

Fassadensystem mit vorgefertigten Holzrahmenbauelementen für den Hochhausbereich

Clemens Le Levé
Institut für Konstruktion und
Materialwissenschaften
AB Holzbau
Universität Innsbruck
Innsbruck, Österreich



Anton Kraler
Institut für Konstruktion und
Materialwissenschaften
AB Holzbau
Universität Innsbruck
Innsbruck, Österreich



Michael Flach
Institut für Konstruktion und
Materialwissenschaften
AB Holzbau
Universität Innsbruck
Innsbruck, Österreich



Thomas Badergruber
Institut für Konstruktion und
Materialwissenschaften
AB Holzbau
Universität Innsbruck
Innsbruck, Österreich



Fassadensystem mit vorgefertigten Holzrahmenbauelementen für den Hochhausbereich

1. Einleitung

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit vorgefertigten Fassadensystemen aus Holzrahmenelementen als Dämmelement für die Sanierung und den Neubau im Hochhausbereich, einem sensiblen Bereich des Brandschutzes.

Im Hochhausbereich spielt der Brandschutz bei Fassadensystemen eine zentrale Rolle. Brände, wie jene beim Grenfell Tower in London im Sommer 2017, wo sich das Feuer innerhalb kürzester Zeit über die Fassade ausbreiten konnte, untermauern die Tragweite von Brandkatastrophen und demonstrieren den dringenden Handlungsbedarf.

Der Einsatz von brennbaren Bauprodukten in der Fassadenkonstruktion von Hochhäusern ist in den meisten Ländern untersagt. In Österreich schreibt die OIB Richtlinie 2.3 für alle Bauteile in und an der Fassade das Brandverhalten A2 vor. Nun stellt sich die Frage, ob vorgefertigte Fassadensysteme in Holzbauweise für den genannten Einsatzbereich so ausgeführt werden können, damit sie trotz des brennbaren Baustoffes Holz als Unterkonstruktion den hohen brandschutztechnischen Anforderungen für den Hochhausbereich entsprechen.

Vorgefertigte Fassadensysteme, welche an einen Neubau oder an den Bestand gehängt werden, haben in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Sie werden großformatig inklusive Dämmung, Fenster, Außenhaut, Haustechnik u.v.m. vorgefertigt und können somit innerhalb kürzester Zeit auf der Baustelle nach dem Baukastensystem an die tragende Bestandsaußenwand montiert werden.

Anhand der wissenschaftlichen Erkenntnisse aus dem Projekt «Ökologisches Fassadensystem zur Sanierung in der Gebäudeklasse 5», welche wir beim 8. HolzBauSpezial Bauphysik HBS 2017 vorstellten, wurde am Arbeitsbereich Holzbau der Universität Innsbruck die Frage gestellt, inwieweit vorgefertigte Holzrahmenbauelemente auch für die thermische Sanierung im Hochhausbereich geeignet sind.

Eine der Kernfragen dabei ist, inwieweit trägt die Unterkonstruktion aus Holz, welche durch Gipsfaserplatten geschützt ist, zum Brand bei. In Abstimmung mit der Bau- und Feuerpolizei des Stadtmagistrats Innsbruck wird ein Schutzziel definiert, dass alle brennbaren Teile so zu schützen sind, dass diese über 90 Minuten keinen bzw. einen vernachlässigbar kleinen Beitrag zum Brand leisten. Anhand dieser Anforderung werden unterschiedliche Lösungsvarianten auf ihre Tauglichkeit untersucht und miteinander verglichen. Vom optimierten vorgefertigten Fassadenelement wird ein nach Normgröße vorgeschriebener Probekörper erstellt und entsprechend einer Feuerwiderstandsprüfung von nichttragenden Wänden nach der Außenbrandkurve thermisch beansprucht. Die Temperaturentwicklungen in der Holzunterkonstruktion und auf der feuerabgewandten Seite werden mittels Thermoelementen aufgezeichnet und ausgewertet. Aufbauend auf den Brandversuch besteht zudem die Möglichkeit, den Feuerwiderstand des vorgefertigten Fassadensystems in Holzbauweise als nichttragende Außenwandkonstruktion für einen Zeitraum von 90 Minuten zu klassifizieren.

2. Allgemeines

2.1. Brandschutzanforderungen an Fassaden und Außenwänden

Generell gilt festzuhalten, welches Bauteil welche Funktion übernimmt, wie die raumabschließende Wirkung erreicht wird, wie die Brandweiterleitung sowie die Ausbreitung des Rauches und der Beitrag zum Brand begrenzt wird. Dabei müssen die klar definierten

Schutzziele in allen Punkten erfüllt werden. Es sind die generellen Aufbauten als auch die kritischen Punkte, wie Befestigungsanschlüsse bei Fenstern und Türen zu beachten. Bzgl. der Brandschutzanforderungen werden prinzipiell drei Brandszenarien unterschieden, siehe Abbildung 1.

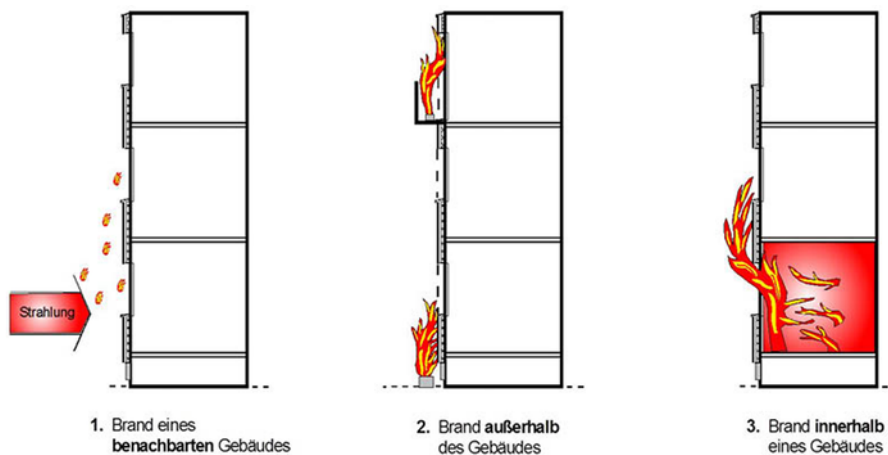


Abbildung 1: Typische Brandszenarien an der Gebäudeaußenwand [1]

- Funkenflug und Strahlung aufgrund eines Brandes im Nachbargebäude – Abb. 1-Links
- Brand außerhalb des Gebäudes (z.B. brennender Mistkübel) – Abb. 1 – Mitte
- Brand innerhalb des Gebäudes und Flammenaustritt aus Gebäudeöffnungen – Abb.1-rechts

2.2. Anforderung an das Brandverhalten in Österreich

Bereits ab der GK 4 (Fluchtniveau 11 m) und natürlich auch bei GK 5 (Fluchtniveau 22 m) gilt bei Fassaden, dass eine Brandweiterleitung über die Fassade wirksam eingeschränkt werden muss. In der OIB Richtlinie 2 und 2.3 werden dazu die Schutzziele für die gängigsten Fassadentypen aufgelistet. In der genannten Richtlinie sind zudem die allgemeinen Anforderungen an das Brandverhalten und deren Komponenten geregelt und zusammengefasst – siehe Tabelle 1. Für Hochhäuser gilt, dass alle nichttragenden Außenwandbauteile mindestens das Brandverhalten A2-d1 aufweisen müssen, d.h. grundsätzlich dürfen keine brennbaren Materialien verwendet werden.

Tabelle 1: Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten nach OIB Richtlinie 2 und 2.3 [2,3,4]

Gebäudeklassen (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5		Hochhaus
					≤ 6 OG	> 6 OG	Fluchtniveau >22m
Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten von Fassaden							
Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme	E	D	D	C-d1	C-d1	C-d1	A2-d1
Fassadensysteme, vorgehängte hinterlüftete, belüftete oder nicht hinterlüftete							
Gesamtsystem <i>oder</i>	E	D-d1	D-d1	B-d1 ⁽¹⁾	B-d1 ⁽¹⁾	B-d1	A2-d1
Einzelkomponenten							
- Außenschicht	E	D	D	A2-d1 ⁽²⁾	A2-d1 ⁽²⁾	A2-d1 ⁽³⁾	A2-d1
- Unterkonstruktion stabförmig / punktförmig	E / E	D / D	D / A2	D / A2	D / A2	C / A2	A2 / A2
- Dämmschicht bzw. Wärmedämmung	E	D	D	B ⁽²⁾	B ⁽²⁾	B ⁽³⁾	A2
sonstige Außenwandbekleidungen oder -beläge	E	D-d1	D-d1	B-d1 ⁽⁴⁾	B-d1 ⁽⁴⁾	B-d1	A2-d1
nichttragende Außenwandbauteile	-	-	-	-	-	-	A2-d1
Gebäudetrennfugenmaterial	E	E	E	A2	A2	A2	A2
Geländerfüllungen bei Balkonen, Loggien u. dgl.	-	-	-	B ⁽⁴⁾	B ⁽⁴⁾	B	A2

(1) Es sind auch Holz und Holzwerkstoffe in D zulässig, wenn das Gesamtsystem die Klasse D-d0 erfüllt;

(2) Bei einer Dämmschicht/Wärmedämmung in A2 ist eine Außenschicht in B-d1 oder aus Holz und Holzwerkstoffen in D zulässig;

(3) Bei einer Dämmschicht/Wärmedämmung in A2 ist eine Außenschicht in B-d1 zulässig;

(4) Es sind auch Holz und Holzwerkstoffe in D zulässig;

Die Unterschiede für den Hochhausbereich zum bereits klassifizierten Fassadensystem von der Universität Innsbruck, AB Holzbau, für die Gebäudeklassen 4 und 5 sind:

- Der Schmelzpunkt der Dämmung muss $\geq 1000^\circ \text{C}$ sein – z.B. Mineralwolle
- Das Fassadensystem wird nicht verputzt sondern mit einer für den Hochhausbereich zugelassenen hinterlüfteten Fassade ausgeführt.
- Die Holzrahmenkonstruktion muss durch nichtbrennbare Platten so geschützt sein, dass sie keinen Beitrag zum Brand liefert.

Die Brandschutzziele an Fassaden von Hochhäusern ähneln ansonsten den Zielen für Fassaden der Gebäudeklassen 4 und 5. Diese sind wie folgt definiert.

- Maximale zulässige Brandausbreitung des Feuers über die Fassade bis zum zweiten Stockwerk über der Brandquelle.
- Es muss verhindert werden, dass Fassadenteile herabfallen.
- Es darf keine Gefahr für flüchtende Menschen und Rettungsmannschaften bestehen.

Darüber hat die Gebäudeaußenwand auch einen Beitrag zum Feuerwiderstand zu leisten. Dieser ist in Österreich wie folgt geregelt, siehe Tabelle 2.

Tabelle 2: Anforderungen an den Feuerwiderstand von Geschossdecken und Außenwänden

Anforderungen an den Feuerwiderstand von Geschossdecken und Außenwänden bei Gebäuden der Gebäudeklasse 5 mit mehr als 6 Geschossen und Hochhäusern		
Bauteil	Beanspruchung	Anforderung
Geschoßdecke	von oben bzw. unten	REI 90 und A2
Außenwand	von innen	(R) EI 90 _(i→o) und A2
	von außen	(R) EI 90-ef _(i←o) und A2

Anmerkung: In Gebäudeklasse 5 wird für Wände im und Decken über dem obersten Geschoss (R) EI 60 gefordert ef «external fire» steht für Außenbrandkurve; «i→o» bzw. «i←o» zeigt die Brandbeanspruchungsrichtung an.

3. Fassadensystem mit vorgefertigten Holzrahmenbauelementen für den Hochhausbereich

Die Hauptaufgabe in diesem Projekt liegt darin, eine brandschutzsichere Anwendung von vorgefertigten Holzrahmenbauelementen für den Hochhausbereich mit einem Fluchtniveau von $\geq 22 \text{ m}$ zu entwickeln. Der Nachweis über die Brandbeständigkeit, zufolge Brandbeanspruchung von Außen, wird durch einen Brandversuch erbracht.

Das vorgefertigte Holzrahmenfassadensystem wird als nicht tragendes Dämmelement an die tragende Außenwand für die Sanierung bzw. auch für den Neubau eingesetzt. D.h. großflächige Elemente werden mit einem ebenfalls von der Universität entwickelten Fassadenverbinder wie Bilderrahmen an die Wand gehängt [15].

Als Abweichung des Fassadensystems, bezogen auf die Anforderungen in Österreich, ist vor allem die linear angeordnete Holzunterkonstruktion in D-s2, d0 als brennbares Material zu nennen. Da für solche Abweichungen keine normative Regelung besteht wird in Abstimmung mit den örtlichen Behörden (Stadtmagistrat Innsbruck, Abteilung Bau- und Feuerpolizei) vereinbart, dass alle brennbaren Bauteile (Unterkonstruktion aus Holz) so geschützt werden müssen, dass sie keinen bzw. einen vernachlässigbaren Beitrag zum Brand liefern während der geforderten Feuerwiderstandszeit von 90 Minuten. Um dieses Kriterium nachzuweisen, wird an der akkreditierten Prüfstelle dem IBS-Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung in Linz folgendes Prüfzenario durchgeführt.

Der Prüfkörper (3 m hoch, 4 m breit) wird nach ÖNORM EN 1363-1, -2 [5, 6] und ÖNORM EN 1364-1[7] entsprechend der Feuerwiderstandsprüfung von nichttragenden Wänden und in Anlehnung an das Kapselkriterium nach ÖNORM EN 13501-2 [8] und ÖNORM EN 14135 [9] geprüft. Da das vorgefertigte Element an eine tragende mineralische Außenwand montiert wird, wird mit dem Brandversuch eine außenseitige Brandbeanspruchung

simuliert. D.h. abweichend zu herkömmlichen Feuerwiderstandsprüfungen wird als Brandeinwirkung die Außenbrandkurve anstatt der Einheitstemperaturzeitkurve herangezogen. Der Verlauf der Außenbrandkurve wird in Abbildung 2 dargestellt und mathematisch beschrieben. Sie entspricht anfänglich näherungsweise der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK), bleibt jedoch ab einer Temperatur von 680°C konstant.

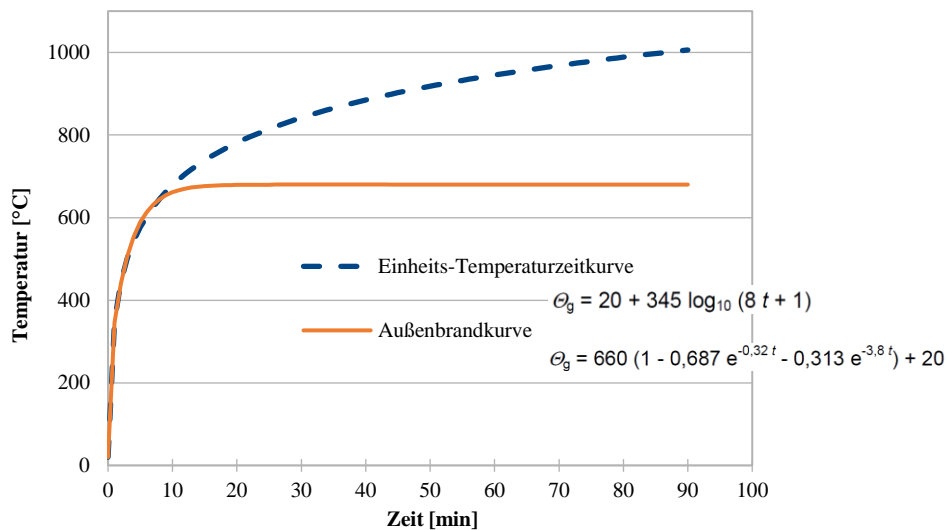


Abbildung 2: Außenbrandkurve verglichen mit der Einheits-Temperaturzeitkurve [6,10,11]

3.1. Numerische Simulation und Aufbau des Versuchskörpers

Aufgrund fehlender Kenntnisse über die «Kapselwirkung» von Gipsfaserplatten unter Beanspruchung mit der Außenbrandkurve wurden in Zusammenarbeit DI Josef Kögel (ehemaliger Mitarbeiter am AB Holzbau) mit dem Finite Elemente Programm «ANSYS» numerische Simulationen durchgeführt, damit eine möglichst exakte Planung der Aufbau-schichten möglich ist, um während 90 Minuten die Holzunterkonstruktion von einer Mitwirkung am Brand zu schützen. Der Aufbau des Prüfkörpers besteht aus zwei Varianten, wie in Abbildung 3 dargestellt.

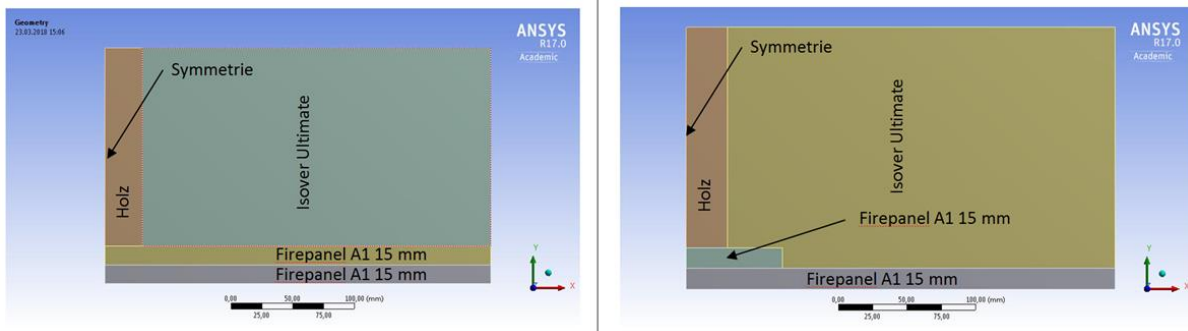


Abbildung 3: Darstellung der Aufbauten als Modell zur Simulation und zur Herstellung des Versuchskörpers

In Abbildung 3 sind die zwei Modelle dargestellt, welche simuliert wurden und im Brandversuch zur Anwendung kamen. Links ist Variante WA1 mit durchgängig doppelter Beplankung aus Gipsfaserplatten dargestellt und rechts die Variante WA2 mit einfacher Beplankung und zusätzlicher Hinterlegung des Ständers mit beidseitig 40 mm Überstand. Eine Hälfte des Versuchskörpers wird mit WA1 und die zweite Hälfte mit WA2 ausgeführt. Durch die Wahl der zwei unterschiedlichen Wandaufbauten in einem Prüfkörper können mit einem Brandversuch zwei Ergebnisse erzielt werden. Allerdings mit dem Risiko, dass wenn der schwächere Wandbauteil (WA2) vor den 90 Minuten Feuerwiderstandsdauer versagt, die gesamte Prüfung wiederholt werden muss. Zu erwähnen ist auch, dass die Feuerwiderstandsprüfung ohne hinterlüftete Fassade durchgeführt wird, dies gewährleistet und ermöglicht im Nachhinein eine flexible und freie Fassadengestaltung. Eine Zulassung für die hinterlüftete Außenhülle ist für den Hochhausbereich ohnehin erforderlich. Der

Prüfkörper wird bei der Firma Schafferer Holzbau GmbH hergestellt. In der folgenden Bilderserie sind ein paar wesentliche Details zur Vorfertigung dargestellt.



Abbildung 4: Vorfertigung der Holzrahmenkonstruktion mit Thermoelementen



Abbildung 5: Detailaufnahme – Lage der Thermoelemente an der Stirn- und Längsseite



Abbildung 6: Gefachdämmung



Abbildung 7: Anbringung 1. Lage Gipsfaserplatten



Abbildung 8: fertiges Element, 2. Lage Gipsfaserplatten



Abbildung 9: Ansicht brandabgewandte Seite

3.2. Versuchsablauf

Der Feuerwiderstandstest wird beim IBS Linz durchgeführt. Wie in den Abbildungen 10 + 11, wird das vorgefertigte Fassadenelement vor Ort in den Versuchsrahmen eingebaut.



Abbildung 10: Ansicht Prüfofen ohne Probekörper



Abbildung 11: Ansicht Prüfofen mit Probekörper

Während der Brandprüfung wurden Umgebungstemperatur, Ofentemperatur, Ofendruck, Verformungen und die Temperatur der 36 Thermoelemente gemäß ÖNORM EN 1363-1 und ÖNORM EN 1364-1 vor und während der Prüfung aufgezeichnet. Der Druck in der Brandkammer wurde so geregelt, dass an der Probekörperoberkante 20 Pascal nicht überschritten werden.

Der Temperaturverlauf in der Brandkammer entspricht der Außenbrandkurve gemäß ÖNORM EN 1363-2 [6], siehe Abbildung 2.

Zusätzlich werden auch der Rauchaustritt aus den Fugen, Risse an den Gipsfaserplatten (so lange als möglich) und die Verfärbung der Dämmung beobachtet und dokumentiert.

Die folgende Bilderreihe zeigt die sichtbaren Veränderungen des Probekörpers beim Brandversuch während den 90 Minuten.

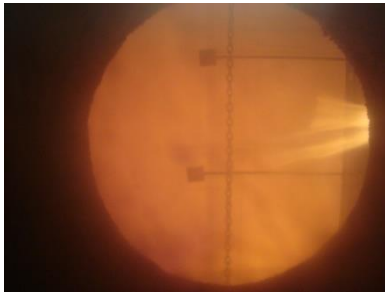


Abbildung 12: Beginn Brandversuch – Blick durch das Beobachtungsfenster



Abbildung 13: Nach 11 Minuten Rauchaustritt zwischen Probekörper und Prüfrahmen



Abbildung 14: nach 40 Minuten – Risse in den Gipsfaserplatten bei WA2 (einfache Beplankung)



Abbildung 15: nach 47 Minuten beginnende Braunverfärbung bei Probekörperhälfte WA2



Abbildung 16: nach 70 Minuten ausgeprägte Braunverfärbung der Mineralwolle bei der Probekörperhälfte WA2



Abbildung 17: Ansicht Probekörper bei Prüfende (90 Minuten), links- WA2-einfache Beplankung, rechts- WA1-doppelte Beplankung

3.3. Visuelle Auswertung nach Prüfende

Wie bei den Abbildungen 15 bis 17 ersichtlich weist der Probekörper auf der feuerabgewandten Seite - links (WA2) mit der einfachen Beplankung eine starke Braunverfärbung auf. Auf der rechten Seite (WA1) ist keine Veränderung fest zu stellen.

Nach Öffnung der Brandkammer ist an der feuerzugewandten Seite, am Prüfkörper folgendes zu erkennen:

Auf der einfach beplankten Seite (WA2) des Probekörpers waren an den Gipsfaserplatten tiefe Risse und Sprünge und Gluterscheinungen im Inneren des Probekörpers erkennbar. Nach dem Entfernen dieser Platten wurden auch an den Holzständern über die gesamte Länge starke Verkohlung und starke Pyrolyseerscheinungen sichtbar.

Auf der doppeltbeplankten Seite (WA1) sind unmittelbar nach dem Brandversuch nur wenige Risse, vor allem auf halber Plattenhöhe, sichtbar. Nach dem Entfernen der Gipsfaserplatten und der Wärmedämmung sind nur im Bereich dieser Risse und der Plattenstöße Verkohlung und Pyrolyseerscheinungen sichtbar. Durch das Öffnen der Gipsfaserplatten nach Prüfende kann in diesen Bereichen zufolge erhöhter Luftzufuhr eine fortschreitende Verkohlung der Holzständer beobachtet werden. Wie in Abbildung 23 ersichtlich ist noch 34 Minuten nach Prüfende ein nachglühen und somit ein fortschreiten der Verkohlung nach Prüfende vorhanden. Trotzdem, dass die Verkohlung nach Prüfende noch über 30 Minuten fortschreitet beträgt der kleinste gemessene Querschnitt, bezogen auf den Ursprungsquerschnitt noch immer ca. 95 %.

Im Anschluss eine kleine Bilderreihe über den Zustand des Prüfkörpers auf der feuerzugewandten Seite.



Abbildung 18: Unmittelbar nach Prüfe - wenige Risse in Gipsfaserplatte - WA1



Abbildung 19: Unmittelbar nach Prüfe - große und viele Risse in Gipsfaserplatte - WA2



Abbildung 20: Öffnung der Beplankung - 6 Minuten nach Prüfe - WA1



Abbildung 21: Öffnung der Beplankung - 6 Minuten nach Prüfe - WA1



Abbildung 22: WA1 - Ansicht Steher hinter doppelter Beplankung - 26 Minuten nach Prüfe



Abbildung 23: WA1 - fortschreitende Verkohlung bei einzelnen Stehern im Bereich Plattenstoß - 34 Minuten nach Prüfe

3.4. Auswertung der Temperaturaufzeichnung

Die Auswertung der Temperaturen hinter der Beplankung erfolgt in Anlehnung an die ÖNORM EN 14135 [9] und ÖNORM EN 13501-2 [8]. Hiermit kann die Fähigkeit einer Brandschutzbekleidung beurteilt werden, welche dahinterliegenden Bauprodukte gegen Schäden während einer definierten Brandbeanspruchung schützt. Dabei darf während der gesamten Prüfzeit die mittlere Temperaturdifferenz um nicht mehr als 250 K im Vergleich zu Anfangstemperatur ansteigen. Die maximale Temperatur darf die Anfangstemperatur um nicht mehr als 270 K überschreiten. Zusätzlich wurden die Leistungskriterien für den Feuerwiderstand einer nichttragenden Außenwand, also sowohl der Raumabschluss E als auch die Wärmedämmung I für eine definierte Zeitdauer überwacht. Hierfür wurde während des gesamten Brandversuches die Temperaturentwicklung auf der brandabgewandten Seite der Außenwandkonstruktion aufgezeichnet und beurteilt. Als Grenze für die Temperaturerhöhung gilt gemäß ÖNORM EN 13501-2 [8] eine mittlere Temperaturerhöhung von 140 K und eine maximale Temperaturerhöhung an beliebiger Stelle von 180 K.

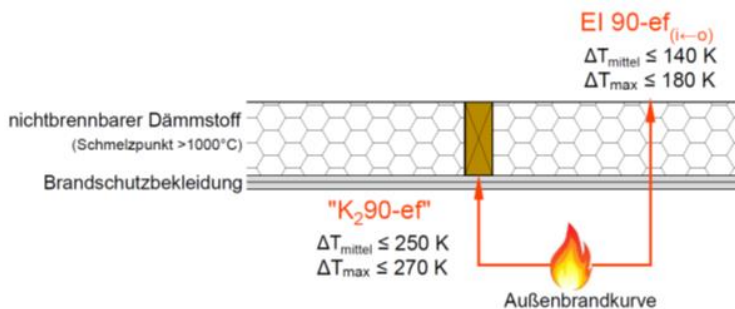


Abbildung 22: Leistungskriterium für den Feuerwiderstand und für die Brandschutzbekleidung [12]

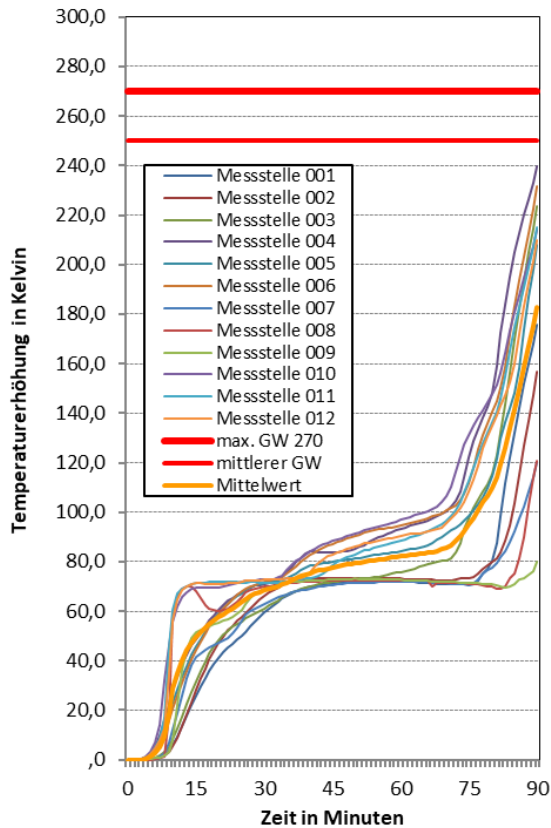


Abbildung 23: Temperaturentwicklung in der Holzunterkonstruktion – WA1 – doppelte Beplankung

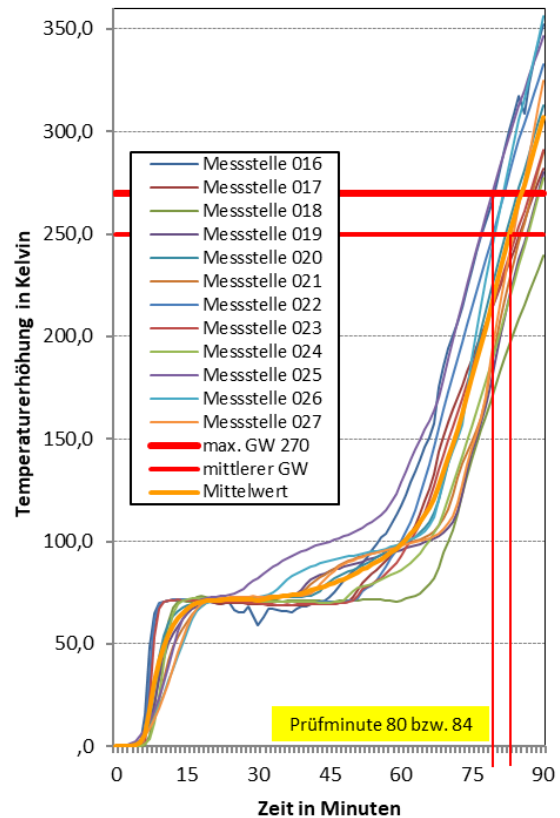


Abbildung 24: Temperaturentwicklung in der Holzunterkonstruktion –WA2 –einfache Beplankung

In Abbildung 23 ist die gemessene Temperaturerhöhung in der Holzunterkonstruktion für den Wandaufbau 1 (WA1), mit doppelter Beplankung, dargestellt. Über die gesamte Prüfdauer von 90 Minuten wurden die geforderten Grenztemperaturen nicht überschritten.

In Abbildung 24 ist die gemessene Temperaturerhöhung in der Holzunterkonstruktion für den Wandaufbau 2 (WA2), mit einfacher Beplankung und zusätzlicher Hinterlegung der Holzständer, dargestellt. Die mittlere Temperaturerhöhung (orange) überschreitet in Prüfminute 84 die Grenztemperaturdifferenz von 250 K. Die maximale Temperaturerhöhung überschreitet in Prüfminute 80 die Grenztemperatur von 270 K.

4. Zusammenfassung und Ausblick

In den bestehenden österreichischen Vorschriften ist die Verwendung von Holz bei Außenwänden im Hochhausbereich nicht zulässig. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollten aber als argumentative Grundlage in einem objektspezifischen, stimmigen Brandschutzkonzept dienen.

Die Untersuchungen zeigen, wie und mit welchen Mitteln eine brennbare Unterkonstruktion in vorgefertigten Fassadensystemen bzw. vorgefertigten nicht tragenden Außenwänden im Hochhausbereich eingesetzt werden kann. Die Brandschutzbewertung der Konstruktion erfolgte über numerische Simulationen und einem Brandtest. Dabei wurde die Temperaturentwicklung auf der nicht Feuerabgewandten Seite und zwischen der Holzunterkonstruktion und den Gipsfaserplatten berücksichtigt.

Die Temperaturen auf der feuerabgewandten Seite wurden ebenfalls gemessen und bewertet. Die Grenztemperaturen von 140 K bzw. 180 K wurden dabei nicht überschritten. Die Wand WA1 ist bereits als EI90-ef_(0→i) klassifiziert.

Für die Bewertung der Brandschutzbeständigkeit gemäß ÖNORM EN 13501-2 [8] der Gipsfaserplatten wurden die Grenztemperaturen gewählt. Der Temperaturanstieg in der Wandkonstruktion WA1 blieb während der gesamten Prüfzeit von 90 Minuten unterhalb der Grenzwerte.

In der Wandkonstruktion WA2 (einfache Beplankung) wurde die maximale Temperaturerhöhung von 270 K nach 80 Minuten erreicht, die mittlere Temperaturerhöhung von 250 K trat in Minute 84 auf.

Nach derzeit geltenden gesetzlichen Bestimmungen sind brennbare Materialien (Holzunterkonstruktionen) im Fassadensystem für den Hochhausbereich verboten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen können aber als argumentative Grundlage in einem objektspezifischen, inhaltlich schlüssigen Brandschutzkonzept herangezogen werden, um die Anwendung von vorgefertigten Fassadensystemen in Holzrahmenbauweise im Hochhausbereich zu ermöglichen.

5. Literatur

- [1] Scheer, C.; Peter, M.: Holz Brandschutz Handbuch. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (Hrsg.); 3. Auflage. Ernst & Sohn, Berlin, 2009.
- [2] Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.): OIB Richtlinie 2: Brandschutz. Wien, 2015.
- [3] Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.): OIB Richtlinie 2, Leitfaden: Abweichungen im Brandschutz und Brandschutzkonzepte. Wien, 2015.
- [4] Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.): OIB Richtlinie 2.3: Brandschutz bei Gebäuden mit einem Fluchtniveau von mehr als 22 m. Wien, 2015.
- [5] ÖNORM EN 1363-1:2012. Feuerwiderstandsprüfungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Wien, 2012.
- [6] ÖNORM EN 1363-2:2000. Feuerwiderstandsprüfungen - Teil 2: Alternative und ergänzende Verfahren. Wien, 2000.
- [7] ÖNORM EN 1364-1:2015. Feuerwiderstandsprüfungen für nichttragende Bauteile - Teil 1: Wände. Wien, 2015
- [8] C ÖNORM EN 13501-2:2016. Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen. Wien, 2016.
- [9] ÖNORM EN 14135:2004. Brandschutzbekleidungen - Bestimmung der Brandschutzwirkung. Wien, 2004.
- [10] ÖNORM EN 1991-1-2:2013. Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke (konsolidierte Fassung). Wien, 2013.
- [11] ÖNORM B 1991-1-2:2003. Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1991-1-2. Wien, 2003.
- [12] Le Levé, C.; Badergruber, T.; Kraler, A.: Ökologisches Sanieren mit verputzten, vorgefertigten Fassadenelementen in der Gebäudeklasse 5 mit mehr als 6 Vollgeschossen. Endbericht. Innsbruck, 2016.
- [13] Le Levé, C.; Badergruber, T.; Kraler, A.; Flach, M.: Ökologisches Fassadensystem zur Sanierung in der Gebäudeklasse 5. In: Forum Holz | Bau | Physik - 8. Holz-BauSpezial. Eigenverlag. Bad Wörishofen. 2017.
- [14] Le Levé, C.; Badergruber, T.; Flach M.: Ökologisch sanieren mit einem neuen Fassadensystem am Beispiel des Mayrhofs in Trins. In: Passivhaustagung 2018. München, 2018.
- [15] Le Levé, C.; Badergruber, T.; Kraler, A.; Flach, M.: Neue Wege in der thermischen Fassadensanierung und ein Systemverbinder zur schnellen und einfachen Montage. In: Der Bauingenieur, Heft 7/8-2018. Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 2018 (to be published)
- [16] Teibinger, M.: Untersuchungsergebnisse beim Brandverhalten von Fassaden. In: OIB aktuell, Heft 3. Wien, 2014.