeitsklasse DFK Rohdichteklasse RDK						
5		Filigraner Hochlochziegel ungefüllt Planziegel U9 <table border="1" data-bbox="651 488 1046 674"> <tr> <td>Ermittelte DFK</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Ermittelte RDK</td> <td>0,65</td> </tr> <tr> <td>Format</td> <td>248x365x249</td> </tr> </table>	Ermittelte DFK	6	Ermittelte RDK	0,65	Format	248x365x249
Ermittelte DFK	6							
Ermittelte RDK	0,65							
Format	248x365x249							
6		Filigraner Hochlochziegel ungefüllt Planziegel U8 <table border="1" data-bbox="651 819 1046 1005"> <tr> <td>Ermittelte DFK</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Ermittelte RDK</td> <td>0,60</td> </tr> <tr> <td>Format</td> <td>248x365x249</td> </tr> </table>	Ermittelte DFK	4	Ermittelte RDK	0,60	Format	248x365x249
Ermittelte DFK	4							
Ermittelte RDK	0,60							
Format	248x365x249							
7		Filigraner Hochlochziegel ungefüllt. HlzB (Plan-Hochlochziegel B) <table border="1" data-bbox="651 1155 1046 1341"> <tr> <td>Ermittelte DFK</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Ermittelte RDK</td> <td>0,80</td> </tr> <tr> <td>Format</td> <td>372/240/249</td> </tr> </table>	Ermittelte DFK	6	Ermittelte RDK	0,80	Format	372/240/249
Ermittelte DFK	6							
Ermittelte RDK	0,80							
Format	372/240/249							
8		Großkammerziegel mit Mineralwolle gefüllt Poroton-T8-24,0-MW <table border="1" data-bbox="651 1491 1046 1677"> <tr> <td>Herstellerangabe DFK</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Herstellerangabe RDK</td> <td>0,65</td> </tr> <tr> <td>Format</td> <td>248x240x249</td> </tr> </table>	Herstellerangabe DFK	6	Herstellerangabe RDK	0,65	Format	248x240x249
Herstellerangabe DFK	6							
Herstellerangabe RDK	0,65							
Format	248x240x249							
9		Großkammerziegel mit Polystyrol gefüllt Leibungsziegel ZMK TX8 Bild: Oben Voll- unten Halbstein (halbierter Vollstein) <table border="1" data-bbox="651 1850 1046 2058"> <tr> <td>Herstellerangabe DFK</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Herstellerangabe RDK</td> <td>0,70</td> </tr> <tr> <td>Format</td> <td>247x365x249</td> </tr> </table>	Herstellerangabe DFK	10	Herstellerangabe RDK	0,70	Format	247x365x249
Herstellerangabe DFK	10							
Herstellerangabe RDK	0,70							
Format	247x365x249							

**Tabelle 3 – fortgesetzt**

Nr.	Ziegel	Beschreibung Druckfestigkeitsklasse DFK Rohdichteklasse RDK	
10		Filigraner Hochlochziegel ungefüllt	
		Leibungsziegel S9 Bild: Oben Voll- unten Halbstein	
		Herstellerangabe DFK	8
		Herstellerangabe RDK	0,65
		Format	247x365x249
11		Großkammerziegel mit Mineralwolle gefüllt	
		Leibungsziegel MZ65 Bild: Oben Voll- unten Halbstein	
		Herstellerangabe DFK	8
		Herstellerangabe RDK	0,55
		Format	248x240x249
12		Großkammerziegel mit Mineralwolle gefüllt	
		Leibungsziegel MZ90G Bild: Oben Voll- unten Halbstein	
		Herstellerangabe DFK	12
		Herstellerangabe RDK	0,70
		Format	247x365x249

### 2.1.2 Untersuchte Fenster

Die verwendeten Fenster wurden von der PaX AG zur Verfügung gestellt. Die Prüfungen in der Widerstandsklasse RC2 erfolgten an geprüften und zertifizierten einbruchhemmenden Fenstern und Fenstertüren des Typs PaXsecura 200, für die Widerstandsklasse RC3 wurden Elemente des Typs PaXsecura 300 eingesetzt. Alle Fenster verfügen über einen entsprechenden Nachweis der Einbruchhemmung geprüft im Stahlumfassungsrahmen. Einen Überblick über die verwendeten Fenster gibt Tabelle 4. Detailliertere Angaben sind in den Steckbriefen der Wandaufbauten gegeben.

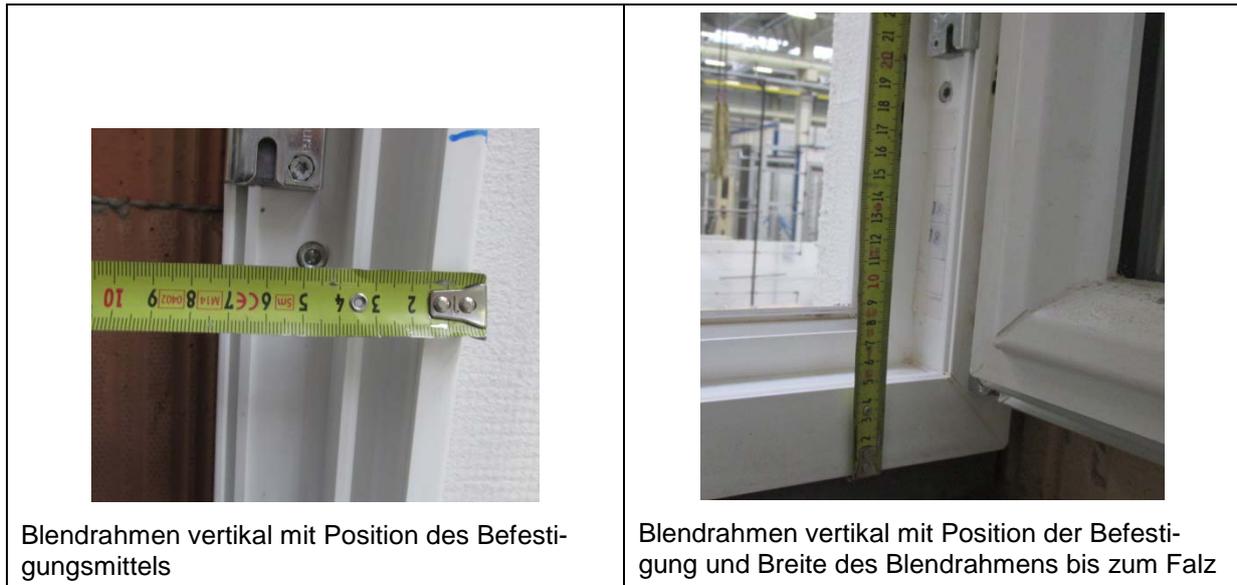
Es wurden überwiegend Kunststofffenster verwendet. Diese waren alle mit dem Profilsystem PaXabsolut halblächenversetzt ausgeführt. Der Profilquerschnitt des Blendrahmens betrug 74 mm x 74 mm (Bautiefe / Ansichtsbreite), Details des Blendrahmens zeigt Abbildung 1. Der Profilquerschnitt des Flügelrahmens betrug 74 mm x 75 mm.



In zwei Wandaufbauten wurden auch Holzfenster untersucht. Diese waren mit dem Profilsystem PaXpremium ausgeführt. Dieses Profilsystem beinhaltet eine zusätzliche Regenschutzschiene und ein Flügelabdeckprofil, beide aus Aluminium. Der Profilquerschnitt des Blendrahmens betrug seitlich/oben 78 mm x 80 mm und unten 78 mm x 70 mm (Bautiefe / Ansichtsbreite). Der Profilquerschnitt des Flügelrahmens betrug 78 mm x 78 mm (Bautiefe / Ansichtsbreite) beim Typ PaXsecura 200 und 78 mm x 88 mm beim Typ PaXsecura 300. Ein Detail des Blendrahmenprofils zeigt Abbildung 2.

**Tabelle 4** In den Prüfrunden verwendete einflügelige Lochfenster

Prüfrunde	Material	Widerstandsklasse	Öffnungsart	Anzahl	BRAM in mm	Verwendet im Wandaufbau
1	PVC	RC2	Drehkipp	2	990 x 960	W01, W03
1	PVC	RC2	Drehkipp	2	990 x 1960	W02, W04
2	PVC	RC2	Drehkipp	4	516 x 717	W05, W06
2	PVC	RC2	Drehkipp	4	966 x 916	W05, W06
2	PVC	RC3	Drehkipp	2	971 x 921	W07, W08
3	PVC	RC2	Drehkipp	5	516 x 717	W09, W10
3	PVC	RC3	Drehkipp	4	971 x 921	W11, W12
3	PVC	RC3	Kipp	4	971 x 570	W09, W10
4	PVC	RC3	Kipp	2	971 x 570	W13
4	PVC	RC3	Drehkipp	5	971 x 921	W14, W15
4	PVC	RC2	Drehkipp	1	516 x 717	W15
5	Holz	RC3	Drehkipp	2	970 x 950	W17, W18
5	Holz	RC2	Drehkipp	2	515 x 720	W17, W18
5	PVC	RC3	Drehkipp	1	971 x 921	W19
5	PVC	RC2	Drehkipp	1	516 x 717	W19



**Abbildung 1** Details des Blendrahmenprofils des Profilsystems PaXabsolut.



**Abbildung 2** Detail des Blendrahmenprofils des Profilsystems PaXpremium

### 2.1.3 Untersuchte Montage

Die Montage der Fenster im Mauerwerk erfolgte mit Befestigungsmitteln der Adolf Würth GmbH & Co. KG. Die verwendeten Befestigungsmittel zeigt Tabelle 5. Überwiegend wurden die untersuchten Fenster je nach Elementgröße immer gleich befestigt (Standardmontage). Ergänzend wurden in Tastversuchen andere Befestigungsmöglichkeiten betrachtet. Die verwendete Anzahl der Befestigungsmittel in Verbindung mit den untersuchten Fenstern kann der Beschreibung der Wandaufbauten in Kapitel 3 entnommen werden.

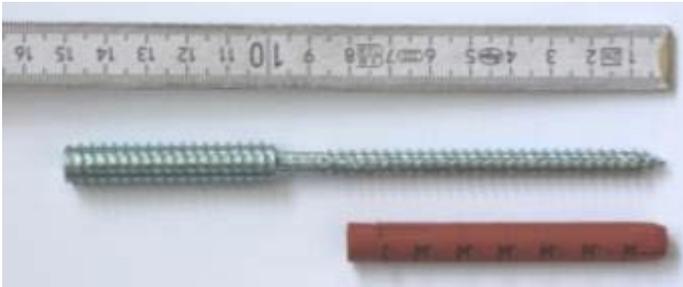
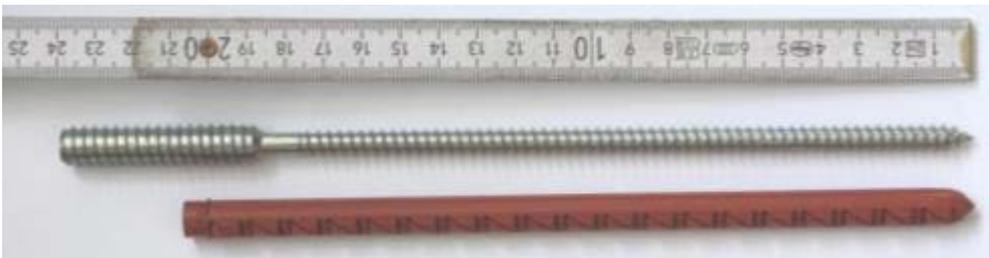
Bei den Wandaufbauten mit einer Wandstärke von 365 mm erfolgte die Montage der Fensterelemente in der Regel im mittleren Drittel der Wand ohne Putz bzw. im mittleren Drittel des Ziegels. Beim Wandaufbau mit Rollladenkasten (W14) erfolgte die Montage in Abhängigkeit von Panzer und Führungsschiene etwa in Wandmitte.



Im Wandaufbau mit 240 mm Wandstärke (W19) wurden zwei betongefüllte Ziegelstürze ausgeführt, hier erfolgte die Montage der Fenster in der inneren Ziegelschale des äußeren Ziegelsturzes.

Die Montage der Fenster der Widerstandsklasse RC2 erfolgte generell bei allen Elementen ohne Befestigung in den Sturz, um die Anwesenheit eines Rollladenkastens zu simulieren. Ebenso wurde bei den Fenstern der Widerstandsklasse RC2 keine druckfeste Hinterfüterung ausgeführt. Bei den Fenstern der Widerstandsklasse RC3 erfolgte eine umlaufende Montage, auch in den Sturz. Im Bereich der Befestigungen wurde druckfest hinterfütert.

**Tabelle 5** Verwendete Befestigungsmittel

<b>Befestigung nach oben</b>	
	Standardmontage: Als Befestigungsmittel für den Anschluss in Widerstandsklasse RC3 wurde nach oben in den Sturz die AMO-COMBI Ø11,5/7,5 mit Rahmendübel W-UR 10 XS verwendet.
	
<b>Seitliche Befestigung</b>	
	Standardmontage: Abstandsmontageschraube AMO-COMBI Ø11,5/7,5 mit Rahmendübel W-UR 10 XXL
	
<b>Befestigung nach unten</b>	
	Standardmontage: Befestigungsmittel für den unteren Anschluss ist die Fenstermontagekonsole JB-DK mit einem Ablenkwinkel (ALW) der mit dem W-UR mit Ø8 an der Innenwand befestigt ist. Die Fenstermontagekonsole verfügt über einen höhenverstellbaren Anschluss (HV), der bei PVC-Fenstern mit dem Bankanschlussprofil verschraubt ist.
	

**Tabelle 5** – fortgesetzt

	Tastversuch: modifizierte Fenstermontagekonsole JB-DK mit Ablenkwinkel (ALW). Die Modifikation besteht im direkten Anschluss des Blendrahmens an die JB-DK Konsole mittels einer M8 Schraube. Dabei entfällt die Konsole zur Höhenverstellung. Der Distanzausgleich erfolgt durch die druckfeste Hinterfüterung.
	Beim einem Tastversuch zur Befestigung nach unten, wurde die AMO-COMBI Ø11,5/7,5 mit Rahmendübel W-UR 10 XS in einen gedrehten Wärmedämmsturz befestigt.
	Beim einem Tastversuch zur Befestigung nach unten wurde die AMO-COMBI Ø11,5/7,5 mit Rahmendübel W-UR 10 XS in Fixzement von Würth verankert.
	Beim einem Tastversuch zur Befestigung nach unten wurde die AMO-COMBI Ø11,5/7,5 mit Rahmendübel W-UR 10 XS in Injektionsmörtel von Würth verankert.

### 2.1.4 Untersuchte Putze und Mörtel

Die in den verschiedenen Prüfrunden verwendeten Putze und Hilfsmittel sind in Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellt. Diese wurden in unterschiedlichen Kombinationen in den Wandaufbauten eingesetzt. Detaillierte Angaben zu den Putzaufbauten des jeweiligen Wandaufbaus sind in Kapitel 3 dargestellt. Das Verputzen der Wandaufbauten erfolgte durch Anwendungstechniker der quick-mix Gruppe.

Für die Wandaufbauten wurde ein mit der jeweiligen Zulassung der Ziegel konformer deckelnder Dünnbettmörtel verwendet, wie z.B. der mur 900 D der Firma maxit. Es wurde kein Gewebe in der Lagerfuge ausgeführt. Die Verarbeitung des Dünnbettmörtels erfolgte durch Anwendungstechniker des jeweiligen Ziegelwerks.

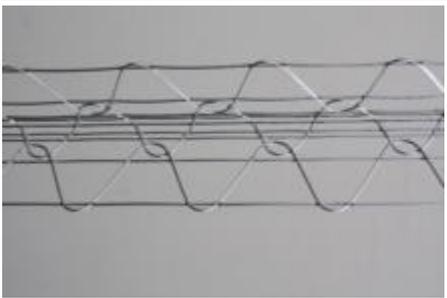
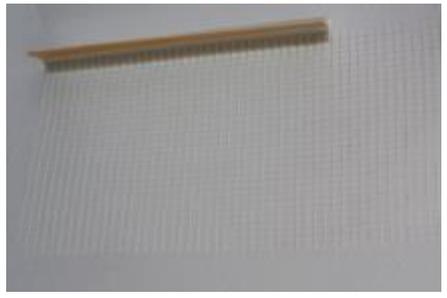
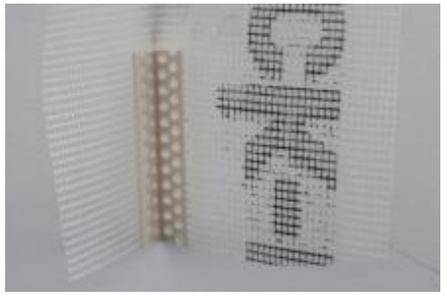
**Tabelle 6** Verwendete Putze, Armierungsgewebe und Mörtel

MEP-it Kalkzement-Leichtputz	
	Einlagen-Leichtputz Typ II  Leichtputzmörtel LW CS II gemäß DIN EN 998-1  Druckfestigkeit 1,5-5 N/mm <sup>2</sup> (lt. Hersteller)
SK leicht Spachtelkleber	
	Weißer Leichtklebe- und Armierungsmörtel  Leichtputzmörtel LW CS III gemäß DIN EN 998-1  Druckfestigkeit 3,5-7,5 N/mm <sup>2</sup> (lt. Hersteller)
UNI-H Universal-Haftputz	
	Naturweiße, mineralische Haftbrücke auf Beton  Normalputzmörtel GP CS IV gemäß DIN EN 998-1  Druckfestigkeit ≥ 6,0 N/mm <sup>2</sup> (lt. Hersteller)

**Tabelle 6** – fortgesetzt

Armierungsgewebe M	
	Hochreißfestes, alkalibeständiges Glasseidengittergewebe. Maschenweite: ca. 6 x 6 mm; Rollenbreite: 110 cm Gewicht: 155 g/m <sup>2</sup>
Deckelnder Dünnbettmörtel maxit mur 900 D	
	Mörtelklasse M10 gemäß DIN EN 998-2 deckelnder Dünnbettmörtel in Planziegelzulassung Druckfestigkeit nach 28 Tagen > 10,0 N/mm <sup>2</sup> (lt. Hersteller)

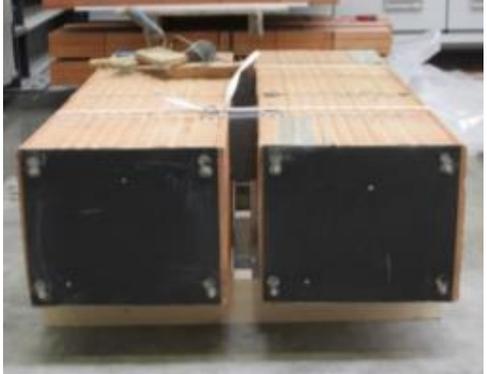
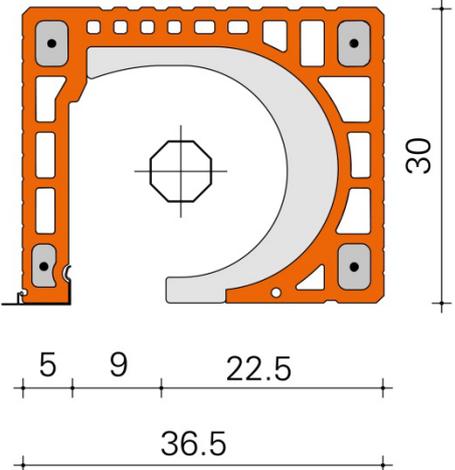
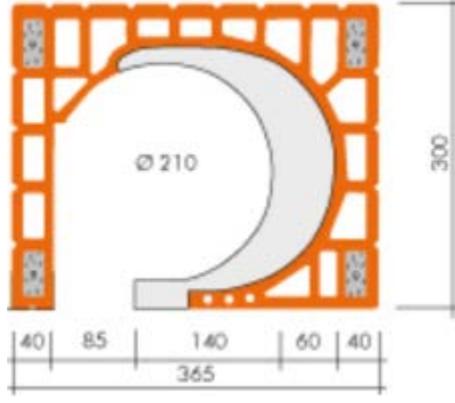
**Tabelle 7** Zubehör für die Putzausführungen

	
Drahteckputzschiene	Drahteckputzschiene mit MEP-it lokal fixiert
	
Anputzleiste mit Gewebe	Gewebeeckputzschiene GW10-15
	
Drahtgewebe an der Leibung fixiert (nur Wandaufbau W07, W08)	

### 2.1.5 Untersuchte Ziegel-Rollladenkästen

Orientierende Untersuchungen der Einbruchhemmung von Ziegel-Rollladenkästen wurden in der Prüfrunde 4 durchgeführt. Für die Untersuchungen wurden von außen revisionierbare Ziegel-Rollladenkästen zweier Hersteller verwendet (Tabelle 8).

**Tabelle 8** Im Wandaufbau W14 untersuchte Ziegel-Rollladenkästen

 <p>Ziegel-Rollladenkasten der Fa. Hörl&amp;Hartmann</p>	 <p>Montierter Ziegel-Rollladenkasten der Fa. Hörl&amp;Hartmann</p>
 <p>Detail zum Ziegel-Rollladenkasten der Fa. Hörl&amp;Hartmann</p>	 <p>Detail zum Ziegel-Rollladenkasten des Ziegelwerks Turber</p>
 <p>Rollladenkasten des Ziegelwerks Turber</p>	 <p>Montierter Ziegel-Rollladenkasten des Ziegelwerks Turber</p>

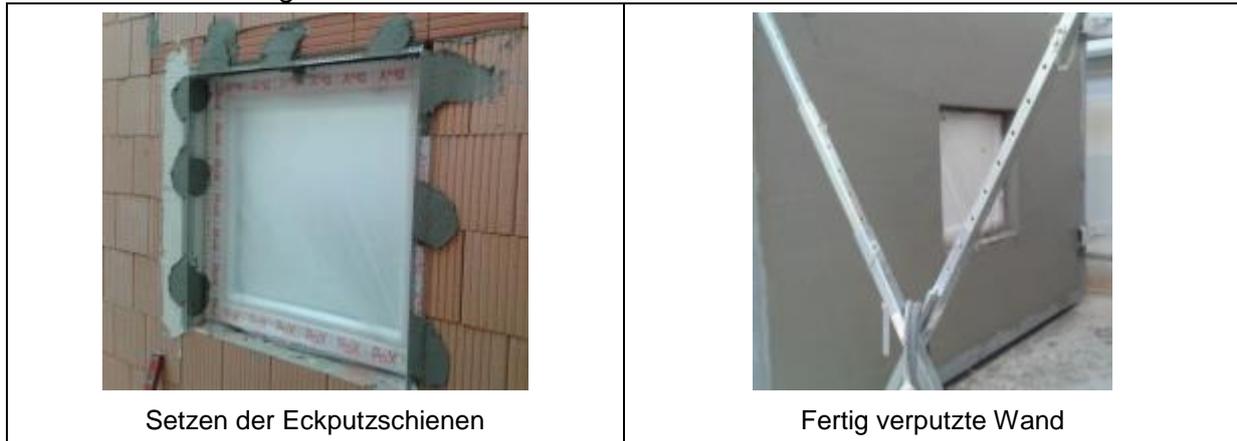


## 2.1.6 Herstellung der zu prüfenden Bauteile

In der nachfolgenden Tabelle 9 sind Details des Aufbaus der ersten 4 Wände zusammengestellt. Die zu errichtenden Wände wurden je nach Wandbildner von Mitgliedsunternehmen der ARGE Mauerziegel in Stahlumfassungsrahmen errichtet.

**Tabelle 9** Eindrücke des Wandaufbaus bis zur fertig errichteten Wand

 <p>Wandaufbau mit Thermopor TV09</p>	 <p>Wandaufbau mit Unipor Coriso W07</p>
 <p>Wanderstellung</p>	 <p>Fertiggestelltes Mauerwerk</p>
 <p>Armierungsgewebe M in Armierungsputz</p>	 <p>Befestigung im Brüstungsbereich</p>

**Tabelle 9** – fortgesetzt

## 2.2 Materialprüfungen

An den verwendeten Ziegeln wurden größtenteils die Druckfestigkeit und die Rohdichte ermittelt. Diese unabhängigen Materialprüfungen wurden von der fobatec GmbH durchgeführt.

Die Untersuchungen an den Steinen wurden gemäß DIN EN 772 [5], [6], [7], [8] durchgeführt. Für diese Untersuchungen wurden von den jeweiligen Ziegelherstellern sechs Ziegel an die fobatec GmbH übergeben.

Es wurden jeweils drei Steine zur Bestimmung der Trockenrohichte bei 105°C bis zur Massekonstanz getrocknet. Der in diesen Prüflingen vorhandene Lochanteil wurde anschließend, entsprechend [6], mittels Sandfüllung bestimmt. An jeweils drei weiteren Prüflingen wurde die Druckfestigkeit ermittelt. Die Prüflinge wurden mindestens vier Wochen im Labor bei 20°C und ca. 50% relativer Luftfeuchte gelagert, damit kann von einer lufttrockenen Lagerung gemäß [6] ausgegangen werden. Die Prüflinge wurden in einer kalibrierten Prüfmaschine bis zum Bruch belastet.

Außerdem wurde die Druckfestigkeit von Mörteln und Putzen unabhängig ermittelt. Die Untersuchungen der Mörtelproben erfolgte gemäß DIN EN 196 an der TU Dortmund. Es wurden jeweils zwei Chargen des Mörtels Maxit MUR 900D untersucht sowie jeweils zwei Chargen der Putze MEP-it und UNI-H.

Die Ergebnisse der Materialprüfungen für die Druckfestigkeit und Rohdichte der untersuchten Ziegel zeigt Tabelle 10. Tabelle 11 zeigt die Materialeigenschaften der untersuchten Mörtel und Putze.

**Tabelle 10** Ermittelte Druckfestigkeit und Rohdichte der untersuchten Hochlochziegel

Bezeichnung	Format		Rohdichte		Druckfestigkeit	
			kg/dm <sup>3</sup>	Klasse	N/mm <sup>2</sup>	Klasse
Unipor Coriso W07	245 x 362 x 249	12 DF	0,52	0,60	7,40	6
Thermopor TV 9	246 x 365 x 249	12 DF	0,64	0,65	9,77	8
Thermopor TV 7	247 x 364 x 250	12 DF	0,48	0,50	7,07	6
Purus PL-075	244 x 362 x 249	12 DF	0,63	0,65	12,55	10
Planziegel U9	250 x 365 x 248	12 DF	0,65	0,65	8,31	6
Planziegel U8	250 x 365 x 248	12 DF	0,60	0,60	5,91	4
Plan-Hochloch- ziegel 09 (PHIz B)	372x240x249	12 DF	0,77	0,80	9,26	6

**Tabelle 11** Ergebnisse der Materialuntersuchungen an Mörteln und Putzen

Bezeichnung	Lieferant	Druckfestigkeit in N/mm <sup>2</sup>
Maxit MUR 900D	A	7,28
Maxit MUR 900D	B	9,07
Maxit MUR 900D	C	8,10
Kalk-Zement-Leichtputz MEP-it	D	0,30
Mineralischer Haftputz UNI-H	D	4,99

### 2.3 Durchführung der Prüfungen der Einbruchhemmung

Nach der Normenreihe DIN EN 1627 bis DIN EN 1630 [1], [2], [3], [4] gliedert sich die Prüfung der Einbruchhemmung in drei Teile:

1. Statische Prüfung nach DIN EN 1628
2. Dynamische Prüfung nach DIN EN 1629
3. Manuelle Prüfung nach DIN EN 1630  
ggf. unterteilt in Vorprüfung und Hauptprüfung mit neuem Prüfkörper

Die Überprüfung der Widerstandsfähigkeit gegen einen manuellen Angriff entsprechend DIN EN 1630 wurde im Rahmen des Vorhabens erweitert. Es wurde „von innen nach außen“ vorgegangen. Das bedeutet, dass das Fenster zuerst einer regulären Einbruchprüfung in der klassifizierten Widerstandsklasse unterzogen wurde. Ziel hierbei war es, zu untersuchen, ob die Montage im entsprechenden Ziegelmauerwerk einen Einfluss auf die Widerstandsklasse des Fensters selbst im Vergleich zur Montage im starren Prüfrahm hat.

Anschließend wurden die Montagefuge, die Befestigungsmittel und die Verankerung des Befestigungsmittels im Ziegel geprüft. Ein Angriff auf die Wandfläche zur Erreichung einer durchgangsfähigen Öffnung wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens ebenfalls durchgeführt. Für diese erweiterten und normativ nicht vorgesehenen Angriffe wurde der der entsprechenden Klasse zugehörige Werkzeugsatz verwendet.

Die normativ vorgesehenen Prüfungen sowie die erweiterte Prüfung werden im Folgenden nochmals detailliert dargestellt.

### 2.3.1 Statische Prüfung nach DIN EN 1628

Mit einem an einem Hydraulikzylinder angebrachten Druckstempel wird der Probekörper an vorgegebenen Positionen mit einer statischen Kraft belastet. Die Abmessungen des Stempels (Fläche auf der die Kraft eingeleitet wird) beträgt 10 cm x 5 cm. Die Kräfte hängen hierbei von der Stelle des Belastungspunktes als auch der nachzuweisenden Widerstandsklasse ab. In Tabelle 12 sind die Belastungspunkte und die zugehörigen Kräfte dargestellt.

**Tabelle 12** Kräfte sowie Belastungspunkte für die statische Belastung von Fenstern (Produkte der Produktgruppe 1) nach DIN EN 1628 für die Widerstandsklassen RC2 und RC3

Belastungspunkte	RC2			RC3		
	Prüf- last  in kN	Spalt- lehre	Prüf- stempel  Typ	Prüf- last  in kN	Spalt- lehre	Prüf- stempel  Typ
F1 Füllungsecke	3	B	1	6	B	1
F2 Flügelecken	1,5	B	1 oder 2	3	B	1 oder 2
F3 Verriegelungspunkte	3	A	1 oder 2	6	A	1 oder 2



**Abbildung 3** Verformung des Probekörpers unter der Last bei der statischen Prüfung

### 2.3.2 Dynamische Prüfung nach DIN EN 1629

Bei der dynamischen Prüfung wird die Prüflast mit einem Zwillingstreifen aufgebracht. Dieser wird einem Pendel ähnlich aufgehängt und aus einer von der Widerstandsklasse abhängigen Fallhöhe, auf definierte Stellen am Probekörper fallengelassen (Pendelstoß). Dabei prallt der Zwillingstreifen jeweils nur einmal auf den Probekörper und wird dann wieder zurückgezogen. Mit dieser Prüfung soll ein Tritt oder Schulterwurf eines Einbrechers gegen das Bauteil simuliert werden. Die Fallhöhen sind für die Widerstandsklassen RC2 und RC3 in Tabelle 13 dargestellt. Einen Eindruck von der dynamischen Prüfung gibt Abbildung 4.



**Tabelle 13** Fallhöhen für die dynamischen Prüfungen nach DIN EN 1629

Widerstandsklasse (RC)	Masse des Stoßkörpers in kg	Fallhöhe in mm
2	50	450
3		750



**Abbildung 4** Zwillingssreifen vor einem Probekörper bei der dynamischen Prüfung

### 2.3.3 Manuelle Prüfung nach DIN EN 1630

Bei der manuellen Prüfung erfolgt der Angriff an typischen Schwachstellen (z.B.: oberes Scherenlager, Glasanbindung, Bänder, usw.) die aufgrund der Erfahrung der Prüfer bzw. der Analyse der detaillierten Konstruktion identifiziert werden. Der Angriff selbst erfolgt mit einem für die jeweilige Widerstandsklasse festgelegten Werkzeugsatz.

Neben dem Werkzeugsatz variiert in Abhängigkeit der Widerstandsklasse auch die sogenannte Widerstandszeit. Die Widerstandszeit ist die Zeit, die einem Prüfer pro Angriffspunkt für die Durchführung des Einbruchversuches zur Verfügung steht. Während der Prüfung selbst können Pausen eingelegt werden; die maximale Gesamtprüfzeit (Summe der Zeiten aus Angriff und Pausen) in Abhängigkeit der Widerstandsklasse darf jedoch nicht überschritten werden. Die Angriffszeiten und das zur Verfügung stehende Werkzeug sind in Tabelle 14 aufgeführt.

**Tabelle 14** Zu verwendende Werkzeugsätze und Widerstandszeiten für die manuelle Prüfung abhängig von der Widerstandsklasse nach DIN EN 1630

Widerstandsklasse (RC)	Werkzeugsatz	Widerstandszeit in min	Maximale gesamte Prüfzeit in min
RC2	A2	3	15
RC3	A3	5	20

Bei der manuellen Prüfung an Fenstern werden die definierten Werkzeuge als Hebelwerkzeuge eingesetzt. Die Werkzeuge, die im Forschungsprojekt hauptsächlich verwendet wurden sind in Tabelle 15 dargestellt.

Die im Forschungsprojekt untersuchten Fenster gehören zu den öffnenbaren Bauprodukten. Für solche sind in der DIN EN 1630 die folgenden Angriffsbereiche definiert:

- Verriegelungselemente;
- bewegliche Teile;
- Körper des Elementes;
- Beschlag;
- Verglasung und Füllungsanbindungssystem;
- alle anderen relevanten Bereiche.

**Tabelle 15** Verwendete Werkzeuge aus dem Werkzeugsatz A.2 und aus dem Werkzeugsatz A.3 nach DIN EN 1630 für die manuellen Prüfungen in den Widerstandsklassen RC2 und RC3.

Nr.	Werkzeugsatz	Beschreibung
2.1	A.2	Ein Schraubendreher; Flache Schneide, Länge (365 ± 25) mm, Schneidenbreite (16 ± 2,2) mm
2.2	A.2	Eine Rohrzange; Länge (240 ± 20) mm
2.3	A.2	Kunststoffkeile; Länge (200 ± 25) mm, Breite (80 ± 10) mm, Höhe (40 ± 5) mm
2.4	A.2	Holzkeile; Länge (200 ± 25) mm, Breite (80 ± 10) mm, Höhe (40 ± 5) mm
3.1	A.3	Schraubendreher; flache Klinge, Länge (365 ± 25) mm, Klingebreite (16 ± 2,2) mm
3.2	A.3	Kuhfuß; Länge (700 ± 20) mm

Für höhere Widerstandsklasse dürfen auch die Werkzeuge der darunter liegenden Widerstandsklassen verwendet werden.

Einen Eindruck der manuellen Prüfung gibt Abbildung 5.



**Abbildung 5** Zwischen Blend- und Flügelrahmen gesetzte (Hebel-)Werkzeuge bei der manuellen Prüfung nach DIN EN 1630 in der Widerstandsklasse RC2 (links) und RC3 (rechts).

### 2.3.4 Erweiterte Angriffspunkte im Forschungsvorhaben

Neben den normativ vorgesehenen Angriffspunkten öffentlicher Bauprodukte wurden im Forschungsprojekt auch die Montagefuge inkl. der Befestigungsmittel sowie die Wandfläche selbst angegriffen. Für die Angriffe wurden die normativen Vorgaben der Prüfzeit/Widerstandszeit aus der regulären manuellen Prüfung verwendet. Ebenso wurde der Werkzeugsatz der jeweiligen Widerstandsklasse eingesetzt. Das Ziel dieser erweiterten Angriffe war es jeweils eine durchgangsfähige Öffnung herzustellen.

#### Angriff auf die Montagefuge

Der Prüfer versucht ein Hebelwerkzeug der jeweiligen Widerstandsklasse zwischen Blendrahmen und Leibung anzusetzen und so den Blendrahmen aus seiner Lage auszulernen oder das Mauerwerk in der Leibung zu zerstören.

#### Angriff auf die Befestigungsmittel

Der Prüfer nutzt die Werkzeuge der jeweiligen Widerstandsklasse und versucht die Befestigungsmittel freizulegen und/oder zu brechen. Dabei werden die Werkzeuge in den Putz/Ziegel eingestochen, um den Ziegel vor dem Befestigungsmittel abzutragen.

#### Angriff auf die Wandfläche

Der Prüfer nutzt die Werkzeuge der jeweiligen Widerstandsklasse und versucht eine durchgangsfähige Öffnung durch die Wandfläche zu erreichen. Dabei werden die Werkzeuge in den Putz/Ziegel eingestochen.

Einen Eindruck dieser erweiterten Prüfungen gibt Abbildung 6.



**Abbildung 6** Beispiele von erweiterten Angriffen angelehnt an die manuelle Prüfung nach DIN EN 1630. Links, Angriff auf ein Befestigungsmittel, rechts auf die Wandfläche.



### 3 Darstellung der untersuchten Wandaufbauten

Die Untersuchungen erfolgten in insgesamt fünf Prüfrunden. In den ersten vier Prüfrunden wurden jeweils vier Wandaufbauten untersucht, in der fünften Prüfrunde drei Wandaufbauten. Im Folgenden wird zunächst die Intention für die Prüfungen der jeweiligen Prüfrunde vermittelt. Im Anschluss folgt eine Beschreibung der Wandaufbauten, die zur Untersuchung der Fragestellungen realisiert wurden. Für jeden Wandaufbau wurde ein Steckbrief erstellt, dieser enthält die wichtigsten Angaben zum verwendeten Ziegel, zum aufgetragenen Putz, zu den montierten Fenstern und zu deren Befestigung.

Die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen können Kapitel 4 entnommen werden.

#### 3.1 Wandaufbauten W01-W04

Die Versuche an den Wandaufbauten W01-W04 sollten zeigen, ob sich die im Labor festgestellten einbruchhemmenden Eigenschaften der untersuchten Fenster auch bei Montage im Mauerwerk erreichen lassen. Dazu wurden die Elemente einer Prüfung der Einbruchhemmung nach DIN EN 1627 ff. unterzogen. Es sollte festgestellt werden, ob die Montage in den ausgewählten Ziegeln einen Einfluss auf die einbruchhemmenden Eigenschaften der Elemente hat. Die Beurteilung erfolgte zum einen anhand der normativen Versagenskriterien, zum anderen wurde beobachtet, ob die Belastung aus den Prüfungen zu Schäden an den verwendeten Ziegeln führt. Denkbar waren hier Spaltungen oder Abplatzungen der Ziegel im Bereich hinter den Befestigungsmitteln in Folge einer Belastung der Elemente von der Gegenseite.

Über die normativ vorgesehenen Angriffe hinaus wurden zudem Angriffe auf weitere Bereiche des Wandaufbaus durchgeführt. Versucht wurde, einen Hebel in der Montagefuge anzusetzen und das Element aus der Befestigung zu lösen. Auch wurde versucht, die Befestigungsmittel auszugraben, zu verbiegen oder abzureißen. Hier sollte festgestellt werden, ob sich die Befestigung des Elementes soweit schwächen lässt, dass zwischen Element und Wandaufbau eine durchgangsfähige Öffnung entsteht. Beim Angriff auf die Wandfläche selbst wurde ebenfalls versucht, eine durchgangsfähige Öffnung zu erreichen.

In den Wandaufbauten W01 und W03 wurden Fenster untersucht, im Wandaufbau W02 und W04 Fenstertüren. Für die Elementgrößen wurden Standardformate ausgewählt.

Die Auswahl der verwendeten Ziegel wurde basierend auf Erfahrungen der Projektpartner getroffen.

### 3.1.1 Wandaufbau W01

Tabelle 16 Steckbrief des Wandaufbaus W01

Wandaufbau W01				
				
<b>Ziegel:</b>	Unipor Coriso W07	<b>Putz Wandfläche:</b>		
DFK	6	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it. von Schwenk		
RDK	0,6			
Format	247/365/249 mm	<b>Putz Leibung (bandseitig):</b>		
Mörtel	DM	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it. von Schwenk zusätzlich in unterer Lage mineralischer Haftputz (GP), CS IV UNI.-H. von Schwenk mit Armierungsgewebe M von Schwenk		
<b>Sturz:</b>				
	Betonverfüllter Ziegelsturz			
<b>Unterer Anschluss:</b>		<b>Eckputzschienen:</b>		
	Unipor Coriso W07	Seitlich/oben Drahteckputzschiene		
<b>Fenster:</b>		<b>Elementbefestigung:</b>		
PK1	PaXsecura 200	PK1	Links:	3x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	RC2		Rechts:	3x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	PVC		Oben:	Keine
	BRAM 990 x 960		Unten:	3x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
	P4A-16-4b			
	DK			
Blendrahmenecken mit Stahlwinkeln der Maße 4,0 x 40 x 200 mm		Keine druckfeste Hinterfütterung		
		10 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen		
		Montagefuge 15 mm, Füllung mit Putz und Schaum		



### 3.1.2 Wandaufbau W02

Tabelle 17 Steckbrief des Wandaufbaus W02

Wandaufbau W02				
				
		Unterer Anschluss von innen		
<b>Ziegel:</b>	Unipor Coriso W07		<b>Putz Wandfläche:</b>	
DFK	6		Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it. von Schwenk	
RDK	0,6			
Format	247/365/249 mm		<b>Putz Leibung (bandseitig):</b>	
Mörtel	DM		zusätzlich in unterer Lage mineralischer Haftputz (GP), CS IV UNI.-H. von Schwenk mit Armierungsgewebe M von Schwenk	
<b>Sturz:</b>				
	Betonverfüllter Ziegelsturz			
<b>Unterer Anschluss:</b>		<b>Eckputzschienen:</b>		
	Betonsturz		Seitlich/oben Drahteckputzschiene	
<b>Fenster:</b>		<b>Elementbefestigung:</b>		
	PK2	PaXsecura 200	PK2	Seitlich 5x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
		RC2		
		PVC	Oben:	Keine
		BRAM 990 x 1960	Unten:	2x Winkel an Sockelprofil mit Kunststoffdübel in Beton verankert (Panhead-Schraube).
		P4A-16-4b		
		DK		
Obere Blendrahmenecken mit Stahlwinkeln der Maße 4,0 x 40 x 200 mm		Keine druckfeste Hinterfüterung		
		10 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen		
		Montagefuge 15 mm, Füllung mit Putz und Schaum		

### 3.1.3 Wandaufbau W03

**Tabelle 18** Steckbrief des Wandaufbaus W03

Wandaufbau W03				
				
		Unterer Anschluss von innen		
<b>Ziegel:</b>	Thermopor TV9	<b>Putz Wandfläche:</b>		
DFK	8	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it. von Schwenk		
RDK	0,65			
Format	247/365/249 mm	<b>Putz Leibung (bandseitig):</b>		
Mörtel	DM	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it. von Schwenk zusätzlich mineralischer Haftputz (GP), CS IV UNI.-H. von Schwenk mit Armierungsgewebe M von Schwenk		
<b>Sturz:</b>				
	Betonverfüllter Ziegelsturz			
<b>Unterer Anschluss:</b>		<b>Eckputzschienen:</b>		
	Thermopor TV9	Seitlich/oben Drahteckputzschiene		
<b>Fenster:</b>		<b>Elementbefestigung:</b>		
PK3	PaXsecura 200	PK3	Seitlich	3x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	RC2			
	PVC		Oben:	Keine
	BRAM 990 x 960		Unten:	3x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
	P4A-16-4b			
	DK			
Blendrahmenecken mit Stahlwinkeln der Maße 4,0 x 40 x 200 mm		Keine druckfeste Hinterfüterung		
		10 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen		
		Montagefuge 15 mm, Füllung mit Putz und Schaum		



### 3.1.4 Wandaufbau W04

Tabelle 19 Steckbrief des Wandaufbaus W04

Wandaufbau W04				
				
		Ansicht von innen		
<b>Ziegel:</b>	Thermopor TV9	<b>Putz Wandfläche:</b>		
DFK	8		Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it. von Schwenk	
RDK	0,65			
Format	247/365/249 mm	<b>Putz Leibung (bandseitig):</b>		
Mörtel	DM		Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it. von Schwenk zusätzlich mineralischer Haftputz (GP), CS IV UNI.-H. von Schwenk mit Armierungsgewebe M von Schwenk	
<b>Sturz:</b>				
	Betonverfüllter Ziegelsturz			
<b>Unterer Anschluss:</b>		<b>Eckputzschienen:</b>		
	Betonsturz		Seitlich/oben Drahteckputzschiene	
<b>Fenster:</b>		<b>Elementbefestigung:</b>		
	PK4	PaXsecura 200	PK4	Seitlich 5x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
		RC2		
		PVC		Oben: Keine
		BRAM 990 x 1960		Unten: 2x Winkel an Sockelprofil mit Kunststoff-dübel in Beton verankert (Panhead-Schraube).
		P4A-16-4b		
		DK		
Obere Blendrahmenecken mit Stahlwinkeln der Maße 4,0 x 40 x 200 mm		Keine druckfeste Hinterfüterung		
		10 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen		
		Montagefuge 15 mm, Füllung mit Putz und Schaum		

### 3.2 Wandaufbauten W05-W08

Die in der Prüfrunde 1 gemachten Erfahrungen zeigten, dass Außenputz die Widerstandsdauer des Wandaufbaus bzw. der Ziegel gegen Angriffe beeinflusst. Daher wurden in den Wandaufbauten W05-W08 unterschiedliche Putzvarianten ausgeführt. Nach den erfolgten Angriffen wurde anhand der Schadensbilder beurteilt, welcher Putzaufbau für welche Widerstandsklasse geeignet ist.

Kleinere Elemente mit wenigen Befestigungsmitteln sind grundsätzlich bei Angriffen auf die Befestigungsmittel gefährdeter als größere Elemente mit mehr Befestigungsmitteln. Daher wurden Elementgrößen ausgewählt, die eine minimale Anzahl an Befestigungsmitteln erfordern.

Bei der Prüfung der Einbruchhemmung sind Elemente mit einem großen Abstand der Verriegelungspunkte ebenfalls kritisch. So wurden Elementgrößen gewählt, die einen möglichst großen Abstand der Verriegelungspunkte aufweisen.



### 3.2.1 Wandaufbau W05

Tabelle 20 Steckbrief des Wandaufbaus W05

Wandaufbau W05				
<b>Ziegel:</b>	Thermopor TV7	<b>Putz Wandfläche:</b>		
DFK	6	PK5,8	Obere Wandhälfte unverputzt	
RDK	0,50	PK6,7	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it. von Schwenk	
Format	247/365/249 mm			
Mörtel	DM	Eckputzschienen:		
Sturz:		PK6,7	Seitlich/oben Drahteckputzschiene	
Wärmedämmsturz				
Unterer Anschluss:				
Thermopor TV7				
<b>Fenster:</b>		<b>Elementbefestigung:</b>		
PK5,6	PaXsecura 200	PK5,6	Seitlich	2x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	RC2			
	PVC		Oben:	Keine
	BRAM 516 x 717		Unten:	1x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
	P4A-16-4b			
	DK	PK7,8	Seitlich	3x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	Geringste Anzahl Befestigungsmittel			
PK7,8	PaXsecura 200		Oben	Keine
	RC2		Unten	3x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
	PVC			
	BRAM 966 x 916	Keine druckfeste Hinterfüterung		
	VSG6-16-P4Ab	8-9 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen		
	DK	Montagefuge 20 mm, Anschlussfuge nicht gefüllt		
	Geringste Anzahl Verriegelungspunkte			

### 3.2.2 Wandaufbau W06

Tabelle 21 Steckbrief des Wandaufbaus W06

Wandaufbau W06				
<b>Ziegel:</b>	Purus PL-075	<b>Putz Wandfläche:</b>		
DFK	10	PK9,12	Obere Wandhälfte unverputzt	
RDK	0,65	PK10,11	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it. von Schwenk	
Format	247/365/249 mm	Eckputzschienen:		
Mörtel	DM	PK10,11	Seitlich/oben Drahteckputzschiene	
<b>Sturz:</b>				
	Wärmedämmsturz			
<b>Unterer Anschluss:</b>				
	Purus PL-075			
<b>Fenster:</b>		<b>Elementbefestigung:</b>		
PK9,10	PaXsecura 200	PK9,10	Seitlich	2x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	RC2		Oben:	Keine
	PVC		Unten:	1x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
	BRAM 516 x 717			
	P4A-16-4b			
	DK	PK11,12	Seitlich	3x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	Geringste Anzahl Befestigungsmittel		Oben	Keine
PK11,12	PaXsecura 200		Unten	3x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
	RC2			
	PVC	Keine druckfeste Hinterfüterung		
	BRAM 966 x 916	9-10 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen		
	P4A-16-4b	Montagefuge 20 mm, Anschlussfuge nicht gefüllt		
	DK			
	Geringste Anzahl Verriegelungspunkte			

### 3.2.3 Wandaufbau W07

Tabelle 22 Steckbrief des Wandaufbaus W07

Wandaufbau W07			
<b>Ziegel:</b>	Thermopor TV7	<b>Putz Wandfläche:</b>	
DFK	6	Links	Leichtunterputz Schwenk MEP-it (ca. 20 mm).
RDK	0,50	Mitte	Armierungsgewebe Schwenk M in Armierungsputz Schwenk UNI-H eingebettet (ca. 5 mm), darüber Leichtunterputz Schwenk MEP-it (ca. 20 mm), darüber Armierungsgewebe Schwenk M in Schwenk SK leicht gebettet (ca. 5 mm)
Format	247/365/249 mm		
Mörtel	DM		
Sturz:			
Wärmedämmsturz		Rechts	Leichtunterputz Schwenk MEP-it (ca. 20 mm), darüber Armierungsgewebe Schwenk M in Schwenk SK leicht gebettet (ca. 5 mm)
Unterer Anschluss:			
Thermopor TV7		<b>Putz Leibung:</b>	
<b>Fenster:</b>	PK13 PaXsecura 300	Band-seitig	Bandseitig bis zum Blendrahmen: Drahtgewebe Distanet in Armierungsputz Schwenk UNI-H gebettet und verdübelt, eingeputzt mit Leichtunterputz Schwenk MEP-it
	RC3		
	PVC	Griff-seitig	Griffseitig bis zum Blendrahmen: Armierungsgewebe Schwenk M in Armierungsputz Schwenk UNI-H eingebettet (ca. 5 mm), darüber Leichtunterputz Schwenk MEP-it (ca. 20 mm), darüber Armierungsgewebe Schwenk M in Schwenk SK leicht gebettet (ca. 5 mm)
	BRAM 971 x 921		
	P6B-16-6b		
	DK		
	Blendrahmenecken mit Stahlwinkeln der Maße: 3,0 x 40 x 180 mm	<b>Eckputzschienen:</b>	
			Seitlich/oben Drahteckputzschiene, seitlich in Ziegel gedübelt
		<b>Elementbefestigung:</b>	
	PK13	Seitlich	3x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
			Oben
		Unten	3x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
		Druckfeste Hinterfütterung, die Befestigungsmittel sind durch die vorgebohrten Hinterfütterungsklotze durchgeführt.	
		7-8 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen	
		Montagefuge 15 mm, Anschlussfuge nicht gefüllt	

### 3.2.4 Wandaufbau W08

**Tabelle 23** Steckbrief des Wandaufbaus W08

Wandaufbau W08			
<b>Ziegel:</b>	Purus PL-075	<b>Putz Wandfläche:</b>	
DFK	10	Links	Leichtunterputz Schwenk MEP-it (ca. 20 mm).
RDK	0,65	Mitte	Armierungsgewebe Schwenk M in Armierungsputz Schwenk UNI-H eingebettet (ca. 5 mm), darüber Leichtunterputz Schwenk MEP-it (ca. 20 mm), darüber Armierungsgewebe Schwenk M in Schwenk SK leicht gebettet (ca. 5 mm)
Format	247/365/249 mm		
Mörtel	DM		
Sturz:		Rechts	Leichtunterputz Schwenk MEP-it (ca. 20 mm), darüber Armierungsgewebe Schwenk M in Schwenk SK leicht gebettet (ca. 5 mm)
Wärmedämmsturz			
Unterer Anschluss:			
Purus PL-075			
<b>Fenster:</b>		<b>Putz Leibung:</b>	
PK14	PaXsecura 300	Band-seitig	Bandseitig bis zum Blendrahmen: Drahtgewebe Distanet in Armierungsputz Schwenk UNI-H gebettet und verdübelt, eingeputzt mit Leichtunterputz Schwenk MEP-it
	RC3		
	PVC		
	BRAM 971 x 921	Griff-seitig	Griffseitig bis zum Blendrahmen: Armierungsgewebe Schwenk M in Armierungsputz Schwenk UNI-H eingebettet (ca. 5 mm), darüber Leichtunterputz Schwenk MEP-it (ca. 20 mm), darüber Armierungsgewebe Schwenk M in Schwenk SK leicht gebettet (ca. 5 mm)
	P6B-16-6b		
	DK		
	Blendrahmenecken mit Stahlwinkeln der Maße 3,0 x 40 x 180 mm	<b>Eckputzschienen:</b>	
		Seitlich/oben Drahteckputzschiene, seitlich in Ziegel gedübelt.	
<b>Elementbefestigung:</b>			
		PK14	Seitlich
			Oben
			Unten
			3x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
			3x AMO Combi 11,5/7,5 (150 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XS
			3x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
Druckfeste Hinterfüterung, die Befestigungsmittel sind durch die vorgebohrten Hinterfüterungsklötze durchgeführt.			
9,5 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen			
Montagefuge 15 mm, Anschlussfuge nicht gefüllt.			



### 3.3 Wandaufbauten W09-W12

Ein Putzaufbau mit drei Putzschichten und zwei Gewebelagen ist aufwendig, es wurde untersucht, ob in Verbindung mit der Widerstandsklasse RC3 ein reduzierter Putzaufbau mit einem Gewebe ausreichend ist.

Wenn seitlich an einem Element nur wenige Befestigungsmittel vorhanden sind, müssen Angriffe von den verbleibenden Befestigungsmitteln aufgenommen werden. Für kritische Elementformate in Verbindung mit der Widerstandsklasse RC3 wurden daher weitere Befestigungsmöglichkeiten im Brüstungsbereich getestet.

Die Situation eines schmalen Ziegelpfeilers zwischen zwei Fenstern wurde als kritisch eingeschätzt, wenn ein Angriff in der Widerstandsklasse RC3 auf die Befestigungsmittel erfolgt. Daher wurden eine solche Situation nachgestellt.

Insbesondere nach einem Fensteraustausch in der Sanierung ist mit breiten Montagefugen zu rechnen. Um den Einfluss der Breite der Montagefuge auf die Einbruchhemmung des Elementes zu ermitteln, erfolgten Angriffe auf Elemente sowohl mit schmaler als auch mit breiter Montagefuge.

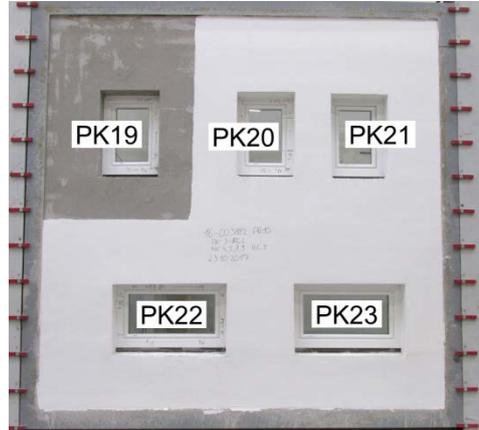
### 3.3.1 Wandaufbau W09

**Tabelle 24** Steckbrief des Wandaufbaus W09

Wandaufbau W09				
				
<b>Ziegel:</b>	Thermopor TV7	<b>Putz Wandfläche und Leibung:</b>		
DFK	6	Armierungsgewebe Schwenk M in Armierungsputz Schwenk UNI-H eingebettet (ca. 5 mm), darüber Leichtunterputz Schwenk MEP-it (ca. 20 mm), darüber Armierungsgewebe Schwenk M in Schwenk SK leicht gebettet (ca. 5 mm)		
RDK	0,50			
Format	247/365/249 mm			
Mörtel	DM			
Sturz		Eckputzschienen		
Wärmedämmsturz		Seitlich/oben Drahteckputzschiene in MEP-it und Gewebe-Eckputzschienen GW10-15		
Unterer Anschluss:				
PK17 Wärmedämmsturz gedreht		<b>Elementbefestigung:</b>		
Übrige PK in Thermopor TV7				
<b>Fenster:</b>				
PK15,16	PaXsecura 200	PK15, 16	Seitlich in Pfeiler	2x AMO Combi 7,5/11,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	RC2		Seitlich in Wand	2x Direktmontageschraube, Durchmesser 11,5 mm, Länge 252 mm
	PVC		Oben	Da nur Angriff auf Befestigungsmittel, 1x AMO Combi 11,5/7,5 (150 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XS
	BRAM 516 x 717			
	P4A-16-4b			
	DK	PK15 unten	2x Fenstermontagekonsole JB-DK mit W-UR 8mm. Anstelle der Höhenverstellung HVP ist eine M8 Schraube (M8 x 100 mm, Senkkopf 8.8) durch den Blendrahmen geführt und direkt mit der JB-DK verschraubt. Zum Höhenausgleich wurden Montageklötze verwendet.	
PK15	= PK10 aus W06			
PK16	= PK5 aus W05			
PK17,18	PaXsecura 300	PK16 unten	1x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm	
	RC3			
	PVC	PK17, 18 Seite	1x AMO Combi 7,5/11,5 242mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL	
	BRAM 971 x 570			
	P6B-16-6b	PK17, 18 oben	3x AMO Combi 11,5/7,5 (150 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XS	
	Kipp			
		PK18 unten	3x AMO Combi 11,5/7,5 (150 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XS verankert in Schnellzement von Würth, der lokal in die Großkammern eingebracht wurde.	
		PK17 unten	3x AMO Combi 11,5/7,5 (150 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XS in WD-Sturz	
Druckfeste Hinterfüterung aller Elemente, Befestigungsmittel wurden durch die vorgebohrten Hinterfüterungsklötze durchgeführt. Bei Konsolenbefestigung wurden unten Klötze unterlegt.				
11-12 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen; Montagefuge 15 mm, Anschlussfuge nicht gefüllt.				

### 3.3.2 Wandaufbau W10

Tabelle 25 Steckbrief des Wandaufbaus W10

Wandaufbau W10				
				
<b>Ziegel:</b>	Planziegel U9	<b>Putz Wandfläche und Leibung:</b>		
DFK	6	PK19	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it	
RDK	0,65	Übrige	5 mm Armierungsputz UNI-H, darin Armierungsgewebe M von Schwenk eingebettet, darüber 20 mm Leichtunterputz MEP-it, darüber 5 mm SK leicht, darin Armierungsgewebe M gebettet	
Format	247/365/249 mm			
Mörtel	DM			
<b>Sturz:</b>		<b>Eckputzschienen:</b>		
Wärmedämmsturz		Im Leichtunterputz Drahtputzschienen oben/seitlich.		
Unterer Anschluss:		Wenn darüber SK leicht, dann darin Gewebe- Eckputzschiene GW 10-15 oben und seitlich mit Gewebe über ganzer Leibungsdicke		
	Planziegel U9 (PK19-21,23)			
	Wärmedämmsturz (P22)	<b>Elementbefestigung:</b>		
<b>Fenster:</b>		PK19	Seitlich	2x AMO Combi 11,5/7,5 (242 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XXL
PK 19-21	PaXsecura 200		Oben	Keine
	RC2		Unten	1x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
	PVC			
	BRAM 516 x 717			
	P4A-16-4b	PK20, 21	Pfeilerseite	2x AMO Combi 11,5/7,5 (242 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	DK		Wandseite	2x Direktmontageschraube; Durchmesser 11,5 mm, Länge 252 mm
PK20	=PK6 aus W05			
PK21	=PK9 aus W06			
PK22,23	PaXsecura 300		Oben	1x AMO Combi 11,5/7,5 (150 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XS
	RC3			
	PVC			
	BRAM 971 x 570	PK20	Unten	1x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
	P6B-18-6b	PK21	Unten	2x modifizierte J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
	DK			
		PK22, 23	Seite	1x AMO Combi 11,5/7,5 (242 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XXL
			Oben	3x AMO Combi 11,5/7,5 (150 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XS.
			Unten	PK22 in WD-Sturz; PK23 in Injektionsmörtel: 3x AMO Combi 11,5/7,5 (150 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XS
				11-12 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen; Montagefuge ca. 15 mm.

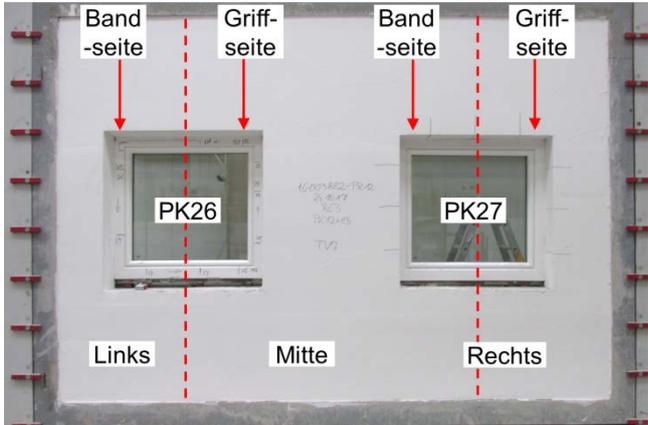
### 3.3.3 Wandaufbau W11

**Tabelle 26** Steckbrief des Wandaufbaus W11

Wandaufbau W11				
<b>Ziegel:</b>	Planziegel U9	<b>Putz Wandfläche und Leibung:</b>		
DFK	6	Mitte	5 mm Armierungsputz UNI-H, darin Armierungsgewebe M von Schwenk eingebettet, darüber - Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it, darüber 5 mm SK leicht, darin Armierungsgewebe M gebettet.	
RDK	0,65			
Format	247/365/249 mm			
Mörtel	DM			
<b>Sturz:</b>		Links, Rechts	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it, darüber 5 mm SK leicht, darin Armierungsgewebe M gebettet.	
Wärmedämmsturz				
<b>Unterer Anschluss:</b>				
Planziegel U9				
<b>Fenster:</b>		<b>Eckputzschienen:</b>		
PK24, 25	PaXsecura 300	Im Leichtunterputz Drahtputzschienen oben/seitlich. Wenn darüber SK leicht, dann darin Gewebe- Eckputz- schiene GW 10-15 oben und seitlich mit Gewebe über ganzer Leibungsdicke		
	RC3			
	PVC			
	BRAM 971 x 921			
	P6B-16-6b			
	DK	<b>Elementbefestigung:</b>		
		PK24, 25	Oben	3x AMO Combi 11,5/7,5 (150 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XS
			Seitlich	3x AMO Combi 11,5/7,5 (242 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XXL
			Unten	3x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
		PK24 Montagefuge ca. 30 mm		
		PK25 Montagefuge ca. 15 mm		
		11-12 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen		
		Alle Elemente druckfest hinterfütert.		

### 3.3.4 Wandaufbau W12

Tabelle 27 Steckbrief des Wandaufbaus W12

Wandaufbau W12				
				
<b>Ziegel:</b>	Thermopor TV7	<b>Putz Wandfläche und Leibung:</b>		
DFK	6	Mitte	5 mm Armierungsputz UNI-H, darin Armierungsgewebe M von Schwenk eingebettet, darüber Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it, darüber 5 mm SK leicht, darin eingebettet Armierungsgewebe M.	
RDK	0,50			
Format	247/365/249 mm			
Mörtel	DM	Links, Rechts	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it, darüber 5 mm SK leicht, darin Armierungsgewebe M gebettet.	
Sturz:				
Wärmedämmsturz		Eckputzschienen:		
Unterer Anschluss:		Im Leichtunterputz Drahtputzschienen oben/seitlich. Wenn darüber SK leicht, dann darin Gewebe- Eckputzschiene GW 10-15 oben und seitlich mit Gewebe über ganzer Leibungsdicke		
Thermopor TV7				
<b>Fenster:</b>				
PK26, 27	PaXsecura 300			
	RC3			
	PVC			
	BRAM 971 x 921	<b>Elementbefestigung:</b>		
	P6B-16-6b	PK26, 27	Oben	3x AMO Combi 11,5/7,5 (150 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XS
	DK		Seitlich	3x AMO Combi 11,5/7,5 (242 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XXL
PK27	Blendrahmenecken mit Stahlwinkeln der Maße: 3,0 x 40 x 180 mm		Unten	3x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
			PK26	Montagefuge ca. 30 mm
			PK27	Montagefuge ca. 15 mm
		11-12 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen		
		Alle Elemente druckfest hinterfütert.		

### 3.4 Wandaufbauten W13-W16

Anhand der Ergebnisse aus den vorigen Versuchen war ein Putzaufbau mit Leichtunterputz und einer außen zusätzlich aufgetragenen Gewebespachtelung ausreichend in Verbindung mit Widerstandsklasse RC3. Zur Bestätigung wurden weitere Versuche mit diesem reduzierten Putzaufbau durchgeführt.

Ein Tastversuch sollte zeigen, wie sich spezielle Leibungsziegel mit höherer Druckfestigkeit auf die Einbruchhemmung beim Angriff auf die Befestigungsmittel des Fensters auswirken.

Hinsichtlich der Einbruchhemmung stellt der Einbau eines Rollladenkastens eine besondere Montagesituation dar. So wird das Element in der Regel nicht nach oben befestigt bzw. kann nicht nach oben befestigt werden. Es sollte untersucht werden, ob sich diese fehlende Befestigung insbesondere in Verbindung mit hochwärmedämmendem Mauerwerk negativ auf die Einbruchhemmung auswirkt.

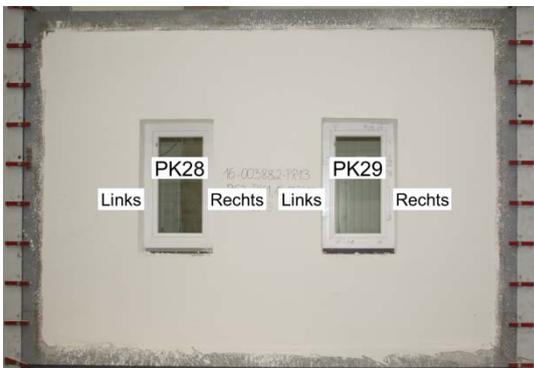
Ein weiterer Gesichtspunkt ist der in der Praxis häufig fehlende Putz hinter der Führungsschiene. Ist die Führungsschiene nur formschlüssig mit dem Blendrahmen verbunden (Klemmverbindung), kann diese mit einem Einbruchwerkzeug in wenigen Sekunden entfernt werden. Ist hinter einer Führungsschiene kein Putz angeordnet, je nach Breite der Führungsschiene, ein großer Bereich der Ziegelfläche in der Leibung ungeschützt und damit eine potentielle Schwachstelle bei einem Einbruchversuch. Auch ist ein Angriff direkt auf den Ziegel-Rollladenkasten denkbar. Daher wurden in Tastversuchen manuelle Angriffe auf Ziegel-Rollladenkästen durchgeführt.

Untersuchungen an einer Wand mit 24 cm Wanddicke sollen Erfahrungen für die Beurteilung von Bausituationen in der Sanierung erbringen.



### 3.4.1 Wandaufbau W13

Tabelle 28 Steckbrief des Wandaufbaus W13

Wandaufbau W13				
				
<b>Ziegel:</b>		<b>Putz Wandfläche und Leibung:</b>		
Wandbildner	Planziegel U8	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it, darüber 5 mm SK leicht, darin eingebettet Armierungsgewebe M.		
Leibungsziegel				
PK28 links	ZMK TX8			
Format	247x365x249 mm			
DFK	10 (lt.Hersteller)	Eckputzschienen:		
RDK	0,70 (lt.Hersteller)	Im Leichtunterputz Drahtputzschienen oben/seitlich. Im SK leicht Gewebe- Eckputzschiene GW 10-15 oben und seitlich mit Gewebe über ganzer Leibungsdicke.		
PK28 rechts	S9			
Format	247/365/249 mm			
DFK	8 (lt.Hersteller)	<b>Elementbefestigung:</b>		
RDK	0,65 (lt.Hersteller)	PK25, 29	Oben	1x AMO Combi 11,5/7,5 150 mm mit Kunststoffdübel W-UR XS
PK29 links	MZ65		Seitlich	3x AMO Combi 11,5/7,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
Format	248/365/249 mm			
DFK	8 (lt.Hersteller)	Unten	2x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm	
RDK	0,55 (lt.Hersteller)			
PK29 rechts	MZ90G			
Format	247/365/249 mm			
DFK	12 (lt.Hersteller)			
RDK	0,70 (lt.Hersteller)			
<b>Sturz:</b>				
Wärmedämmsturz		Montagefuge ca. 15 mm		
<b>Unterer Anschluss:</b>		11 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen		
Planziegel U8		Alle Elemente druckfest hinterfütert.		
<b>Fenster:</b>				
PK28, 29	PaXsecura 300			
	RC3			
	PVC			
	BRAM 971 x 570 (vertikal)			
	P6B-16-6b			
	DK			
PK28	= PK18 aus W09			
PK29	= PK22 aus W10			

### 3.4.2 Wandaufbau W14

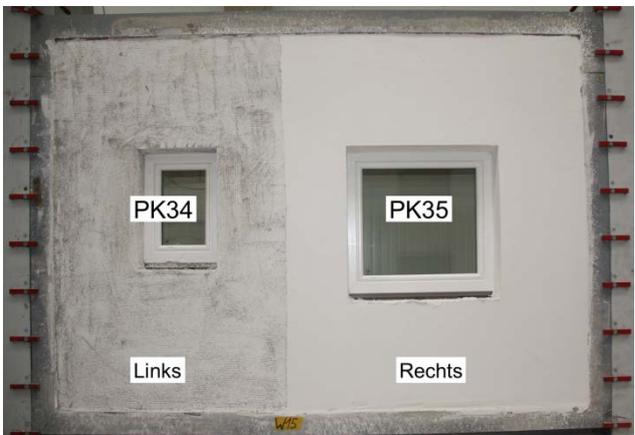
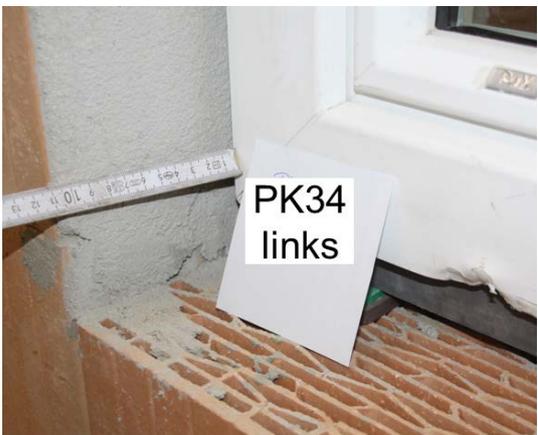
Tabelle 29 Steckbrief des Wandaufbaus W14

Wandaufbau W14			
			
<b>Ziegel:</b>	Unipor Coriso W07		<b>Putz Wandfläche und Leibung:</b>
DFK	6		Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it, darüber 5 mm SK leicht darin eingebettet Armierungsgewebe M
RDK	0,60		
Format	247/365/249 mm		
Mörtel	DM		Putz wurde bis Führungsschiene geführt, kein Putz hinter der Führungsschiene.
<b>Sturz:</b>			
Wärmedämmsturz			
<b>Unterer Anschluss:</b>		<b>Eckputzschienen:</b>	
Unipor Coriso W07 (PK32, 33 unten mit 2 cm Mörtel wg. Ausführungsfehler)		Im Leichtunterputz Drahtputzschienen seitlich. Im SK leicht Gewebe- Eckputzschiene GW 10-15 seitlich.	
<b>Oberer Anschluss:</b>		<b>Elementbefestigung:</b>	
PK32, 33	Ziegel-Rollladenkasten von Hersteller A für 36,5 cm Wandstärke, gerade Ausführung, geschlossen.	PK30-33	Oben Keine Befestigung
PK30, 31	Ziegel-Rollladenkasten von Hersteller B für 36,5 cm Wandstärke, geschlossen.		Seitlich 3x AMO Combi 11,5/7,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
<b>Fenster:</b>			Unten 3x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
PK30-33	PaXsecura 300	Montagefuge umlaufend ca. 20 mm	
	RC3	16 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen, aufgrund der Ausrichtung zum Rollladenkasten	
	PVC	Alle Elemente seitlich und unten druckfest hinterfütert.	
	BRAM 971 x 921		
	VSG6-16-P6B		
	DK		
	Verstärkung der oberen Blendrahmenecken mit Stahlwinkeln der Maße: 3,0 x 40 x 180 mm		



### 3.4.3 Wandaufbau W15

Tabelle 30 Steckbrief des Wandaufbaus W15

Wandaufbau W15						
						
<b>Ziegel:</b>	Planziegel U8	<b>Putz Wandfläche und Leibung:</b>				
DFK	4	Links	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it (Sk leicht wurde nach irrtümlichem Auftrag noch feucht wieder abgenommen)			
RDK	0,60					
Format	248/365/249 mm					
Mörtel	DM					
<b>Sturz:</b>		Rechts	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it, darüber 5 mm SK leicht darin eingebettet Armierungsgewebe M			
Wärmedämmsturz						
<b>Unterer Anschluss:</b>		<b>Eckputzschienen:</b>				
	Planziegel U8	Im Leichtunterputz Drahtputzschienen seitlich. Im SK leicht Gewebe- Eckputzschiene GW 10-15 seitlich.				
<b>Fenster:</b>		<b>Elementbefestigung:</b>				
PK34	PaXsecura 200	PK34	Oben Keine Befestigung			
	RC2			Seitlich	2x AMO Combi 11,5/7,5 (242 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XXL	
	PVC			Unten	1x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm	
	BRAM 516 x 717	PK8	Oben	3x AMO Combi 11,5/7,5 (150 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XS		
	P4A-16-4b				Seitlich	3x AMO Combi 11,5/7,5 (242 mm) mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	DK				Unten	3x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
PK34 = PK21 aus W10		Montagefuge umlaufend ca. 15 mm				
PK35	PaXsecura 300	11-12 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen				
	RC3	PK35 druckfest hinterfütert, PK34 nicht.				
	PVC					
	BRAM 971 x 921					
	VSG6-16-P6B					
	DK					

### 3.4.4 Wandaufbau W16

**Tabelle 31** Steckbrief des Wandaufbaus W16

Wandaufbau W16			
Ziegel:	T8- 24,0-MW	Putz Wandfläche und Leibung:	
DFK	6	Links oben	Kein Putz
RDK	0,65	Links unten	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it
Format	248/240/249 mm	Mitte	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it, darüber 5 mm SK leicht darin eingebettet Armierungsgewebe M
Mörtel	DM	Rechts	5 mm Armierungsputz UNI-H, darin Armierungs-gewebe M von Schwenk eingebettet, darüber 20 mm Leichtunterputz MEP-it, darüber 5 mm SK leicht, darin Armierungs-gewebe M gebettet.



### 3.5 Wandaufbauten W17-W19

Der Putzaufbau für RC2 mit Leichtputz und für RC3 mit Leichtputz und Gewebespachtelung hatte sich mehrfach als ausreichend erwiesen. Weitere Versuche wurden als nicht notwendig erachtet.

Um Aussagen für den Sanierungsfall zu erlangen, wurden PVC-Fenster in den Widerstandsklassen RC2 und RC3 in den normierten Plan-Hochlochziegel B (PHlz B) mit einer Wanddicke von 24 cm eingebaut. Der Wandaufbau wurde mit dem vorgeschlagenen Putzaufbau versehen, Angriffe erfolgten auf das Element, die Befestigung und die Wandfläche.

In den bisherigen Wandaufbauten wurden ausschließlich PVC-Fenster untersucht. Versuche mit Holzfenstern wurden durchgeführt, um andere Rahmenmaterialien zu untersuchen. In den Widerstandsklassen RC2 und RC3 wurden daher Standardsituationen betrachtet. Es wurden die nach Druckfestigkeit und Rohdichte schwächsten Ziegel verwendet. Da das Verhalten der Befestigung im Untergrund sowie der Ziegel selbst aus den vorangegangenen Untersuchungen bekannt waren, wurden nur die Fenster angegriffen. Ein Angriff auf Befestigungsmittel und Wandfläche konnte entfallen.

Ergänzend wurde ein bisher nicht betrachteter Angriff in RC3 im Bereich der Brüstung durchgeführt.

### 3.5.1 Wandaufbau W17

**Tabelle 32** Steckbrief des Wandaufbaus W17

Wandaufbau W17			
<b>Ziegel:</b>	Thermopor TV7	<b>Putz Wandfläche und Leibung:</b>	
DFK	6	Links	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it, darüber 5 mm SK leicht darin eingebettet Armierungsgewebe M
RDK	0,50		
Format	247/365/249 mm		
Mörtel	DM	Rechts	Kein Putz
<b>Sturz:</b>		<b>Eckputzschienen:</b>	
Wärmedämmsturz		Im Leichtunterputz Drahtputzschienen seitlich. Im SK leicht Gewebe-Eckputzschiene GW 10-15 seitlich und Gewebe der Anputzleiste.	
<b>Unterer Anschluss:</b>			
Thermopor TV7			
<b>Fenster:</b>			
PK37	PaXsecura 200	<b>Elementbefestigung:</b>	
	RC2	PK37	Oben
	Holz – Eukalyptus		Seitlich
	BRAM 515 x 720		Unten
	VSG6b-16-P4A		
	DK		
PK36	PaXsecura 300	PK36	Oben
	RC3		Seitlich
	Holz – Eukalyptus		Unten
	BRAM 970 x 950		
	VSG6b-16-P6B		
	DK		
Fensterbank an PK36		Fensterbank mit vier 3,9 x 30 Fensterbank-schrauben AW20 (Würth) befestigt (Grobge-winde, Edelstahl A2, mit Polyamid Scheibe).	
	Aluminium 2 mm, weiß la-ckiert, Ausladung 200 mm, Bordstücke Aluminium.	Montagefuge umlaufend ca. 15 mm. Bei PK37 nach oben Montagefuge ca. 40 mm.	
		12 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen	
		PK36 druckfest hinterfütert, PK37 nicht.	
		Kein Bankanschlussprofil unter dem Blendrahmen erforderlich	



### 3.5.3 Wandaufbau W19

**Tabelle 34** Steckbrief des Wandaufbaus W19

Wandaufbau W19				
		<p>Befestigungsmittel in der inneren Schale des äußeren Ziegelsturzes (schematisch)</p>		
<b>Ziegel:</b>	PHIz B (DIN Bezeichnung)	<b>Putz Wandfläche und Leibung:</b>		
DFK	6	Rechts	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it, darüber 5 mm SK leicht darin eingebettet Armierungsgewebe M	
RDK	0,80			
Format	372/240/249 mm	Links	Leichtunterputz Typ 2, CS II, 20 mm MEP-it,	
Mörtel	DM			
<b>Sturz:</b>		<b>Eckputzschienen:</b>		
Betongefüllter Ziegelsturz		Im Leichtunterputz Drahtputzschienen seitlich. Im SK leicht Gewebe-Eckputzschiene GW 10-15 seitlich und Gewebe der Anputzleiste.		
<b>Unterer Anschluss:</b>				
PHIz B				
<b>Fenster:</b>				
PK40	PaXsecura 200	Glatzstrich in den Leibungen seitlich mit Mep-it		
	RC2			
	PVC	<b>Elementbefestigung:</b>		
	BRAM 516 x 717	PK40	Oben	Keine Befestigung
	P4A-16-4b		Seitlich	2x AMO Combi 11,5/7,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	DK			
PK40	= PK16 aus W09		Unten	1x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
PK41	PaXsecura 300	PK41	Oben	3x AMO Combi 11,5/7,5 150 mm mit Kunststoffdübel W-UR XS
	RC3			
	PVC		Seitlich	3x AMO Combi 11,5/7,5 242 mm mit Kunststoffdübel W-UR XXL
	BRAM 971 x 921			
	P6B-16-6b		Unten	3x J-DB Konsole mit Umlenkwinkel und W-UR 8 mm
	DK			
PK41	= PK31 aus W14			
		Montagefuge umlaufend ca. 15 mm, oben bis 20 mm.		
		5 cm von Ziegelkante bis Blendrahmen außen		
		PK41 druckfest hinterfütert, PK40 nicht.		



## 4 Ergebnisse der Versuche an den untersuchten Wandaufbauten

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Untersuchungen an den verschiedenen Wandaufbauten dargestellt. Entsprechend der fünf Prüfrunden werden immer zunächst die Erkenntnisse der jeweiligen Prüfrunde beschrieben. Anschließend sind die dafür zugrunde liegenden Ergebnisse der Untersuchungen der einzelnen Wandaufbauten angegeben.

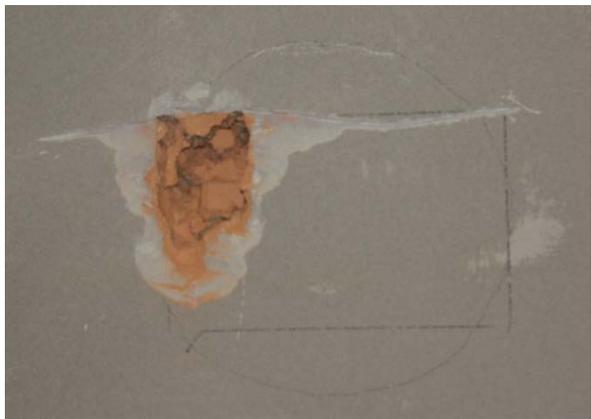
### 4.1 Ergebnisse der Wandaufbauten W01-W04

Ergebnisse der Wandaufbauten W01-W04

- Widerstandsklasse RC2
  - Die Montage in den verwendeten Ziegeln mit DFK 6 und RDK 0,6 sowie DFK 8 und RDK 0,65 zeigte keinen Einfluss auf die Einbruchhemmung des Fensters.
  - Eine zusätzliche Armierung in der Leibung bietet einem Angriff auf die Montagefuge und die Befestigungsmittel deutlich mehr Widerstand als Leichtputz alleine, ist aber wahrscheinlich nicht notwendig.
  - Ein Durchbruch durch die allein mit Leichtputz ausgeführte Wand war nicht möglich.
  - Türen/Fenstertüren waren bei Angriffen auf die Befestigungsmittel unkritisch, da im Vergleich zu Fenstern in Standardgröße in der Regel eine höhere Anzahl an Befestigungsmitteln vorhanden ist. In den folgenden Wandaufbauten müssen daher Türen und Fenstertüren nicht weiter betrachtet werden.
  - Kleinere Elemente mit wenigen Befestigungsmitteln sowie Elemente, die einen großen Abstand der Verriegelungspunkte aufwiesen waren kritisch und werden weiter betrachtet werden.
- Widerstandsklasse RC3
  - Anhand der Erfahrungen aus den Tastversuchen bei den Prüfungen in RC3 wird ein Putzaufbau allein mit Leichtputz für RC3 als nicht ausreichend angesehen.

### 4.1.1 Wandaufbau W01

**Tabelle 35** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W01

<b>Wandaufbau W01 – Ergebnisse</b>			
			
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 2</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK1	statisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste. Keine weiteren Schäden am Element, darum Prüfung bestanden.	ja
	Dynamisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste. Risse der Geh-rungsecken der Flügelrahmen. Keine weiteren Schäden am Element, darum Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Griffseite	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Ecklager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Scheren-lager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 2</b>			
PK1	Montagefuge Griffseite	Versuch in die Montagefuge zu gelangen und das Fenster auszuhebeln scheitert. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung Griffseite aus Lei-bung	Beschädigungen am Mauerwerk führen nicht zu einer durchgangsfähigen Öffnung.	ja
	Befestigung Griffseite über Wand	Freilegen der Befestigungsschraube ist mit großem, zeitli-chem Aufwand verbunden. Keine durchgangsfähige Öff-nung erreicht.	ja
	Befestigung Band-seite über Wand	Gewebe und Armierungsputz bieten großen Widerstand. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Wandfläche	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja



#### 4.1.2 Wandaufbau W02

**Tabelle 36** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W02

<b>Wandaufbau W02 – Ergebnisse</b>			
			
Angriff griffseitig ohne Armierungsputz		Angriff bandseitig mit Armierungsputz	
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 2</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK2	Manuell – Ecklager - Griffseite	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 2</b>			
PK2	Befestigung Griffseite über Wand	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung Bandseite über Wand	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja

### 4.1.3 Wandaufbau W03

**Tabelle 37** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W03

<b>Wandaufbau W03 – Ergebnisse</b>			
			
Angriff auf Befestigung griffseitig		Angriff auf Befestigung bandseitig	
			RC3 Angriff auf Wandfläche
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 2</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK3	Statisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste. Keine weiteren Schäden am Element, darum Prüfung bestanden.	ja
	Dynamisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste. Risse der Geh-rungsecken der Flügelrahmen. Keine weiteren Schäden am Element, darum Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Griffsei-te	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Eckkla-ger	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Sche-renlager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 2</b>			
PK3	Befestigung griff-seitig	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Wandfläche	98s: Abbruch. Keine Aussicht auf Erfolg	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>			
PK3	Wandfläche	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung – Tastversuch	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja

#### 4.1.4 Wandaufbau W04

**Tabelle 38** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W04

Wandaufbau W04 – Ergebnisse			
			
Während der statischen Prüfung		RC3 Angriff auf Befestigung bandseitig	
		RC3 Angriff auf Befestigung griffseitig	
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 3</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK4	Statisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste, Verglasung gesprungen. Keine weiteren Schäden am Element, darum Prüfung bestanden.	ja
	Dynamisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste. Risse der Gehrungsecken der Flügelrahmen. Keine weiteren Schäden am Element, darum Prüfung bestanden.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>			
PK4	Befestigung griffseitig	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung bandseitig	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja

## 4.2 Ergebnisse der Wandaufbauten W05-W08

### Ergebnisse der Wandaufbauten W05-W08

- Widerstandsklasse RC2
  - Die Montage in den verwendeten Ziegeln mit DFK 6 und RDK 0,5 sowie DFK 10 und RDK 0,65 zeigte keinen Einfluss auf die Einbruchhemmung des Fensters.
  - Die Erfahrungen bei den Versuchen zeigen, dass in Verbindung mit der Widerstandsklasse RC2 auf der Wandfläche mindestens Leichtputz anzuordnen ist.
  
- Widerstandsklasse RC3
  - Die Montage in den verwendeten Ziegeln mit DFK 6 und RDK 0,5 sowie DFK 10 und RDK 0,65 zeigte keinen Einfluss auf die Einbruchhemmung des Fensters.
  - In Verbindung mit der Widerstandsklasse RC3 ist ein nur mit Leichtputz versehener Wandaufbau nicht ausreichend widerstandsfähig.
  - Ein Putzaufbau mit Gewebe in der unteren Lage im Armierungsputz, Leichtputz in der Mittellage und einem zweiten Gewebe in der oberen Lage erweist sich als sehr widerstandsfähig.
  - Bei einem Putzaufbau mit Armierungsputz und verdübeltem Drahtgewebe in der unteren Lage und Leichtputz in der oberen Lage lassen sich durch das Drahtgewebe größere Ziegelbruchstücke entfernen.



#### 4.2.1 Wandaufbau W05

**Tabelle 39** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W05

<b>Wandaufbau W05 – Ergebnisse</b>			
			
PK7 nach manuellem Angriff		PK6 Abplatzen des Ziegels im Bereich der Befestigungsmittel während der statischen Prüfung	
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 2</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK6	Statisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste, Spalt zwischen Anputzleiste und Blendrahmen. Keine weiteren Schäden am Element, Prüfung bestanden. Leichte Schäden am Ziegel.	ja
	Dynamisch	Risse der Gehrungsecken der Blend- und Flügelrahmen. Keine weiteren Schäden am Element, Prüfung bestanden. Keine weiteren Schäden am Ziegel.	ja
PK7	Manuell – Griffseite	Verschraubung zum Mauerwerk ist ohne Schäden. Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Ecklager	Ecklager ist im Eingriff, Blendrahmen hat sich verdreht. Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Scherenlager	Blendrahmen in der Ecke gerissen. Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 2</b>			
PK7	Befestigung griffseitig	Ziegel im Bereich der Verschraubung abgetragen. Verschraubung jedoch weiterhin im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK6	Befestigung griffseitig	Eine Verschraubung 10 cm freigelegt, jedoch im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK5	Befestigung bandseitig	Eine Verschraubung 10 cm freigelegt, jedoch im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja

### 4.2.2 Wandaufbau W06

**Tabelle 40** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W06

<b>Wandaufbau W06 – Ergebnisse</b>			
 <p>Kerbung des Ziegels bei statischer Prüfung</p>		 <p>PK10 Befestigung teilweise freigelegt</p>	
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 2</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK11	Statisch und dynamisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste sowie zwischen Anputzleiste und Blendrahmen. Blendrahmenecken griffseitig gerissen. Stein an Verschraubung etwas gebrochen. Keine weiteren Schäden am Element, Prüfung bestanden.	ja
PK10	Statisch und dynamisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste sowie zwischen Anputzleiste und Blendrahmen. Blendrahmenecke oben rechts gerissen. Stein an Verschraubung etwas gebrochen. Keine weiteren Schäden am Element, Prüfung bestanden.	ja
PK11	Manuell – Griffseite	Blendrahmen gebrochen. Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK12	Manuell – Scherenlager	Blendrahmen gebrochen. Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Ecklager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 2</b>			
PK9	Befestigung	Größere Schäden am Ziegel, jedoch konnte innerhalb der Widerstandszeit keine durchgangsfähige Öffnung erreicht werden. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK11	Befestigung	Teile der Befestigung konnten teilweise freigelegt werden. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK10	Befestigung	Befestigung teilweise freigelegt. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK12	Befestigung	Befestigung teilweise freigelegt. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja



### 4.2.3 Wandaufbau W07

Tabelle 41 Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W07

Wandaufbau W07 – Ergebnisse			
			
Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 3			RC erreicht?
PK13	Statisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste sowie zwischen Anputzleiste und Blendrahmen. Keine weiteren Schäden am Element, Prüfung bestanden. Keine Schäden am Ziegel.	ja
	Dynamisch	Sichtbare Schäden im Zentrum. Risse in den Gehrungsecken von Blend- und Flügelrahmen. Keine weiteren Schäden am Element, darum Prüfung bestanden. Keine Schäden am Ziegel.	ja
	Manuell – Griffseite	Alle Verriegelungen im Eingriff. Flügelrahmen stark deformiert. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Ecklager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Scherenlager	Trotz Zugänglichkeit mit dem gekröpften Kuhfuß halten alle Verriegelungen stand. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3			
PK13	Befestigung bandseitig	Obere und rechte Verschraubungen (6 Schrauben) halten stand. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung griffseitig	Innerhalb der Widerstandszeit alle Verschraubungen zu lösen, ist nicht möglich. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Wandfläche links	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja

#### 4.2.4 Wandaufbau W08

**Tabelle 42** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W08

<b>Wandaufbau W08 – Ergebnisse</b>			
			
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 3</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK14	Statisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden.	ja
	Dynamisch	Risse in den Blendrahmenecken. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Griffseite	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Ecklager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Scherenlager	Alle Verriegelungen halten stand. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>			
	Befestigung bandseitig	Verschraubung konnte teilweise gelöst werden. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung griffseitig	Verschraubung konnte teilweise gelöst werden. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Wandfläche links	Nur partiell Durchbruch erreicht, aber keine durchgangsfähige Öffnung erzielt.	ja



### 4.3 Ergebnisse der Wandaufbauten W09-W12

#### Ergebnisse der Wandaufbauten W09-W12

- Widerstandsklasse RC2
  - Die Montage in den verwendeten Ziegeln mit DFK 6 und RDK 0,65 zeigte keinen Einfluss auf die Einbruchhemmung des Fensters.
  - Der Putzaufbau mit einlagigem Leichtputz erweist sich als ausreichend widerstandsfähig gegen einen Angriff auf die Befestigungsmittel und die Wandfläche.
  
- Widerstandsklasse RC3
  - Die Montage in den verwendeten Ziegeln mit DFK 6 und RDK 0,65 zeigte keinen Einfluss auf die Einbruchhemmung des Fensters.
  - Ein Putzaufbau mit Leichtunterputz und einer zusätzlich aufgetragenen Gewebespachtelung hält einem Angriff auf die Wandfläche sehr gut stand. Innerhalb der Widerstandszeit ist ein Durchbruch in der Größe einer durchgangsfähigen Öffnung unwahrscheinlich.
  - Der Putzaufbau mit zwei Geweben bietet dem Angriff auf den Pfeiler großen Widerstand. Es war nicht möglich im Bereich zwischen zwei gegenüberliegenden Befestigungsmitteln einen schlitzförmigen Durchbruch über die gesamte Pfeilerbreite herzustellen. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein reduzierter Putzaufbau mit nur einer Gewebelage hier genügt.
  - Die Befestigung nach unten in einen Wärmedämmsturz hält einem Angriff sehr gut stand, weder Befestigungsmittel noch Ziegel können zerstört werden.
  - Die Befestigung nach unten in Schnellzement in den Kammern eines Großkammerziegels erweist sich im Tastversuch als widerstandsfähig. Hingegen erweist sich die Befestigung im filigranen Stein in Injektionsmörtel als wenig geeignet, hier lässt sich das Befestigungsmittel samt Mörtelummantelung im Stein wegbiegen.
  - Die 30 mm Montagefuge scheint günstig für die Einbruchhemmung, da sich die Schäden nach dem Angriff unabhängig vom Putzaufbau gleichen. Der Angriff wird dadurch erschwert, dass sich kein Widerlager für den Angriff mit dem Kuhfuß findet. Bei 15 mm Fugenbreite erweist sich der Putzaufbau mit zwei Gewebelagen als deutlich widerstandsfähiger beim Angriff auf das Befestigungsmittel als der Putzaufbau mit einer Gewebelage (Gewebespachtelung).

### 4.3.1 Wandaufbau W09

**Tabelle 43** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W09

Wandaufbau W09 – Ergebnisse			
			
Pfeilerangriff PK15/16		Angriff auf PK18	
Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3			RC erreicht?
PK18	Befestigung in Schnellzement	Die Verankerung im Zementbett hält den Angriffen Stand. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK15/ PK16	Pfeiler zwischen PK15 und PK16	Partieller Durchbruch nach Hinten, aber keine durchgangsfähige Öffnung erzielt.	ja



### 4.3.2 Wandaufbau W10

**Tabelle 44** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W10

<b>Wandaufbau W10 – Ergebnisse</b>			
			
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 2</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK19	statisch	Risse zwischen Blendrahmen und Putz. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden.	ja
	dynamisch	Keine weiteren Risse oder Schäden, Prüfung bestanden.	ja
PK20	Manuell – Ecklager	Vorab Befestigung oben entfernt, seitlich statt Direktmontageschraube AMO Combi gesetzt und unten 2x druckfeste Hinterfüterung unterlegt. Am Ende der Prüfung sind alle Verriegelungen im Eingriff, keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Scherenlager	Blendrahmen in Gehrung gerissen, alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 2</b>			
PK19	Befestigung	Drahteckwinkel entfernt, eine Schraube freigelegt. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Wandfläche	27 x 8 cm Putz und Ziegel entfernt bei max. 10 cm Tiefe. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>			
PK21	Befestigung unten	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK20/ PK21	Pfeiler zwischen PK20 und PK21	Zwei Spalte über gesamte Pfeilerbreite geschaffen, nur partiell Durchbruch nach Hinten. Keine durchgangsfähige Öffnung.	ja
PK22	Befestigung unten	Keine Schäden an der Sturzoberfläche. Schrauben können nicht freigelegt werden. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK23	Befestigung seitlich und unten	Die unteren Schrauben lassen sich verbiegen, dennoch konnte keine durchgangsfähige Öffnung geschaffen werden.	ja

### 4.3.3 Wandaufbau W11

**Tabelle 45** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W11

<b>Wandaufbau W11 – Ergebnisse</b>			
			
Angriff auf Befestigung bandseitig, PK24		Angriff auf Befestigung bandseitig, PK25	
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 3</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK24	Statisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste. Nach hinten leicht verbogene Montagekonsole. Blendrahmen hinten unten rechts angebrochen. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden.	ja
	Dynamisch	Leichter Riss in Blendrahmenecke hinten oben rechts. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Griffseite	Blendrahmen gebrochen. Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Ecklager	Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Scherenlager	Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK25	Statisch	Leichte Risse im Blendrahmen hinten unten und zum Putz, Riss in der Verglasung. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden.	ja
	Dynamisch	Bruch der vorderen und der hinteren Scheibe. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden	ja
	Manuell – Griffseite	Blendrahmen gebrochen. Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Ecklager	Verriegelung im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Scherenlager	Blendrahmen gebrochen, alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>			
PK24	Befestigung bandseitig	Putz und Ziegel bilden kein Widerlager, druckfeste Hinterfütterung verhindert Zugriff auf Befestigungsmittel. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht	ja
	Befestigung griffseitig	Hebelansatz für Kuhfuß ist schlecht, Widerlager bricht weg, Schraube nicht gebrochen Putz und Ziegel bilden kein Widerlager, keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK25	Befestigung bandseitig	Putz und Ziegel bilden kein Widerlager, keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung griffseitig	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
Wandfläche links		Nach Angriff mit Kuhfuß ca. 30 x 15 cm Putz entfernt, nur teilweise Durchbruch nach hinten, keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja

#### 4.3.4 Wandaufbau W12

**Tabelle 46** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W12

<b>Wandaufbau W12 – Ergebnisse</b>			
			
Angriff auf Befestigung bandseitig, PK26			Angriff auf Befestigung griffseitig, PK27
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 3</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK26	Statisch	Risse zwischen Putz und Anputzleiste. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden.	ja
	Dynamisch	Keine erkennbaren Schäden. Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Griffseite	Rahmen teilweise gebrochen, Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Ecklager	Verriegelungen im Eingriff, Blendrahmen gebrochen. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Scherenlager	Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>			
PK26	Befestigung bandseitig	Putz und Ziegel bilden kein Widerlager. Druckfeste Hinterfüterung verhindert Angriff auf Befestigungsmittel. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung griffseitig	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK27	Befestigung bandseitig	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung griffseitig	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja

#### 4.4 Ergebnisse der Wandaufbauten W13-W16

##### Ergebnisse der Wandaufbauten W13-W16

- Widerstandsklasse RC2
  - Die Montage im verwendeten Ziegel (DFK 4/RDK 0,60) führte bei der statischen und dynamischen Prüfung zu deutlichen Ausbrüchen der Ziegel hinter den Befestigungsmitteln. Das Fenster konnte stark nach Hinten ausgelenkt werden. Dennoch konnte das Element die Anforderungen der Widerstandsklasse RC2 erfüllen. Innerhalb der Widerstandszeit konnte durch einen Angriff auf die Befestigungsmittel keine durchgangsfähige Öffnung geschaffen werden. Beim Angriff auf die Wandfläche erweist sich der Putzaufbau allein mit Leichtputz als ausreichend Widerstandsfähig. Auch hier konnte innerhalb der Widerstandszeit keine durchgangsfähige Öffnung geschaffen werden.
  - Beim Angriff auf die Wandfläche im Ziegel mit 24 cm Wanddicke konnte beim Putzaufbau mit Leichtunterputz keine durchgangsfähige Öffnung erzielt werden. Es ist daher naheliegend, dass dieser Putzaufbau auch bei einer Wanddicke von 36,5 cm ausreichen ist.
- Widerstandsklasse RC3
  - Die untersuchten Leibungsziegel haben einen deutlich günstigen Einfluss beim Angriff auf die Befestigung.
  - Im Aufbau mit Ziegel-Rollladenkasten konnte die statische, die dynamische und die manuelle Prüfung erfolgreich absolviert werden. Allerdings zeigte sich bei der statischen Prüfung eine deutliche Auslenkung des Elementes, was auf eine Schlitzung des Ziegels durch die Befestigungsmittel zurückzuführen ist. Die Einbausituation eines RC3 Elementes mit Rollladenkasten, verbunden mit der fehlenden Befestigung nach oben, stellt im kritischen Baugößenbereich einen Grenzfall für den Einbau in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk dar, der ggf. weitere Maßnahmen erfordert. Beim Angriff auf die Befestigung in diesem Wandaufbau mit Leichtunterputz und Gewebespachtelung konnte innerhalb der Widerstandszeit keine durchgangsfähige Öffnung erzielt werden. Der Putzaufbau wird damit als ausreichend in Verbindung mit Widerstandsklasse RC3 beurteilt. Beim Angriff auf den Rollladenkasten konnten innerhalb der Widerstandszeit keine durchgangsfähige Öffnung geschaffen werden.
  - Die Montage im verwendeten Ziegel (DFK 4/RDK 0,60) mit einem Putzaufbau mit Leichtunterputz und darauf Gewebespachtelung führte bei der statischen Prüfung zu einer deutlichen Auslenkung des Elementes und bei der dynamischen Prüfung zu einem Verbiegen der Montagekonsolen nach Hinten. Trotz der Auslenkung konnte das Element die Anforderungen der Prüfungen erfüllen. Beim Angriff auf die Befestigungsmittel konnte keine durchgangsfähige Öffnung geschaffen werden. Beim Angriff auf die Wandfläche konnte eine durchgangsfähige Öffnung geschaffen werden. Dies wird auf die geringe Druckfestigkeit der Ziegel zurückgeführt, die bei der Materialprüfung ermittelt wurde. Damit wird eine Montage einbruchhemmender Elemente der Widerstandsklasse RC3 erst in Ziegel ab Druckfestigkeitsklasse 6 empfohlen in Verbindung mit dem dargestellten Putzaufbau.



- Beim Angriff auf die Wandfläche im Ziegel mit 24 cm Wanddicke kann beim Putzaufbau mit Leichtunterputz eine Größere als die definierte durchgangsfähige Öffnung erzielt werden. Beim Putzaufbau mit einer zusätzlichen Gewebespachtelung konnte eine durchgangsfähige Öffnung erzielt werden, ebenso beim Putzaufbau mit zwei Gewebeeinlagen. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass bei einer Wanddicke von 36,5 cm eine Gewebelage ausreichend ist, um das Schaffen einer durchgangsfähigen Öffnung zu verhindern.

#### 4.4.1 Wandaufbau W13

**Tabelle 47** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W13

Wandaufbau W13 – Ergebnisse			
			
Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3			RC erreicht?
PK28	Befestigung links	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung rechts	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK29	Befestigung links	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung rechts	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja

#### 4.4.2 Wandaufbau W14

**Tabelle 48** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W14

<b>Wandaufbau W14 – Ergebnisse</b>			
			
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 3</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK32	Statisch	Blendrahmen gebrochen, Flügelrahmen gerissen. Nach wiederholtem Druck tritt der max. Spalt von 6 cm zwischen Blendrahmen und Rollladenführungsschiene im Bereich des Scherenlagers auf. Der Druck führt hier zu starken Putzabplatzungen im Glattstrich hinter der Schraube Richtung Wandinnenseite.	ja
	Dynamisch	Es sind 5 der 6 seitlichen Befestigungsmittel gebrochen, dennoch keine durchgangsfähige Öffnung. Fenster wurde seitlich in die bestehenden Löcher neu verschraubt und verkeilt für Angriff auf Rollladenkasten.	ja
PK33	Manuell – Scherenlager	Alle Verriegelungen im Eingriff, Getriebe ausgelenkt, Blendrahmen intakt. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Griffseite	Alle Verriegelungen im Eingriff, Getriebe ausgelenkt. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Ecklager	Verriegelungen im Eingriff, Getriebe ausgelenkt, Blendrahmen intakt. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK30	Dynamisch	Leichte Abplatzungen des Ziegels nach Hinten an den seitlichen Befestigungsmitteln. Leichte Risse in den Blendrahmen-/Flügelrahmenecken	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>			
PK33	Befestigung	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK31	Befestigung	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK32	Rollladenkasten	Angriff bei geschlossenem Panzer. Hauptprüfung erforderlich. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK33	Rollladenkasten	Hauptprüfung. Angriff bei geschlossenem Panzer. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
PK30	Rollladenkasten	Angriff bei geöffnetem Panzer. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja

### 4.4.3 Wandaufbau W15

**Tabelle 49** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W15

<b>Wandaufbau W15 – Ergebnisse</b>			
			
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 2</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK34	Statisch	Risse zwischen Blendrahmen und Putz. Schraube oben rechts nach hinten verbogen, Abplatzung des Glatstriches hinter der Schraube, ca. 3 cm Spalt zwischen Blendrahmen und Putz. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden.	ja
	Dynamisch	Griffseitig Blendrahmenecken gebrochen und oberes seitliches Befestigungsmittel gebrochen. Ziegel im Bereich der Befestigungsmittel ausgebrochen. Fenster ist oben mit ca. 6 cm stark nach hinten ausgelenkt.	ja
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 3</b>			
PK35	Statisch	Ca. 4 cm Spalt zwischen Blendrahmen und Putz sowie Konsolen stark nach hinten verbogen. An mittlerer Konsole Ziegel ausgebrochen. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden.	ja
	Dynamisch	Flügelrahmenecken links und oben sowie Blendrahmenecke rechts unten gerissen. Konsolen nach hinten verbogen. Griffseitig Glatstrich hinter den Befestigungsmitteln abgeplatzt. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 2</b>			
PK34	Befestigung	Stoß der Steine und Putz behindern beim Ausgraben. Kein ausreichender Hebel zum Brechen der Schraube, da Mauerwerk wegbricht. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
Wandfläche		Öffnung von ca. 10 x 10 cm geschaffen, nicht durchgestochen. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>			
PK35	Befestigung	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
Wandfläche		Durchgangsfähige Öffnung erreicht.	nein

#### 4.4.4 Wandaufbau W16

Tabelle 50 Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W16

Wandaufbau W16 – Ergebnisse		
		
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 2</b>		<b>RC erreicht?</b>
Wandfläche links unten	Ca. 19 x 8 cm der äußeren Wandung des Ziegels entfernt. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>		
Wandfläche links unten	Öffnung von ca. 40 x 33 cm geschaffen. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	nein
Wandfläche mitte	Eine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	nein
Wandfläche rechts	Eine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	nein

#### 4.5 Ergebnisse der Wandaufbauten W17-W19

Bei der Prüfung der Einbruchhemmung der Holzfenster konnten Unterschiede gegenüber den in den vorigen Runden verwendeten Kunststofffenstern beobachtet werden. So verhielten sich die verwendeten Holzfenster bei statischer und dynamischer Belastung steifer als die Kunststofffenster. Daher wurde vermutlich mehr Last auf die Befestigungsmittel und den Befestigungsgrund abgetragen. An einem Wandaufbau, W18, konnte ein Element mehrere Zentimeter nach hinten ausgelenkt werden, was mit Einkerbungen der Ziegel im Bereich der seitlichen Befestigungsmittel verbunden war. Dennoch wurde die statische und die dynamische Prüfung von allen untersuchten Holzelementen bestanden, es lässt sich kein Einfluss der Ziegel auf die Einbruchhemmung der untersuchten Holzelemente ableiten. Auch den normativ geregelten manuellen Angriffen konnten alle verwendeten Holzelemente widerstehen. Die Steifigkeit der Rahmen erschwerte gegenüber den Kunststofffenstern deutlich das Ansetzen der Hebelwerkzeuge zwischen Blend- und Flügelrahmen. Auch hier zeigte sich kein Einfluss des Ziegels auf die Einbruchhemmung der Elemente.

An den Wandaufbauten mit Holzelementen waren keine erweiterten manuellen Angriffe auf die Befestigungsmittel und die Wandflächen nötig, da diese Angriffe an Wandaufbauten mit den gleichen Ziegeln bereits durchgeführt wurden.

Im Wandaufbau W19 mit 24 cm Wanddicke und dem genormten Plan-Hochlochziegel B zeigte der Ziegel in den Normprüfungen keinen Einfluss auf die Einbruchhemmung der Elemente. Abplatzungen der Ziegel im Bereich der seitlichen Befestigungsmittel als Folge der statischen und dynamischen Prüfung ließen sich nicht feststellen. Beim Angriff auf die Befestigungsmittel des RC2 Elementes konnte eine durchgangsfähige Öffnung erreicht werden. Daher muss bei solchen Wandaufbauten schon ab der Widerstandsklasse RC2 ein verstärkter Putzaufbau gefordert werden. Beim Angriff auf die Befestigungsmittel in der Widerstandsklasse RC3 hat sich der verstärkte Putzaufbau hingegen als ausreichend widerstandsfähig erwiesen.



#### 4.5.1 Wandaufbau W17

**Tabelle 51** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W17

<b>Wandaufbau W17 – Ergebnisse</b>			
			
Angriff auf PK37		Angriff auf PK36	
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 2</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK37	Statisch	Keine sichtbaren Schäden. Prüfung bestanden. Keine Abplatzungen der Ziegel im Bereich der Befestigungsmittel.	ja
	Dynamisch	Keine erkennbaren Schäden an Blend- oder Flügelrahmen. Prüfung bestanden. Leichte Abplatzungen am Ziegel im Bereich der Befestigungsmittel.	ja
	Manuell – Griffseite	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Bandseite	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Scherenlager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 3</b>			
PK36	Statisch	Leichte Risse zwischen Blendrahmen und Putz. Keine weiteren Schäden, Prüfung bestanden. Keine Abplatzungen der Ziegel im Bereich der Befestigungsmittel.	ja
	Dynamisch	Keine sichtbaren Risse im Blend- oder Flügelrahmen, Verglasung gesprungen. Prüfung bestanden. Keine Abplatzungen der Ziegel im Bereich der Befestigungsmittel.	ja
	Manuell – Griffseite	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Ecklager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Scherenlager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>			
PK36	Brüstung	Durchgangsfähige Öffnung erreicht.	nein

### 4.5.2 Wandaufbau W18

**Tabelle 52** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W18

<b>Wandaufbau W18 – Ergebnisse</b>			
			
PK38 nach dynamischer Prüfung		PK39 nach manuellem Angriff auf das Ecklager	
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 2</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK38	Statisch	Keine sichtbaren Schäden am Element. Montagekonsolen leicht nach hinten gebogen. Prüfung bestanden. Leichte Abplatzungen im Bereich hinter den Befestigungsmitteln.	ja
	Dynamisch	Keine Schäden am Element. Element nach hinten ausgelenkt, Befestigungsmittel teilweise gebrochen, Ziegel im Bereich der seitlichen Befestigungsmittel teilweise eingekerbt. Prüfung bestanden. Element wird neu befestigt um mit manueller Prüfung fortfahren zu können.	ja
	Manuell – Griffseite	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Ecklager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Scherenlager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 3</b>			
PK39	Statisch	Leichte Risse zwischen Blendrahmen und Putz. Prüfung bestanden.	ja
	Dynamisch	Keine sichtbaren Schäden am Element. Montagekonsolen leicht nach hinten gebogen. Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Griffseite	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Ecklager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Scherenlager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>			
PK39	Brüstung	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja

### 4.5.3 Wandaufbau W19

**Tabelle 53** Ergebnisse der Prüfungen am Wandaufbau W19

<b>Wandaufbau W19 – Ergebnisse</b>			
			
PK40 nach manuellem Angriff auf das Ecklager		PK41 nach manuellem Angriff auf die Griffseite	
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 2</b>			<b>RC erreicht?</b>
PK40	Statisch	Keine sichtbaren Schäden am Element. Leichte Risse zwischen Putz und Anputzleiste. Prüfung bestanden. Keine Abplatzungen am Ziegel im Bereich der Befestigungsmittel.	ja
	Dynamisch	Keine sichtbaren Schäden. Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Griffseite	Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Ecklager	Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Scherenlager	Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht, Prüfung bestanden.	ja
<b>Ergebnisse nach DIN EN 1627 in RC 3</b>			
PK41	Statisch	Keine sichtbaren Schäden am Element. Leichte Risse zwischen Putz und Anputzleiste. Prüfung bestanden. Keine Abplatzungen am Ziegel im Bereich der Befestigungsmittel.	ja
	Dynamisch	Leichte Risse in den Gehrungsecken des Blend- und Flügelrahmens unten. Montagekonsolen leicht nach Hinten gebogen. Prüfung bestanden.	ja
	Manuell – Ecklager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Scherenlager	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Manuell – Griffseite	Alle Verriegelungen im Eingriff. Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 2</b>			
PK40	Befestigung – seitlich	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Befestigung – seitlich/unten	Befestigungsmittel teils gebrochen, teils freigelegt. Durchgangsfähige Öffnung erreicht.	nein
<b>Ergebnisse erweiterter Angriff in RC 3</b>			
PK41	Befestigung	Fenster wurde gelockert, aber keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja
	Brüstung	Keine durchgangsfähige Öffnung erreicht.	ja





## 5 Schlussfolgerung

Die untersuchten Ziegel repräsentieren den Großteil der hochwärmedämmenden Ziegel auf dem deutschen Markt. Auf Grundlage der gesammelten Erfahrungen bei den Versuchen an 19 Wandaufbauten mit insgesamt 41 Fenstereinbauten lassen sich allgemeingültiger Aussagen zur Verwendung einbruchhemmender Bauelemente in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk ableiten. Diese allgemeingültigen Aussagen sind in Tabelle 54 in Form einer Fortschreibung/Ergänzung der Tabelle NA.2 der DIN EN 1627 dargestellt. Die vorgenommenen Ergänzungen zur ursprünglichen Tabelle sind in roter Schrift eingefügt.

Anfang 2018 wurde ein Entwurf der Tabelle, ohne die Angaben zu Mauerwerk mit 240 mm Wanddicke und ohne die Fußnoten zur Brüstungsbildung, beim Normungsausschuss der DIN EN 1627 eingereicht. Die unten abgebildete Version des Tabellenentwurfs wird dem Normungsausschuss noch vorgelegt werden.

Demnach sind, bei einer Wanddicke von mind. 360 mm, auch Ziegel ab Druckfestigkeitsklasse 6 und Rohdichteklasse 0,50 einsetzbar. In den Versuchen ließ sich kein signifikanter Einfluss solcher Ziegel auf die Einbruchhemmung der Elemente feststellen. Allerdings muss, abhängig von der Widerstandsklasse des Bauelementes, noch ein entsprechender Standard-Außenputz ausgeführt werden. Der Außenputz verlängert die Widerstandszeit gegen Angriffe auf die Befestigungsmittel und den Ziegel selbst und ist auf der Wandfläche und in der Leibung aufzubringen und bis zum Blendrahmen zu führen.

Die Montage des einbruchhemmenden Elements hat im mittleren Drittel der Wand zu erfolgen. Ziel ist es hier, mit dem Ziegelmaterial das Befestigungsmittel vor einem Angriff zu schützen bzw. die Widerstandszeit zu erhöhen. Die Montage im mittleren Drittel der Wand stellt bei monolithischem hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk aus wärmetechnischer Sicht den Standard dar, sodass hier keine Widersprüche bestehen.

Bei allen Hochlochziegeln mit Druckfestigkeitsklasse  $\leq 12$  ist in Verbindung mit der Widerstandsklasse RC3 auch die Brüstung bzw. die Lagerfläche des Ziegels unterhalb des Bauelementes mit geeigneten Maßnahmen vor einem Angriff zu schützen. Geeignete Maßnahmen sind z.B. die Anordnung eines gedreht eingebauten Wärmedämmsturzes oder die Anordnung einer massiven Fensterbank. Ein gedrehter Wärmedämmsturz im Brüstungsbereich bietet mehrere Vorteile bei der Fenstermontage. Es wird ein geeigneter Befestigungsgrund für die untere Befestigung von Fensterelementen in Durchsteckmontage geschaffen. Die glatte Oberfläche des gedrehten Sturzes ist geeignet für die Abdichtung des Elementes an den Baukörper. Aus wärmetechnischer Sicht hat der gedrehte Sturz die gleichen Eigenschaften wie der regulär eingebaute Wärmedämmsturz oberhalb des Elementes.

Im Forschungsvorhaben wurden zur Durchsteckmontage Befestigungsmittel verwendet, die bei Standardmontage im seitlichen Bereich ca. 18 cm in den Ziegel eingeschraubt und im oberen Bereich in der Widerstandsklasse RC3 ca. 9 cm in den Ziegelsturz eingeschraubt waren. Der Durchmesser der Befestigungsmittel betrug dabei im Ziegel 7,5 mm, im Blendrahmen 11,5 mm. Zudem wurde bei der Montage der zum Befestigungsmittel zugehörige Dübel verwendet.

**Tabelle 54** Vorschlag zur Erweiterung der Tabelle NA.2

Widerstands- klasse des Bauteils nach DIN EN 1627	Umgebende Wände aus Mauerwerk nach DIN 1053-1 <b>oder</b> DIN EN 1996			
	Wanddicke (ohne Putz) mm	Druckfestigkeits- klasse der Steine (DFK)	Rohdichte- klasse der Steine (RDK)	Mörtelgruppe und Außenputz <sup>e)</sup>
RC 1 N RC 2 N RC 2	≥ 115	≥ 12	-	min. MG II / DM
	≥ 240 <sup>b) f)</sup>	≥ 6 <sup>b) f)</sup>	≥ 0,8 <sup>b) f)</sup>	min MG II / DM sowie Außenputz <sup>d)</sup>
	≥ 360 <sup>b)</sup>	≥ 6 <sup>b)</sup>	≥ 0,50 <sup>b)</sup>	min MG II / DM sowie Außenputz <sup>c)</sup>
RC 3	≥ 115	≥ 12	-	min. MG II / DM
	≥ 240 <sup>b) f)</sup>	≥ 6 <sup>b) f)</sup>	≥ 0,8 <sup>b) f)</sup>	min MG II / DM sowie Außenputz <sup>d)</sup> und geeignete Brüs- tungsausbildung <sup>g)</sup>
	≥ 360 <sup>b)</sup>	≥ 6 <sup>b)</sup>	≥ 0,50 <sup>b)</sup>	min MG II / DM sowie Außenputz <sup>d)</sup> und geeignete Brüs- tungsausbildung <sup>g)</sup>
RC 4	≥ 240	≥ 12	-	min. MG II / DM
RC 5	≥ 240	≥ 20	≥ 1,8	DM
RC 6	≥ 240 <sup>a)</sup>	≥ 20	≥ 1,8	DM
<sup>a)</sup> Anwendbar auf Formate der Höhe 238 mm, 498 mm, 623 mm und 648 mm				
<sup>b)</sup> <b>Gültig für Planziegel nach EN 771-1 oder allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung. Montage des Bauteils im mittleren Drittel der Wand.</b>				
<sup>c)</sup> <b>Erforderlich sind außen mind. 20 mm Leichtputz Typ II der Druckfestigkeit CS II</b>				
<sup>d)</sup> <b>Erforderlich sind außen mind. 20 mm Leichtputz Typ II der Druckfestigkeit CS II und zudem mindestens 5 mm Leichtputzmörtel der Druckfestigkeit CS III mit eingelegtem Armierungsgewebe als Oberputz</b>				
<sup>e)</sup> <b>Der Außenputz ist auf der Wandfläche und in der Leibung bis zum Blendrahmen des Fensters aufzubringen</b>				
<sup>f)</sup> <b>Anwendbar nur auf Plan-Hochlochziegel mit Lochung B nach DIN 20000-401</b>				
<sup>g)</sup> <b>Eine geeignete Brüstungsausbildung ist z.B. die Anordnung eines gedreht eingebauten Wärmedämmsturzes, die Anordnung einer massiven Fensterbank etc.</b>				

Wie sich in den zahlreichen Versuchen gezeigt hat, haben nicht nur die Ziegel und die Elemente selbst Einfluss auf die Einbruchhemmung. Auch die Art der Montage und die verwendeten Befestigungsmittel können erheblichen Einfluss haben. In DIN EN 1630 wird diesbezüglich auf die Verantwortung des Herstellers hingewiesen in der Montageanleitung auch eine Anleitung zur Befestigung des Produktes bereitzustellen, die für die Widerstandsklasse der Einbruchhemmung geeignet ist.

Es wird daher empfohlen, Befestigungsmittel für eine Eignung hinsichtlich der Montage von einbruchhemmenden Fenstern und Türen in hochwärmedämmendem Mauerwerk separat zu qualifizieren. Hierfür sollten Einbruchversuche nach DIN EN 1627 ff mit Angriff auf die Befestigungsmittel an einer Wand aus Großkammersteinen als auch an einer Wand mit filigranen



Ziegeln durchgeführt werden. Als Fenster sollten möglichst kleine Elemente gewählt werden, um eine geringe Anzahl von Befestigungsmitteln zu erhalten.

Die Erfahrungen aus dem Forschungsvorhaben zeigen, dass eine Fenstertür einem Angriff aufgrund der höheren Anzahl seitlicher Befestigungspunkte länger widerstehen kann, als ein kleinformatisches Fenster mit nur wenigen seitlichen Befestigungspunkten. In der Widerstandsklasse RC3 sollten seitlich mindestens je zwei Befestigungsmittel angeordnet werden um die Widerstandszeit bei einem Angriff auf die Befestigungsmittel zu erhöhen. Allgemein gilt, dass mit steigender Anzahl der Befestigungsmittel die Widerstandszeit beim Angriff auf die Befestigungsmittel steigt.

Leibungsziegel haben sich als deutlich positiv beim Angriff auf die Befestigungsmittel erwiesen. Als Leibungsziegel werden im Forschungsvorhaben Ziegel verstanden, die im Gegensatz zum Wandbildner und zu gewöhnlichen Anfängersteinen ein verändertes Lochbild und/oder andere Außenwand/Stegdicken und/oder eine erhöhte Druckfestigkeit aufweisen. Bei Verwendung von Leibungsziegeln kann in der Widerstandsklasse RC3 allerdings nicht auf den verstärkten Putzaufbau verzichtet werden. Dieser wird zum Schutz der Wandfläche weiter benötigt.

Es wurde festgestellt, dass die Breite der Montagefuge unterschiedlich Einfluss nimmt auf die Widerstandsdauer des Versuchsaufbaus. Eine breite Montagefuge bietet zunächst mehr Raum, um das Angriffswerkzeug zu positionieren. Dennoch hat sich in zwei Versuchen die größere Breite (30 mm anstelle 15 mm Fugenbreite) für die Einbruchhemmung als positiv erwiesen. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens lassen sich damit z.B. in der Sanierung, wo häufig breitere Montagefugen ausgeführt werden, zumindest auf Montagefugen bis 30 mm übertragen.

In Verbindung mit der Widerstandsklasse RC3 wurde der Blendrahmen der Elemente druckfest hinterfüllt. Dies wirkt einem Aushebeln des Flügelrahmens aus dem Blendrahmen entgegen. Zudem hat sich im Forschungsvorhaben gezeigt, dass es vorteilhaft ist, das Befestigungsmittel durch die druckfeste Hinterfüllung hindurchzuführen. Denn beim Angriff auf das Befestigungsmittel wird dieses durch das Material der Hinterfüllung geschützt.

Die Untersuchungen an Wandaufbauten mit 24 cm Wanddicke wurden durchgeführt, um Erfahrungen für den Bereich der Sanierung zu erhalten. Im Sanierungsfall werden z.B. die Fenster eines Gebäudes durch neue Fenster ersetzt, die dann höheren Anforderungen an den Wärmeschutz genügen müssen. Häufig wird auch das Niveau der einbruchhemmenden Eigenschaften angehoben. Welches Mauerwerk bei der Sanierung angetroffen wird, ist abhängig vom Baujahr des Gebäudes. Bis in die 1980er Jahre hinein wurden in der Außenhülle überwiegend Ziegel verbaut, deren Druckfestigkeit mindestens der heutigen Druckfestigkeitsklasse 8 entspricht [9]. Dabei kann von mindestens 24 cm Wanddicke ausgegangen werden.

Die Untersuchungen an den Wandaufbauten mit 24 cm Wanddicke, W16 (DFK 6, RDK 0,65) und W19 (DFK 6, RDK 0,80) lassen folgende Einschätzung zu. Für die Widerstandsklasse RC2 ist ein verstärkter Putzaufbau aus Leichtputz und Gewebespachtelung gemäß Tabelle 54 erforderlich. Dieser ist ebenfalls für die Widerstandsklasse RC3 notwendig.

Die Materialkennwerte Druckfestigkeit und Rohdichte sind möglicherweise allein nicht ausreichend, um die Eignung von Ziegeln zur Aufnahme einbruchhemmender Elemente zu beschreiben. So könnten ungewöhnliche Ausbildungen von Außenschale und Stegen, trotz ausreichender Druckfestigkeit und Rohdichte der Ziegel, Einfluss auf die einbruchhemmenden Eigenschaften eines montierten Bauelementes haben. Weichen Ziegelformen und Lochbilder stark von denen ab, die in diesem Forschungsvorhaben untersucht wurden, sind die vorgestellten Ergebnisse nicht anwendbar.

## 6 Danksagung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumordnung gefördert (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-16.14).

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

Besonderer Dank gilt den folgenden Industriepartnern, die das Forschungsvorhaben mit Finanzmitteln, Probekörpern sowie Expertise unterstützt haben:

	<p>PaX AG Neuweg 7 55218 Ingelheim</p>	<p>Dipl.-Ing. Alexander Frank</p>
	<p>Adolf Würth GmbH &amp; Co. KG Reinhold-Würth-Straße 12-17 74653 Künzelsau-Gaisbach</p>	<p>Dr.-Ing. Jürgen H. R. Küenzlen Thorsten Immel Thomas Kuhn</p>
	<p>Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. Reinhardtstraße 12-16 10117 Berlin</p>	<p>Dr.-Ing. Udo Joachim Meyer</p>





## 7 Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN 1627:2011-09, „Türen, Fenster, Vorhangfassaden, Gitterelemente und Abschlüsse – Einbruchhemmung – Anforderungen und Klassifizierung,“ Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2011.
- [2] DIN EN 1628:2016-03, „Türen, Fenster, Vorhangfassaden, Gitterelemente und Abschlüsse – Einbruchhemmung – Prüfverfahren für die Ermittlung der Widerstandsfähigkeit unter statischer Belastung,“ Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2016.
- [3] DIN EN 1629:2016-03, „Türen, Fenster, Vorhangfassaden, Gitterelemente und Abschlüsse – Einbruchhemmung – Prüfverfahren für die Ermittlung der Widerstandsfähigkeit unter dynamischer Belastung,“ Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2016.
- [4] DIN EN 1630:2016-03, „Türen, Fenster, Vorhangfassaden, Gitterelemente und Abschlüsse – Einbruchhemmung – Prüfverfahren für die Ermittlung der Widerstandsfähigkeit gegen manuelle Einbruchversuche,“ Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2016.
- [5] DIN EN 772-1:2011-07, „Prüfungen für Mauersteine – Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit,“ Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2011.
- [6] DIN EN 772-9:2005-05, „Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 9: Bestimmung des Loch- und Nettovolumens sowie des prozentualen Lochanteils von Mauerziegeln und Kalksandstein mittels Sandfüllung,“ Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005.
- [7] DIN EN 772-13:2000-09, „Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 13: Bestimmung der Netto- und Brutto-Trockenrohichte von Mauersteinen (außer Natursteinen),“ Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2000.
- [8] DIN EN 772-16:2011-07, „Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 16: Bestimmung der Maße,“ Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2011.
- [9] U. Meyer und M. Gierga, „Bauen im Bestand - Materialkennwerte von historischem Ziegelmauerwerk,“ *Mauerwerk 16*, pp. 201-205, Heft 4, 2012.



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](mailto:info@ift-rosenheim.de)  
[www.ift-rosenheim.de](http://www.ift-rosenheim.de)

© ift Rosenheim 2019