

Ökologisches Fassadensystem zur Sanierung in der Gebäudeklasse 5

Dipl.-Ing. Clemens Le Levé
Arbeitsbereich Holzbau
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften
Fakultät für technische Wissenschaften
Universität Innsbruck
Innsbruck, Österreich



Dipl.-Ing. Thomas Badergruber
Arbeitsbereich Holzbau
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften
Fakultät für technische Wissenschaften
Universität Innsbruck
Innsbruck, Österreich



Projektleitung:
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Michael Flach
assoz. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Anton Kraler
Arbeitsbereich Holzbau
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften
Fakultät für technische Wissenschaften
Universität Innsbruck

Ökologisches Fassadensystem zur Sanierung in der Gebäudeklasse 5

1. Grundlage und Ziel

Die energetische Sanierung gehört zu den dringendsten Aufgaben nachhaltiger Stadtentwicklung und steht im Mittelpunkt europäischer Demonstrationsprojekte wie Smart City Sinfonia, bei dem Innsbruck und Bozen zu Modellregionen werden sollen [1]. Dem vermehrten Einsatz einer Fassadendämmung aus ökologischen Materialien kommt in Hinsicht auf die Bilanzierung der grauen Energie und der Verwendung lokaler Ressourcen eine erhöhte Bedeutung zu.

Der Arbeitsbereich Holzbau der Universität Innsbruck entwickelt neue Fassaden- und Befestigungssysteme, damit die Sanierung von Wohnbauten und Schulgebäuden mit vorgefertigten und integrierten Fassadensystemen aus heimischem Holz als nachhaltigen Baustoff und weiteren ökologischen Materialien in Zukunft wirtschaftlich und technisch realisierbar wird.

Diverse Forschungs- und Pilotprojekte, wie die TES EnergyFacade [3, 4], die Wohnhausanlage in Augsburg (D) [5, 6] und e80³ in Kapfenberg (Aut) [7] oder die Schulsanierung in Schwanenstadt (Aut) [8] haben in den letzten Jahren gezeigt, dass diese zukunftssträchtige Sanierungsvariante neben der Ökologie auch baupraktische Vorteile besitzt: z.B. die Integration von Fenstern, Lüftung, solaren Modulen in der Vorfertigung, die kurze Bauzeit und die gerüstfreie Montage. Allerdings sind der Realisierung dieser Sanierungsvariante in Bezug auf die Brandschutzanforderungen noch Grenzen gesetzt, da für jedes Projekt aufs Neue ein brandschutztechnisches Gutachten zu erstellen ist, welches wiederum nur für dieses eine Bauvorhaben gilt.

Aus diesem Grund wird im Zuge dieses Forschungsprojektes das Brandverhalten der «low-cost prefab façade» untersucht und als Gesamtsystem klassifiziert. Mit Hilfe dieser Klassifizierung können in Österreich zukünftig Objekte der Gebäudeklasse 4 und 5 mit mehr als sechs Vollgeschossen bis zu einem Fluchtniveau von 22 m mit einem ökologischen System (nachhaltige Materialien: Holz, Holzwerkstoffe und Zellulosefaser) saniert werden, ohne ein gebäudebezogenes brandschutztechnisches Gutachten zu benötigen. Außerdem wird das Erreichen der in der OIB-Richtlinie 2 bereits schon ab der Gebäudeklasse 4 geforderten Schutzziele mit dem Fassadengroßbrandversuch geprüft und bestätigt [2].

Gebäudeklassen (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5	
					≤ 6 oberirdische Geschoße	> 6 oberirdische Geschoße
1 Fassaden						
1.1 Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme	E	D	D	C-d1	C-d1	C-d1
1.2 Fassadensysteme, vorgehängte hinterlüftete, belüftete oder nicht hinterlüftete						
1.2.1 Gesamtsystem oder	E	D-d1	D-d1	B-d1 ⁽¹⁾	B-d1 ⁽¹⁾	B-d1
1.2.2 Einzelkomponenten						
- Außenschicht	E	D	D	A2-d1 ⁽²⁾	A2-d1 ⁽²⁾	A2-d1 ⁽³⁾
- Unterkonstruktion stabförmig / punktförmig	E / E	D / D	D / A2	D / A2	D / A2	C / A2
- Dämmschicht bzw. Wärmedämmung	E	D	D	B ⁽²⁾	B ⁽²⁾	B ⁽³⁾
1.3 sonstige Außenwandbekleidungen oder -beläge	E	D-d1	D-d1	B-d1 ⁽⁴⁾	B-d1 ⁽⁴⁾	B-d1
1.4 Gebäudetrennfugenmaterial	E	E	E	A2	A2	A2
1.5 Geländerfüllungen bei Balkonen, Loggien u. dgl.	-	-	-	B ⁽⁴⁾	B ⁽⁴⁾	B

Abbildung 1: Anforderungen an das Brandverhalten von Fassadensystemen in Österreich [2]

2. Das vorgefertigte Fassadensystem

Bei dem Wandaufbau der «low-cost prefab façade» handelt es sich um ein nicht hinterlüftetes, verputztes Wandelement in Holzrahmenbauweise, welches vor die Bestandswand gestellt bzw. gehängt wird. Dieses Fassadensystem wurde entwickelt, um gerade für mehrgeschossigen Wohnbauten und Schulen, welche meist eine regelmäßige und sich

wiederholende Geometrie aufweisen und bei denen eine kurze Sanierungsdauer gewünscht ist, eine alternative Sanierungsvariante anzubieten. Durch die Minimierung der Schichten und der Einhaltung eines einfachen Wandaufbaukonzepts können durch die rasche Vorfertigung reduzierte Kosten erreicht werden.

Um eine Systemlösung und nicht nur ein Produkt zu erhalten, ist es erklärtes Ziel dieses Projektes, ein weitgehend herstellerunabhängiges Fassadensystem zu klassifizieren, so dass jedes Holzbauunternehmen den Hersteller und das Einzelprodukt wählen kann, welches für das jeweilige Bauvorhaben die optimale Variante darstellt. Dies wird durch die Einbeziehung vieler Hersteller und Produkte ermöglicht, welche für variable Putzsysteme, äußere und interne Beplankungsplatten aber auch für unterschiedliche Dämmstoffe verwendet werden können.

Die «low-cost prefab façade» kann als einseitig oder beidseitig beplanktes Holzrahmenbauelement produziert werden (siehe Abbildungen 2 und 3). Die vordere Beplankung stellt eine mineralische Putzträgerplatte dar, welche immer als Putz-untergrund und gegebenenfalls zu Aussteifungszwecken verwendet werden kann. Sind geringere Anforderungen an den Brandschutz gestellt, könnten auch Putzträgerplatten aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden. Handelt es sich um ein beidseitig beplanktes Element, werden die Gefache im Werk mit dem Dämmmaterial (z.B.: Zellulose) befüllt. Die mehrere Zentimeter breite Anpassungsschicht zwischen Fassadensystem und Bestand wird nach Montage des jeweiligen Fassadenelements mit dem Dämmmaterial hinterfüllt oder es wird bereits im Werk ein duktiler Dämmstoff angebracht, welcher den Spalt durch Anpressen des Fassadenelementes an den Bestand schließt. Bei einem einseitig beplankten Fassadenelement wird der komplette Hohlraum auf der Baustelle gefüllt oder wiederum ein duktiler Dämmmaterial (z.B. Klemmfilz aus Mineralwolle) im Werk angebracht. In beiden Fällen werden das Fassadenelement selbst und die Fassadenöffnungen (z.B. Fenster) mit einem 20 cm breiten Streifen aus nicht-brennbarem Dämmmaterial umrahmt. Einerseits erzielt man dadurch einen geschlossenen Hohlraum, der ausgeblasen werden kann, und andererseits wird dadurch eine Ausbreitung des Brandes von einem Element auf das Andere wirksam eingeschränkt.

2.1. Das Fugendetail

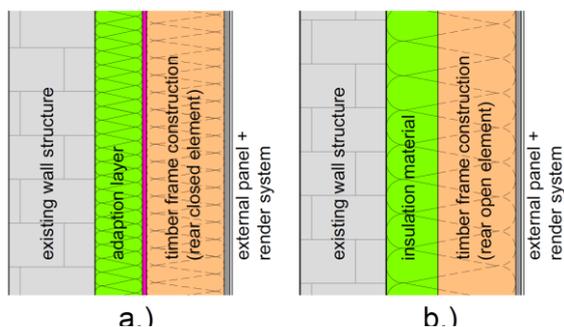


Abbildung 2: Typischer Wandaufbau mit a) beidseitig bzw. b) einseitig beplankten Elementen



Abbildung 3: „low-cost prefab façade“ für den Großbrandversuch nach ÖNORM B 3800-5

Das speziell entwickelte Fugendetail ermöglicht das Verputzen der Fassadenelemente im Werk und somit eine wetterunabhängige gesamtheitliche Vorfertigung des Fassadensystems. Dies ermöglicht das Zusammensetzen der Elemente vor Ort nach dem Baukastenprinzip. Die Horizontal- und Vertikalfugen haben folgenden Aufgaben zu erfüllen:

- ✓ Luft- und Schlagregendichtheit,
- ✓ Übertragung von Horizontal- und Vertikalkräften
- ✓ Aufnahme von Dehnungen und
- ✓ Brandsicherheit

Die **Horizontalfuge** befindet sich üblicherweise im Bereich des Geschossübergangs, kann jedoch auch abhängig von der Gebäudegeometrie und architektonischen Vorgaben frei platziert werden. Die Konstruktion der Horizontalfuge richtet sich nach dem Nut-Feder-Prinzip und übernimmt die Übertragung der Horizontal- und Vertikalkräfte zwischen den Elementen. In Abbildung 4 wird exemplarisch das Horizontalfugendetail mit Elementtrennlinie dargestellt. Die Hinterlegung der Fuge mit nicht brennbaren Plattenstreifen (z.B. Gipsfaserplatten) dient als zusätzlicher Brandschutz der dahinterliegenden Konstruktion. Darüber hinaus dient ein weiterer nicht brennbarer waagrechter Plattenstreifen als brandschutztechnische vertikale Elementtrennung, so dass die Brandweiterleitung wirksam unterbunden wird.

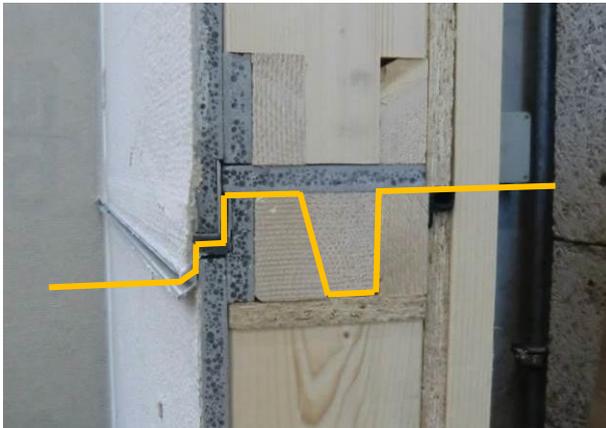


Abbildung 4: Detail der Horizontalfuge mit Elementtrennlinie | mineralische Hinterlegung des Geschosübergangs (dargestellt an einem Prüfkörper der SBI-Versuche | vgl. Kapitel 0)



Abbildung 5: Detail der Horizontalfuge | Putzprofil durch Schwelle geometrisch geschützt (dargestellt an einem mittleren Prüfkörper des Großbrandversuchs | vgl. Kapitel 3.2)

Die sichtbare Horizontalfuge wird mittels speziell adaptierten Putzprofilen hergestellt. Der konstruktive Schutz der Putzprofile, damit dieser sensible Bereich keine Einwirkungen bei Transport und Montage erfährt, wird dadurch gewährleistet, dass die Unterkante der Schwelle immer rund 15 mm tiefer liegt als die Unterkante der Putzprofile. Aufgrund der holistischen Vorfertigung des Fassadensystems ist prinzipiell auf einen beschädigungsfreien Transport und Montage zu achten.

Die Schlagregendichtheit wird durch die Anbringung von vorkomprimierten Fugenbändern vor der Elementmontage gewährleistet. Auf der Fassadenrückseite übernimmt eine P-Dichtung die Abdichtung in der Elementfuge, falls dies durch den Einsatz einer hinteren Beplankung mit dampfbremsender Wirkung als hintere luftdichte Ebene erforderlich ist. Die sichtbare Breite der Horizontalfuge beträgt etwa 10 mm und zeichnet sich dezent als Schattenfuge im Fassadenbild ab (Abbildung 3).

Für die **Vertikalfuge** werden handelsübliche Kunststoff-Aufsteckprofile im Werk auf die Putzträgerplatten gesteckt. Auch hier wird die Fuge wiederum mit einem nicht brennbaren Plattenstreifen hinterlegt. Als Schutz für den Transport sollte bei der überlappenden Trägerplatte eine Schutzleiste angebracht werden. Direkt vor der Montage wird diese abgenommen und wie bei der Horizontalfuge das vorkomprimierte Fugenband auf das Putzprofil aufgeklebt. Die Kraftübertragung und Lagesicherung in der Vertikalfuge wird mit herkömmlichen, in den Ständer eingefrästen Wandverbindern umgesetzt. Die sichtbare Breite der Vertikalfuge beträgt in etwa 5 mm.

Der **Kreuzfugenstoß** ist in Abbildung 6 exemplarisch unverputzt dargestellt. An den Schnittpunkten der Vertikal- und der Horizontalfuge sind T-Stöße oder Kreuzfugenstöße auszubilden. Die hier vorgestellte Kreuzfuge kann ohne jegliche Änderung als T-Stoß im oberen oder unteren Element ausgebildet werden. Damit auch an diesem neuralgischen Punkt kein Wasser eindringen kann, wird vor der Montage der Fassadenelemente des nächsten Geschosses eine Einlage angebracht.

2.2. Das Montage- und Befestigungssystem

Das selbsttragende Fassadensystem kann auf unterschiedliche Art und Weise an das Bestandsgebäude montiert und befestigt werden. So kann dieses, je nach Gebäudestruktur und Material, von oben abgehängt, stockwerkweise angehängt, stockwerkweise eingestellt oder am Sockel bzw. Stahlkonsolen aufgestellt werden.

Die Fassadenelemente können grundsätzlich horizontal oder vertikal ausgerichtet sein, wobei das Eigengewicht in beiden Fällen entweder bis in den Sockel abgetragen oder direkt an den Bestand übergeben werden kann.

Der speziell hierfür entwickelte E.T.-Fassadensystemverbinder, der in der Lage ist, sowohl Vertikal- als auch Horizontallasten zu übertragen und Bautoleranzen in alle Richtungen auszugleichen, bietet sich folglich besonders an. Auf das Befestigungssystem darf hier aus schutzrechtlichen Gründen noch nicht näher eingegangen werden.

3. Brandversuche und Klassifizierung

Der Brandschutz wird in Österreich durch die OIB Richtlinie 2 [2] geregelt, welche 2015 inhaltlich überarbeitet erschienen ist. Im Rahmen dieses Projektes wurde das Brandverhalten und die Einhaltung der Schutzziele der am AB Holzbau der Universität Innsbruck entwickelten «low-cost prefab façade» untersucht und als Gesamtsystem klassifiziert. Sämtliche Brandversuche haben die Zielvorgabe erreicht, womit der Einsatz der «low-cost prefab façade» uneingeschränkt bis zu einem Fluchtniveau von 22 m (Hochhausgrenze) möglich ist.

Zusätzlich zur Klassifizierung des Brandverhaltens wurde ein Fassadengroßbrandversuch durchgeführt um die Einhaltung der brandschutzspezifischen Schutzziele nach OIB Richtlinie 2 darzulegen.

Sämtliche Brandversuche wurden beim IBS - Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GmbH in Linz (Aut) durchgeführt. Die offiziellen Prüf- und Klassifizierungsberichte können am Arbeitsbereich Holzbau der Universität Innsbruck bezogen werden.

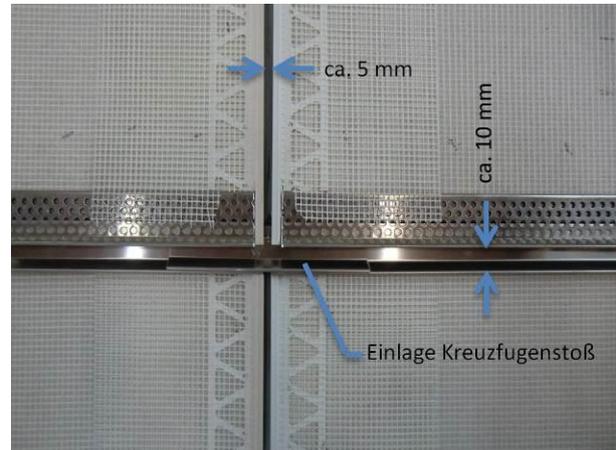


Abbildung 6: Kreuzfugenstoß

3.1. Klassifizierung nach ÖNORM EN 13501-1:2009

Für die Klassifizierung des Bauproduktes nach ÖNORM EN 13501-1 [10] wurden folgende Prüfverfahren durchgeführt:

- ✓ Single Burning Item (SBI) Test nach ÖNORM EN 13823 [11]
- ✓ Small Flame Test nach ÖNORM EN 11925-2 [12]

Zur Klassifizierung in die Klassen A2, B, C und D sind nach ÖNORM EN 13501-1 drei SBI Tests durchzuführen. Der sogenannte Single Burning Item Test simuliert einen brennenden Papierkorb in einer Wandecke. Der Prüfkörper mit dem L-förmigen Grundriss wird in den Abbildungen 7 und 8 dargestellt und darf laut Norm eine Wandstärke von 200 mm nicht überschreiten. Der in der Ecke angeordnete Hauptbrenner (Sandbettbrenner) erzeugt eine Wärmefreisetzungsrate von $30,7 \pm 2,0$ kW. Das Brandverhalten der Probe wird über eine Zeitspanne von 20 min beurteilt. Es werden unter anderem die Wärmefreisetzung, die Rauchentwicklung und das Abtropfverhalten während dem Brandversuch untersucht.



Abbildung 7: Prüfkörper für den SBI Test

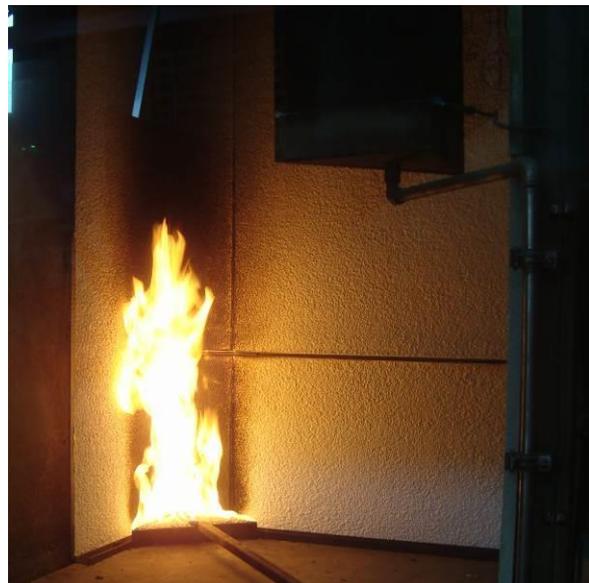


Abbildung 8: Durchführung des SBI Tests

Da es bei diesem Projekt nicht um die Klassifizierung eines bestimmten Bauproduktes, sondern viel mehr um die Klassifizierung einer Systemlösung geht, soll ein weitgehend herstellerunabhängiges Fassadensystem klassifiziert werden. Durch die Einbeziehung vieler Hersteller und Produkte wird die Wahl variabler Putzsysteme, äußerer und innerer Beplankungsplatten aber auch unterschiedlicher Dämmstoffe ermöglicht.

Hierfür wurden im ersten Schritt, nach Abstimmung mit dem IBS, drei Sondierungsprüfungen durchgeführt, wobei die vordere Beplankung und das Putzsystem variieren. Für die restlichen Parameter wie die hintere Beplankung, Dämmung, Wandstärke usw. wurde im Vorfeld in Abstimmung mit dem IBS die «worst case» Variante ermittelt. Mit diesem Wandaufbau wurden zwei weitere Prüfkörper erstellt und die SBI-Tests zur Bestätigung der Ergebnisse durchgeführt.

Rein optisch konnten zwischen den einzelnen Prüfungen nur geringfügige Unterschiede erkannt werden. Sowohl die Horizontal-, als auch die Vertikalfugen leisteten praktisch keinen zusätzlichen Beitrag zum Brand. Größeren Einfluss auf das Ergebnis hatte das Putzsystem mit dem größten organischen Anteil. Bei durchwegs allen Prüfungen ist im kritischen Eckbereich ein Ablösen des Putzsystems von der Putzträgerplatte zu beobachten.

Nach dem Öffnen der Prüfkörper wurde der Zustand der Gefachdämmung überprüft. Die Zellulose direkt hinter der Putzträgerplatte wiesen teils leichte Verfärbungen auf.

Als Ergebnis der drei SBI Sondierungsprüfungen haben alle die Klasse B-s1,d0 erreicht.

Bei den Wiederholungsprüfungen haben sich die Werte für die gesamte Rauchentwicklung (TSP600s) geringfügig verschlechtert, was zur Folge hat, dass das Fassadensystem schlussendlich als B-s2,d0 klassifiziert wird. Die Anforderungen an das Fassadensystem nach der OIB Richtlinie 2 [2]: **Gesamtsystem in B-d1** wird somit erfüllt.

Zusätzlich zum SBI Test muss zur Klassifizierung des Brandverhaltens eines Produktes in B der Einzelflammentest nach ÖNORM EN ISO 11925-2 [12] durchgeführt werden. Nach dieser Norm wird die Entzündbarkeit der Probe bei einer direkt einwirkenden kleinen Flamme geprüft (Flammenhöhe 20 mm). Es wird die Ausbreitung einer kleinen Flamme an der vertikalen Oberfläche der Probe ermittelt. Ob ein brennendes Abtropfen entsteht, wird durch ein darunterliegendes Filterpapier bestimmt, welches sich in diesem Falle entzünden würde. Es sind mindestens sechs Proben für jede Art der möglichen Beanspruchung zu prüfen, wobei jede Probenseite, die in ihrer Anwendung einer Flamme ausgesetzt sein kann zu prüfen ist. Prinzipiell kann zwischen Flächen- und Kantenbeflammung unterschieden werden. Die Beflammungszeit für eine Klassifizierung in Klasse B beträgt nach EN 13501-1 30 Sekunden.

Bei der Auswertung der Prüfung ist zu beobachten, ob eine Entzündung erfolgt, ob die Flammenhöhe eine Flammenausbreitung $F_s \leq 150$ mm innerhalb von 60 s oberhalb des Beflammungspunktes beträgt und ob ein brennendes Abtropfen auftritt, welches das Filterpapier entzündet.

In Abstimmung mit dem IBS Linz werden zur Klassifizierung je sechs Prüfkörper mit und ohne vertikale Fuge getestet. Die Prüfkörper sind in Abbildung 9 und 10 abgebildet. Der Aufbau der Prüfkörper (Putzträgerplatte und Putzsystem) richtet sich an jenen des «worst case» der SBI Sondierungstests.

Alle Prüfungen haben die Bedingungen einer maximalen Höhe der Flammenspitze von 150 mm und keine Entzündung des Filterpapiers erreicht und somit die Anforderungen zur Klassifizierung in B-d0 nach ÖNORM EN 13501-1 erfüllt.



Abbildung 9: Small Flame Test – ohne Fuge – nach erfolgtem Versuch



Abbildung 10: Small Flame Test – mit Fuge – nach erfolgtem Versuch

3.2. Der Großbrandversuch nach ÖNORM B 3800-5

Der Fassadengroßbrandversuch nach ÖNORM B 3800-5 – «Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 5: Brandverhalten von Fassaden» [13] simuliert einen Vollbrand aus einem hinter einem Fenster liegenden Raumes. Es wird davon ausgegangen, dass das darüber liegende Geschoss vollständig im Flammenbereich liegt. Flammenspitzen können auch das zweite Geschoss über dem Fenster erreichen. Dieses zweite über dem Brandherd befindliche Geschoss gilt es folglich zu schützen und eine Brandweiterleitung vor dem und im Fassadensystem muss wirksam eingeschränkt werden. Es darf darüber hinaus keine Gefährdung von flüchtenden Personen und Rettungsmannschaften durch Herabfallen von großen Fassadenteilen entstehen.

Der für den Fassadenbrandversuch verwendete im Grundriss L-förmige Prüfstand hat eine Höhe von 6,0 m und an seiner Innenseite das zu prüfende Fassadensystem. Dabei hat der längere Wandschenkel (Rückwand) eine Länge von mindestens 3,0 m und die kürzere Seitenwand 1,5 m (zzgl. Wandstärke). In der linken unteren Ecke der Rückwand befindet sich eine 1,0 x 1,0 m große Brandkammer. Die simulierte Fensteröffnung muss praxisgerecht an die Brandkammer angeschlossen werden. Die Brandlast stellt eine 25 kg Holz-

krippe dar, welche in der Brandkammer platziert wird. Durch einen kontrollierten Luftstrom aus der Rückwand der Brandkammer wird ein kontinuierlicher Flammenaustritt aus der Brandkammeröffnung sichergestellt.

Die Temperaturentwicklung wird durch Thermolemente vor und im Fassadensystem in unterschiedlichen Höhen (nach Norm) gemessen.

In Abstimmung mit dem IBS-Linz wurde vereinbart, dass die Horizontalfugen der Fassadenelemente, in einer Höhe von 700 mm und 3100 mm oberhalb der Sturzkante platziert sind. Zusätzlich zum Vertikalstoß an der Seitenwand ist auf Wunsch des IBS eine simulierte Vertikalfuge mittig über der Brandkammer angeordnet, um auch hier den «worst case» abzudecken. Der Aufbau des zu prüfenden Fassadensystems wurde so gewählt, dass möglichst variable Dämmstärken und Bauprodukte verschiedener Hersteller abgedeckt werden, damit die Zertifizierung eines sehr breit gefächerten Einsatzes der Fassade ermöglicht wird. Somit wurde für den Großbrandversuch der «worst case» Wandaufbau der SBI-Sondierungsprüfungen gewählt, mit dem Unterschied, dass eine Gefachdämmung bzw. Ständerhöhe von 240 mm und die komplette Fassadensystemstärke von 380 mm gewählt wurde.

Die Fassadenelemente wurden im Werk der Fa. Schafferer Holzbau GmbH vorgefertigt und als Gefachdämmung Zellulose von der Firma Isocell GmbH eingeblasen. Das Putzsystem wurde von einem Facharbeiter der Firma Sto GmbH im Rahmen der Vorfertigung im Werk aufgetragen. Für den Transport nach Linz wurden alle Elemente mit Planen abgedeckt. Mit Hilfe eines Teleskopstaplers wurden in äußerst beengten Verhältnissen innerhalb der Prüfhalle die Fassadenelemente geschossweise montiert. Als Dämmung in der Ausgleichsschicht wurde Zellulose von Facharbeitern der Firma Isocell GmbH eingeblasen.

Die Prüfungsdauer beträgt mindestens 30 Minuten und wird beendet, wenn keine Branderscheinungen am Prüfaufbau und bei den Messfühlern im Inneren der Konstruktionen keine Temperaturanstiege zu erkennen sind. In der Abbildungsreihe a bis h (Abbildung 12) wird der zeitliche Ablauf des Brandversuchs dargestellt und beschrieben. Wie hier zu erkennen ist, leistet die «low-cost prefab façade» nahezu keinen Beitrag zum Brand und alle oben beschriebenen **Schutzziele** werden erfüllt.



Abbildung 11: Entzünden der Holzkippe beim Fassadengroßbrandversuch nach ÖNORM B 3800-5



a) 01'35'': Holzkrippe beginnt gleichmäßig zu brennen.



b) 03'12'': Die Flammen erreichen den Fenstersturzbereich.



c) 05'55'': Die Holzkrippe steht im Vollbrand.



d) 10'03'': Zeitraum der maximalen Flammenhöhe ist erreicht.



e) 12'04'': max. Temperaturdifferenz über Sturz $\Delta T = 921 \text{ K}$



f) 19'39'': Die Holzkrippe beginnt zu zerfallen



g) 24'14'': Geringe Schäden an Fassade sind erkennbar.



h) 30'21'': Prüfung bestanden!!

Abbildung 12: Zeitlicher Ablauf des Fassadengroßbrandversuches nach ÖNORM B 3800-5

Der Flashover ereignet sich nach etwa zwei Minuten. Das entspricht auch dem Zeitpunkt, indem der Lüfter, für den zusätzlichen Verbrennungsluftstrom, zugeschaltet wird. Der vollentwickelte Brand ist zwischen Minute vier und zwölf zu verzeichnen. Nach bereits zwölf Minuten klingt der Brand wieder sehr rasch ab. Die maximale Temperaturdifferenz (bezogen auf die Raumtemperatur im Prüflabor) wird im Sturzbereich nach zwölf Minuten und achtzehn Sekunden mit $\Delta T = 921,3 \text{ K}$ gemessen. Nach 30 Minuten beträgt die Temperatur im Sturzbereich unter 150°C und 250 mm darüber $62,5^\circ\text{C}$. Die Temperaturen, welche innerhalb der Fassade aufgenommen werden, verzeichnen praktisch keinen Anstieg.

Nach dem Brandversuch wurde der Brandherd entnommen. Die Fassade weist außer Risse im Putz und schwarzen Verfärbungen keine Besonderheiten auf. Nach dem Öffnen der Putzträgerplatte ist die Zellulosedämmung intakt vorzufinden. Nur an wenigen Stellen sind Verfärbungen erkennbar. Auch der Vollholzsturz und die Hinterlegung haben den Brandversuch unbeschädigt überstanden.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Im Zuge dieses Projektes wurde das Brandverhalten der am Arbeitsbereich Holzbau der Universität Innsbruck entwickelten «low-cost prefab façade» untersucht und als Gesamtsystem nach ÖNORM EN 13501-1 klassifiziert. Außerdem wird das Erreichen der in der OIB Richtlinie 2 geforderten Schutzziele

- Verhinderung der Brandweiterleitung innerhalb und außerhalb der Fassade
- kein Herabfallen großer Fassadenteile
- keine Gefährdung von Personen

überprüft und bestätigt.

Die dazu erforderlichen Prüfungen wurden am IBS-Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GmbH in Linz durchgeführt. Dabei handelt es sich um folgende Brandversuche:

- SBI Test nach EN ÖNORM EN 13823:2015 [11]
- Small Flame Test nach ÖNORM EN 11925-2:2011 [12]
- Großbrandversuch nach ÖNORM B 3800-5 [13]

Als Ergebnis wurde das **Fassadensystem als klassifiziertes Gesamtsystem in B-d0** eingestuft und die geforderten **Schutzziele** wurden **erfüllt**. Die Prüf- und Klassifizierungsberichte vom IBS Linz können am Arbeitsbereich Holzbau der Universität Innsbruck bezogen werden.

Ausgehend von diesen Untersuchungen besteht die Möglichkeit das «low-cost prefab façade» Fassadensystem auch für weitere Länder in Europa zu verwenden, da die Klassifizierung nach Europäischer Norm durchgeführt wurde, allerdings sind die jeweiligen länderspezifischen Anforderungen zu berücksichtigen. Für die Einhaltung der Schutzziele gibt es staatenabhängig zahlreiche unterschiedliche Prüfungen. In Deutschland wird die Erreichung der Schutzziele nach E DIN 4102-20 [14] geprüft, welche der österreichischen ÖNORM B 3800-5 sehr ähnlich ist. Nach Rücksprache mit dem DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) und mit deutschen Prüfinstituten (MFPA Leipzig) besteht die Möglichkeit die Ergebnisse des durchgeführten Fassadengroßbrandversuches nach ÖNORM B 3800-5 [13] auch für eine Zulassung in Deutschland zu verwenden.

Somit werden die Anforderungen an das Brandverhalten nach OIB Richtlinie 2 erfüllt und das Fassadensystem darf für Gebäude bis einschließlich Gebäudeklasse 5, mit mehr als sechs Geschossen und bis zu einem Fluchtniveau von 22 m (Hochhausgrenze) in Österreich eingesetzt werden ohne ein gebäudebezogenes brandschutztechnisches Gutachten zu benötigen.

5. Danksagung

Diese Publikation wird sowohl aus Mitteln der Doktoratsinitiative DokIn' Holz des Österreichischen Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft und Projektpartner (Cadwork Informatik GmbH, Freisinger Fensterbau GmbH, Isocell GmbH, Obermayr Holzkonstruktionen GmbH, proHolz Tirol, Saint-Gobain Isover Austria GmbH, Schafferer Holzbau GmbH Vinzenz Harrer GmbH), als auch aus Mitteln der Wohnbauförderung Tirol, Neue Heimat Tirol Gemeinnützige WohnungsgmbH, proHolz Tirol gefördert. Zusätzlich bedanken wir uns für die materielle Unterstützung bei Sto GmbH, Fermacell GmbH, Isocell GmbH, Knauf GmbH, Protektorwerk Florenz Maisch GmbH & Co. KG, APU AG, Knapp GmbH.

6. Literatur

- [1] SINFONIA. [Online] <http://www.sinfonia-smartcities.eu/> [Abruf: 20.01. 2017].
- [2] Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsgb.): OIB Richtlinie 2: Brandschutz. Wien, 2015.
- [3] Ott S.; Kaufmann H.; Winter S.; Lattke F.: TES EnergyFaçade prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope, final report. 2010.
- [4] Loebus, S; Werther, N.; Friquin, K.; Tulamo, T.-S.: Fire safety - Innovation in timber construction for the modernisation of the building envelope. Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2014.
- [5] Lattke F.: TES EnergyFaçade: Holzbaulösungen für die Gebäudemodernisierung und –erweiterung. Holzbau Quadriga, 2013.
- [6] Ott S.; Loebus S.; Winter S.; Vorgefertigte Holzfassadenelemente in der energetischen Modernisierung. Bautechnik, 2013
- [7] Höfler, K.; Geier, S.; Knotzer, A.; Venus, D.; Kreiner, H.; Passer, A.; Nussmüller, W.; Weiss, T.; Taschil, V.; Saurer, J.; Liebming, C.; Künz, C.; Brunnader, A.; Lutschouning, K.: e80³ Subprojekt 3: Technologie- und Komponentenentwicklung. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien, 2013.
- [8] Plöderl, H.; Berger, M.; Lang, G.; Muss, C.; Weingartsberger, H.; Krauß, B.; Obermayr H.C.: Erste Passivhaus - Schulsanierung. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien, 2008.
- [9] Teibinger M.; Wolffhardt R.; Polleres S.; Nagl S.; Köberl H.; Taucher D.: Serielle Sanierung für Häuser in Leichtbauweise – Endbericht. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien, 2011.
- [10] ÖNORM EN 13501-1:2009. Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten. Wien, 2009.
- [11] ÖNORM EN 13823:2015. Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten - Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen. Wien, 2015.
- [12] ÖNORM EN ISO 11925-2:2011. Prüfungen zum Brandverhalten - Entzündbarkeit von Produkten bei direkter Flammeneinwirkung - Teil 2: Einzelflammentest. Wien, 2011.
- [13] ÖNORM B 3800-5:2013. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 5: Brandverhalten von Fassaden - Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen. Wien, 2013.
- [14] E DIN 4102-20:2016. Fire behaviour of building materials and building components - Part 20: Particular verification of the fire behavior of cladding for external walls. Berlin, 2016.