

Holz kann Holz kapseln - Studentenwohnheim Tübingen

Matthias Gerold
Harrer Ingenieure GmbH
DE-Karlsruhe



Holz kann Holz kapseln – Studentenwohnheim Tübingen

1. Einleitung

Mit Wandkonstruktionen in Holzrahmenbauweise und Deckenelementen in Zellbauweise (Hohlkörper) können komplexe baurechtliche Anforderungen an Brandschutz, Schallschutz und Erbebensicherheit (Zone 3) erfüllt werden. Auch kann auf diese Art ein Energiesparhaus geschaffen werden.

2007 entstand das Studentenwohnheim "Neuhalde" in der Universitätsstadt Tübingen. Eine Mittelspange mit Laubengängen und Fluren erschließt dabei die beiden drei- bzw. viergeschossigen neuen Wohntrakte (Abb. 1 ff.). Im Rahmen der Planung und Ausschreibung erwies sich die Holzbauvariante als wirtschaftlichste Lösung (/8/, /9/, /10/, Abb. 2).

Der brandschutztechnischen Einstufung des Wohnheims (Gebäude mittlerer Höhe, GK 4) entsprechend wurde das Tragwerk in hochfeuerhemmender Bauweise REI 60 ausgeführt. Die Holzdeckenelemente sollten sichtbar bleiben (Stichwort Rohbau = Ausbau) (Abb. 7).

2. Begriffe

2.1. Bauordnungen (MBO/LBO)

In § 2 der Musterbauordnung (MBO) bzw. einer Landesbauordnung (LBO) werden die Gebäude in folgende **Gebäudeklassen**(GK) eingeteilt:

1. Gebäudeklasse 1:
freistehende Gebäude **mit einer Höhe bis zu 7 m** und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m² und freistehende land- oder forstwirtschaftlich genutzte Gebäude.
2. Gebäudeklasse 2:
Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400²,
3. Gebäudeklasse 3:
sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m,
4. **Gebäudeklasse 4:**
Gebäude **mit einer Höhe bis zu 13 m** und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m²,
5. Gebäudeklasse 5:
sonstige Gebäude einschließlich unterirdischer Gebäude.

Mit "Höhe" wird das Maß der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses (in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist) über der mittleren Geländeoberfläche bezeichnet.

In der MBO gibt es noch folgende Definition für **Hochhäuser**:

Hochhäuser sind Gebäude, bei denen die Fußbodenoberkante mindestens eines Aufenthaltsraumes mehr als 22 m über der für das Aufstellen von Feuerwehrfahrzeugen notwendigen Fläche liegt.

2.2. Ausführungsverordnung (...AVO)

Entsprechend der Rechtsvorschrift zur LBO, der LBOAVO, müssen tragende und aussteifende Wände und Stützen in Gebäuden der

Gebäudeklassen 2 und 3	feuerhemmend
Gebäudeklasse 4	hochfeuerhemmend
Gebäudeklasse 5	feuerbeständig

sein. Soweit die Feuerwehr nicht innerhalb der vorgesehenen Hilfsfrist über die erforderlichen Rettungsgeräte verfügt und kein zweiter baulicher Rettungsweg vorhanden ist, müssen bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 mit mehr als 10 m Höhe die tragenden und

aussteifenden Wände und Stützen feuerbeständig sein. Die Gebäudeklassen 4 und 5 gelten u.a. für Geschosse im Dachraum, wenn darüber noch Aufenthaltsräume möglich sind.

Das bei diesem Vortrag als Beispiel betrachtete Studentenwohnheim "Neuhalde" in Tübingen /3/ (Abb. 1) ist gemäß MBO /1/ bzw. LBO BW /2/ in die Gebäudeklasse 4 einzustufen.



Abbildung 1: Studentenwohnheim Neuhalde, Tübingen

2.3. Bauregelliste (BRL)

Die technische Umsetzung der in Abs. 2.1 und 2.2 Anforderungen erfordert eine Zuordnung der bauordnungsrechtlichen Begriffe zu Klassen von Baustoffen und Bauteilen, die sich auf Grund von Brandschutzversuchen nach technischen Regeln (Abs. 2.4) ergeben. Diese Zuordnung ist in der Bauregelliste A Teil 1 /4/ in den Anlagen 01 und 02 wie folgt veröffentlicht:

feuerhemmend:	30 Minuten
hochfeuerhemmend:	60 Minuten
feuerbeständig:	90 Minuten

Die Feuerwiderstandsfähigkeit bezieht sich auf die Funktionen, auf die es im Brandfall ankommt: Für tragende (auch unterstützende) sowie aussteifende Bauteile auf die Standsicherheit im Brandfall - für raumabschließende Bauteile auf deren Widerstand gegen die Brandausbreitung.

Daher war für das Studentenwohnheim (Abb. 2, Abb. 3) eine hochfeuerhemmende Ausführung in **REI 60** vorgeschrieben. Für das vierte Obergeschoss ergibt sich die Anforderung REI 30 (feuerhemmend).

Anmerkung:

R steht für Résistance (Widerstand/Tragfähigkeit) gemäß DIN EN 13501-2 /6/ für tragende Bauteile ohne Raumabschluss; wurde früher in Deutschland mit F für Feuerwiderstand gemäß DIN 4102-2 bezeichnet;
 E steht für Étanchéité (Raumabschluss),
 I für Isolation (Wärmedämmung unter Brandeinwirkung), und
REI somit für **tragende Bauteile mit Raumabschluss**.



Abbildung 2: Bauzustand Holzbau mit eingerüstetem massiven Treppenhaus links hinten



Abbildung 3: Wandkonstruktion Studentenwohnheim in Holzrahmenbauweise

2.4. Anerkannte Regeln der Technik (DIN 4102, DIN EN 13501-1)

Bauteile werden darüber hinaus nach dem Brandverhalten Ihrer Baustoffe unterschieden
Tabelle 1 nachgemäß DIN 4102-1:1998-05 /5/.

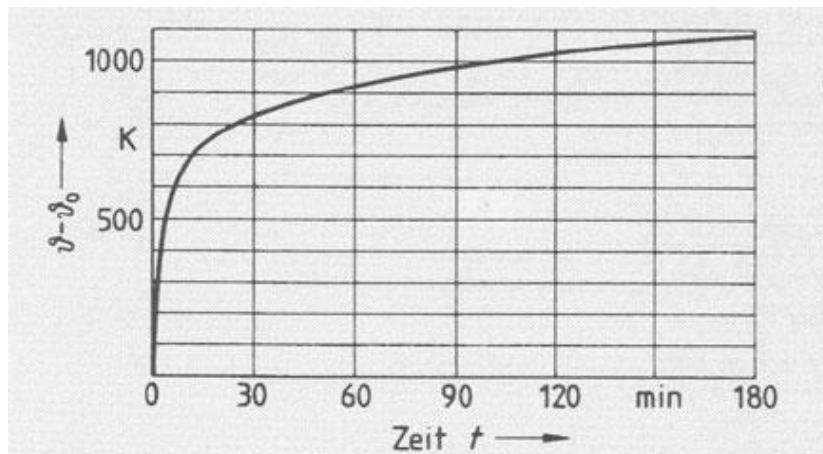
Tabelle 1: Baustoffklassen nach DIN 4102-1:1998-05
sowie DIN EN 13501-1 im Vergleich

Bauaufsichtliche Benennung	Baustoffklasse nach DIN 4102-1	Baustoffklasse nach DIN EN 13501-1
Nicht brennbar	A A1 A2	A1 A2-s1do
Brennbar	B	
Schwer entflammbar	B1	B, C-s1do
Normal entflammbar	B2	D-s3d2, E-d2
Leicht entflammbar	B3	F

Erläuterung: Klasse s1 besondere Anforderungen an Rauchentwicklung
Klasse do kein brennendes Abtropfen oder Abfallen

Die Kurzzeichen und Benennungen dürfen nur dann verwendet werden, wenn das Brandverhalten auf der Grundlage der DIN 4102 ermittelt wurde. Die Ermittlung der Baustoffklassen erfolgt durch Brandprüfungen. DIN 4102-2:1977-09 regelt die Temperaturen im Brandraum (vgl. hierzu Abb. 10 Mitte).

Die in DIN 4102-4:1994-03 genannten Baustoffe sind ohne weitere Brandprüfungen in die dort angegebene Baustoffklasse eingereiht.



Zeit t [min]	Temperatur [K]
0	0
5	556
10	658
15	719
30	82
60	925
90	986
120	1029
180	1090
240	1133
360	1194

Abbildung 4: Einheitstemperaturkurve (ETK) nach DIN 4102-2

Die Klassifizierung von Einzelbauteilen nach DIN 4102-2, Abs. 3 bis 8, setzt voraus, dass die Bauteile, an denen die klassifizierten Einzelbauteile angeschlossen werden, mindestens derselben Feuerwiderstandsklasse angehören.

In DIN 4102-4:1994-03 sind die klassifizierten Baustoffe aufgeführt; z.B. gehören

zur Baustoffklasse A1:

- a) – g) Sand/Kies/Beton/Glas, Lehm/Ton/Ziegel, Steinzeug/keramische Platten, Mineralfasern
- h) Metalle und Legierungen mit Ausnahme Alkali- und Erdalkalimetalle

zur Baustoffklasse A2:

- a) Gipskartonplatten mit geschlossener Oberfläche

zur Baustoffklasse B1:

- a), b) Holzwolle- und Mineralfaser-Mehrschicht-Leichtbauplatten
- c) Gipskartonplatten mit gelochter Oberfläche
- d), e) Kunstharzputze, Wärmedämmputzsysteme
- f) Rohre und Formstücke
- g) Fußbodenbeläge

zur Baustoffklasse B 2:

- a) Holz sowie genormte Holzwerkstoffe mit einer Dicke > 5 mm (Rohdichte $\geq 230 \text{ kg/m}^3$) oder einer Dicke > 2 mm (bei einer Rohdichte $\geq 400 \text{ kg/m}^3$)
- b) Genormte Holzwerkstoffe mit einer Dicke > 2 mm, die vollflächig beschichtet sind
- c) Kunststoffbeschichtete dekorative Flachpressplatten mit einer Dicke $\geq 4 \text{ mm}$
- d) Kunststoffbeschichtete dekorative Holzfaserplatten mit einer Dicke $\geq 3 \text{ mm}$
- e) Dekoratives Schichtpressstoffplatten
- f) Gipskarton-Verbundplatten
- g) Hartschaum-Mehrschicht-Leichtbauplatten

Bei der sog. „AB-Bauweise“ handelt es sich um Bauteile, deren tragende und aussteifende Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

Neu seit 2009 ist die Kategorie hochfeuerhemmend (REI 60), deren tragende und aussteifende Bauteile zwar aus brennbaren Baustoffen (Holz; vgl. Abb. 10 oben) bestehen, das Bauteil aber allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung sowie Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen besitzen. Diese Bekleidung wird technisch konkretisiert durch die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile von Gebäuden der Gebäudeklasse 4 in Holzbauweise.

2.5. Muster-Holzbaurichtlinie M-HFHolzR

Hochfeuerhemmende und raumabschließende Bauteile, deren tragende und aussteifende Teile aus brennbaren Baustoffen bestehen und die allseitig eine Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und Dämmstoffen (Schmelzpunkt > 1000°C) haben, sind nach Anlage 0.1.2 (2009/1) zur Bauregelliste A Teil 1 zum einen für die Feuerwiderstandsklasse REI 60 nach DIN EN 13501-2 nachzuweisen. Zum anderen ist das Brandschutzvermögen der Brandschutzbekleidung zusätzlich nachzuweisen und nach DIN EN 13501-2 mit dem K₂60 (Kapselkriterium) zu klassifizieren.

Des Weiteren ist die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise - kurz M-HFHolzR/7/- zu beachten.

Zum besseren Verständnis werden zunächst die Schutzziele betrachtet, die hinter der Anforderung an die Bekleidung für hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise stehen (inhaltlich aus /11/ entnommen):

"Die Personenrettung durch die Feuerwehr findet gewöhnlich in den ersten 20 Minuten nach der Brandentdeckung statt und ist nicht maßgeblich für diese Anforderung."

"Mit einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung von Holzbauteilen soll in erster Linie eine wirkungsvolle Brandbekämpfung auch in mehrgeschossigen Holzbauten ermöglicht werden. Brände im Innern der Holzbauteile und eine unkontrollierte Brandausbreitung über Hohlräume erschweren einen Löscherfolg. Ein versteckter Weiterbrand hinter der Bekleidung kann ein verzögertes Tragwerksversagen hervorrufen."

Daher ist eine Selbstentzündung des Holzes bei ca. 300°C in Folge austretender Holzgase zu unterbinden. Für Brandversuche wurde der Grenzwert auf 280°C festgelegt auf Grund der vorhandenen Unwägbarkeiten. Abb. 10 in Abs. 3.3 zeigt einen solchen Brandversuch.

3. Klassifizierung Brandschutzvermögen

3.1. Planung / Bauausführung 2007



Abbildung 5: Hohlkasten-Deckenelemente Studentenwohnheim Neuhalde

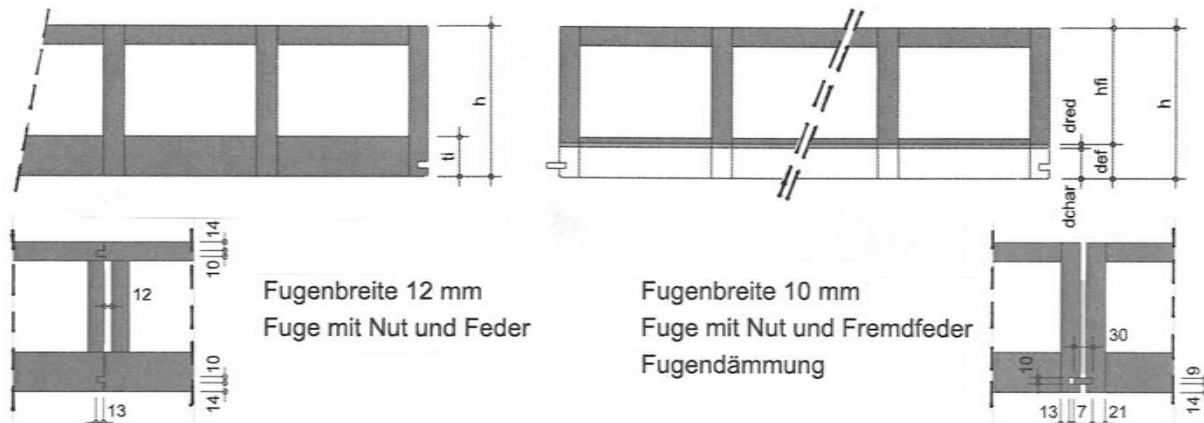


Abbildung 6: LIGNATUR-Hohlkastenquerschnitt Abb. 5 (links oben); Restquerschnitt nach rechnerischem Abbrand von unten (oben rechts, aus /16/), Varianten Fugenausbildung REI 60 zwischen den Elementen (unten)



Abbildung 7: Deckenuntersicht

Bei den Holzständerwänden des Studentenwohnheims in Tübingen (Abb. 5) lösten die Planer diese Aufgabe REI 60 mit einer Doppel-Bepunktung mit 12,5 mm Gipskarton-Feuerschutzplatten (bei den Innenwänden beidseitig; vgl. Abb. 7). Sofern zusätzlich das Kapselkriterium erfüllt werden muss, hat die Ausführung gemäß Prüfzeugnis der MPA Braunschweig /15/ mit Platten der Stärke 18 mm zu erfolgen (vgl. auch Abb. 9).

Die Geschosdecken Abb. 6 erwiesen sich als schwieriger, denn sie waren entsprechend Abb. 5 als sichtbare Holzdecken geplant. Recherchen ergaben, dass die industriell gefertigten Lignatur-Deckenelemente auch dieses Kriterium erfüllten (siehe /13/), da die geschlossenen Hohlkastenelemente deckenunterseitig zwei miteinander verklebte Brett lamellen der Gesamtdicke $d_{ges} = 2 \times 32 = 64$ mm besitzen (Abb. 6 links oben). So wurden durch Brandversuche/13/an der ETH Zürich die Lignatur-REI60-Hohlkastenelemente für die Feuerwiderstandsklasse REI 60 nach DIN EN 13501-2 nachgewiesen. Hierzu wurden die Holztemperaturen in verschiedenen Tiefen der unterseitigen Lamellen gemessen; eine Selbstentzündung im Inneren des hölzernen Hohlkastenquerschnittes fand auch nach 70 Minuten Branddauer nicht statt. Brandschutztechnisch erreichen die Hohlkastenelemente mit der doppelten Fichte-Bepunktung auf der Unterseite REI 60 - auch gab es hierzu ein Prüfzeugnis der MPA Braunschweig/14/, welches jedoch mittlerweile abgelaufen ist und durch die ETA-11/0137 ersetzt ist.

Allerdings sind sie unterseitig unbedeckt, besitzen damit keine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und erfüllen damit formal nicht die zusätzliche Forderung der Klassifizierung nach DIN EN 13501-2 mit K₂60.

3.2. Klassifizierung Hohlkasten-Deckenelemente

Dennoch konnte im vorliegenden Einzelfall – ausgehend von dem Brandversuchsergebnis /13/ - vom Vorliegen einer ausreichenden Brandschutzeigenschaft der Hohlkastenelemente für die Brandschutzanforderung an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise ausgegangen werden:

Da auf den Hohlkasten-Deckenelementen ein Estrich angeordnet wird, findet der Abbrand der Decke nur unterseitig (für die Feuerwehr sichtbar) statt.

Wesentlich ist ferner, dass sich Feuer in den Hohlkammern weder entzünden noch ausweiten kann. Die Hohlkammern (21cm x 100cm) bleiben durch die Stege und Querstege oberhalb der unteren Lamelle in sich geschlossen und nachweislich vom Brand unberührt. Der durchgeführte Brandversuch /13/ zeigte, dass das Hohlkastenelemente bei entsprechender Fugenausbildung (vgl. Abb. 6 unten) die Anforderung an ihre Tragfähigkeit (R) und ihre raumabschließende Funktion (EI) während der vorgesehenen ISO-Normbrandbeanspruchung erfolgreich erfüllt. So lagen durch den verbleibenden, unverkohnten Restquerschnitt der unteren Lamelle die Temperaturen auf der inneren Oberseite der Lamelle selbst nach 70 min Branddauer immer noch unterhalb der Entzündungstemperatur (Temperaturerhöhung im Mittel < 250 K, maximal < 270 K).

Durch die 2011 erteilte Europäische technische Zulassung /16/ kann damit die untere Lamelle der Lignatur-REI60-Hohlkastenelemente – obwohl brennbar – als eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung im Sinne der o.g. Anforderungen angesehen werden.

3.3. Weitere Beispiele von Deckenkonstruktionen

Neben dem Hohlkastenelement Abb. 6 erfüllen zum Beispiel auch das REI60-Rippenelement Abb. 8 sowie die Holzbalkendecke Abb. 9 die vorgenannten Schutzziele, die hinter der Brandschutzanforderung für hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise stehen.

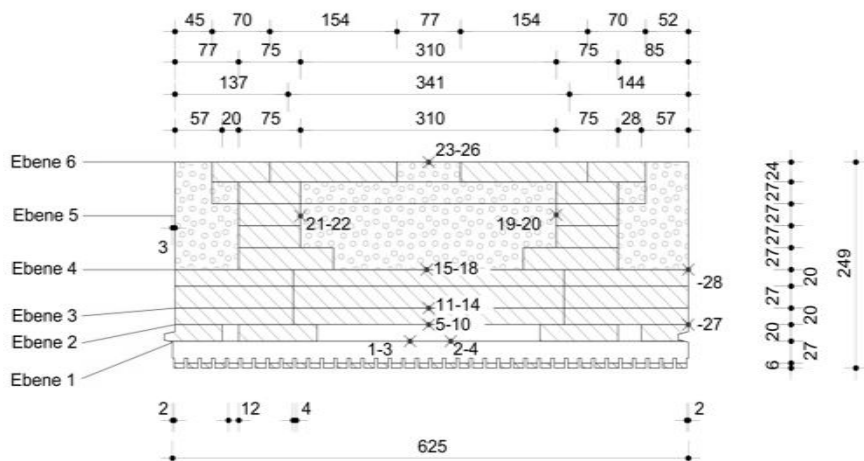
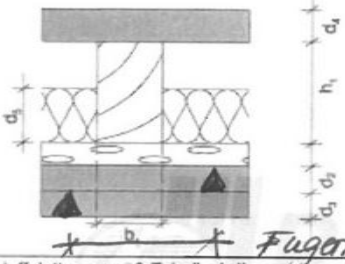


Abbildung 8: Querschnitt LIGNOTREND-Deckenelement „LIGNO Rippe Q2 Akustik Z3p“ mit Detailansicht der Messstellenanordnung (aus /17/)

Tabelle A1: Tragende, raumabschließende Holzbalkendecken REI 60 unter Verwendung von Gipskarton-Feuerschutzplatten mit K₂60-Brandschutzbekleidung.

Zelle	Konstruktionsmerkmale	Holzbalken		Bepanlung(en) und Bekleidung(en) Mindestdicke von			Feuerwiderstands- klasse (bei Brandbean- spruchung von der Deckenunterseite)
		Mindestab- messungen	Mindestdicke von	Holz- werk- stoff- platte ¹⁾	Däm- mung	Gipskarton- Feuerschutz- platten (GKF)	
		$b_1 \times h_1$ mm x mm	d_4 mm	d_5 mm	d_2 mm	d_3 mm	
1	 <p><i>Fugenversatz 300 mm</i></p>	$\geq 80 \times \geq 200$	22,0	≥ 100	18,0	18,0	REI 60

¹⁾ Holzwerkstoffplatten gemäß Tabelle 1 dieses/gemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses.

Abbildung 9: Querschnitt tragende raumabschließende Holzbalkendecke der Saint-Gobain Rigips GmbH (aus /18/)

Das aus Schallschutzgründen splittgefüllte Rippelement Abb. 8 gibt es in verschiedenen Ausführungen – die Akustikunterseite hält nachweislich 15 Minuten dem Brand stand, so dass der übrige Untergurt 45 Minuten lang dem Brand Widerstand leisten muss – ohne dass im Hohlkörperinneren eine Selbstentzündung stattfindet.

3.4. Entwurfsüberlegungen zur Optimierung Hohlkastenelement

Das Deckenelement Abb. 10 besteht aus einem zweizelligen liegenden Hohlkasten: Im Fall der Kaltbemessung bewirkt die unterste, im Vergleich zum Querschnitt Abb. 6 links oben dünnere Lamelle eine hohe Steifigkeit; im Brandfall fällt diese zwar aus – jedoch die mittlere Lamelle wird nun zur neuen tragenden unteren Lamelle. Die Untersuchungen am IBS Linz zeigen, dass die Abbrandgeschwindigkeit von einer Hohlraumfüllung kaum verlangsamt wird; Abb. 10 Mitte zeigt eindrücklich, dass die Wärme das Maß aller Dinge ist: Die Wärme arbeitet sich gleichmäßig durch das Element von unten nach oben – und sind die unterste Lamelle und die Stege bis zur mittleren Lamelle abgebrannt, fängt die gesamte untere Oberfläche der mittleren Lamelle an zu verkohlen. Der entscheidende Unterschied ist aber, dass die Energie, d.h. die Brandlast, die nötig ist, um die Temperatur gemäß ISO-Normbrandkurve im Prüfraum halten zu können, nicht mehr von der brennbaren Deckenkonstruktion selbst herkommt sondern zugeführt werden muss.

Diese Variante weist auf der Unterseite eine brennbare Oberfläche auf und wird auch in der Schweiz somit in die Feuerwiderstandsklasse REI60 eingeteilt, eignet sich jedoch durchaus auch für fünf- und sechsgeschossige Bauten.

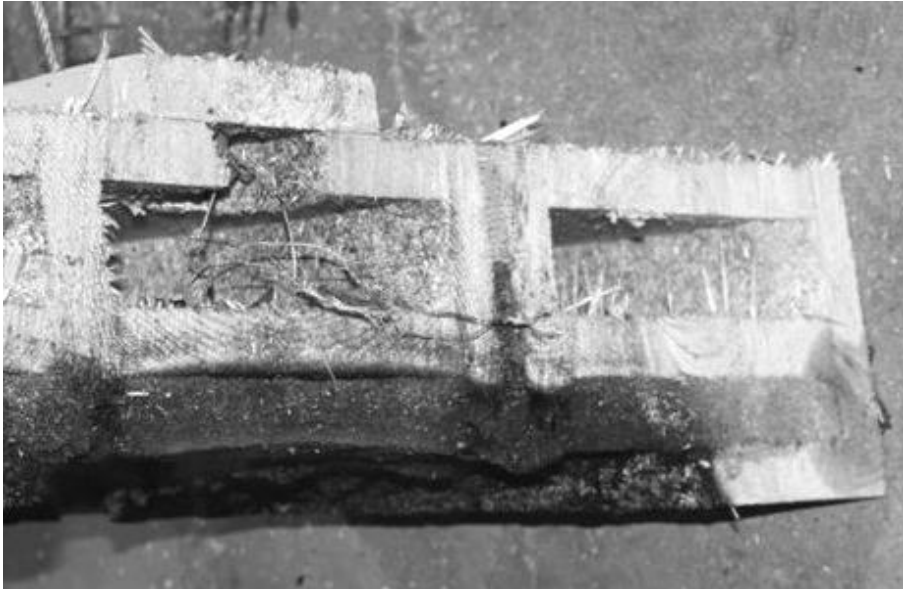
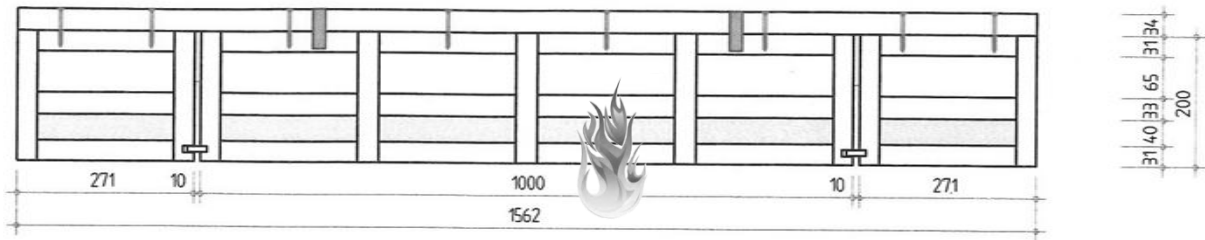


Abbildung 10: Entwurfsüberlegung: Neuer LIGNATUR-Hohlkastenquerschnitt (oben)
Bild des Abbrands nach 60 Minuten (Mitte)
zugehöriges Gesamtelement bei Versuchsende (unten)

In diesem Zusammenhang ist darauf hin zu weisen, dass in Absprache mit der Brandschutzbehörde viele weitere Möglichkeiten wie u.a. durch Anordnung risikogerecht bewerteter Kompensationsmaßnahmen bestehen(vgl. z.B. /11/, /12/).

4. Zusammenfassung / Ausblick

An dem zwischenzeitlich mehrfach publiziertem Studentenwohnheim "Neuhalde" in Tübingen wurde beispielhaft aufgezeigt, dass auch rein hölzerne Hohlkörperdecken die brandschutztechnischen Anforderungen der Muster-Richtlinie über hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise erfüllen können. So werden die in Abs. 2 genannten Anforderungen im vorliegenden Einzelfall von den Deckenelementen erfüllt - insbesondere auch das Kapselkriterium. Dies zeigen auch die Brandprüfungen anderer Hersteller. Sofern allerdings keine

Messergebnisse - den Selbstentzündungsprozess des Holzes im nicht einsehbaren Hohlkörper betreffend - vorliegen, sind entsprechend der Muster-Richtlinie unterseitig nichtbrennbare Baustoffplatten anzubringen oder anderweitige Kompensationsmaßnahmen durchzuführen.

Oberseitig sind die REI60-Hohlkastenelemente gemäß Anlage 0.1.2 zur Bauregelliste A Teil 1 (2009/1) z.B. über 13 mm dicke Spanplatten bzw. 21 mm gespundete Schalung und einen 30 mm dicken Estrichaufbau zu schützen. Die gespundete Schalung kann der Obergurt des Hohlkasten- oder Rippenesementes sein. Alle weiteren Anforderungen der Muster-Richtlinie M-HFH HolzR sind zu beachten; hierzu gehören insbesondere die Anforderungen an Fugen, Dämmungen, Öffnungen für Einbauten, Installationsführungen einschließlich Durchführungen sowie an den Einbau von Elektroinstallationsdosen.

5. Literatur

- [1] MBO Musterbauordnung
- [2] LBO BW Landesbauordnung für Baden-Württemberg
wird laufend aktualisiert,
veröffentlicht im Gemeinsamen Amtsblatt des Landes
- [3] LBOAVO Allgemeine Ausführungsverordnung zur LBO BW
wird laufend aktualisiert,
veröffentlicht im Gemeinsamen Amtsblatt des Landes (17.11.1995)
- [4] BRL Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C
Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin
veröffentlicht in: DIBt Mitteilungen
erscheint mehrfach jährlich aktualisiert
- [5] DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
Teil 1 Baustoffe, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen (Ausgabe 05/98)
Teil 2 Begriffe, Anforderungen und Prüfungen (09/77)
Teil 4 Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter
Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile (03/94)
- [6] DIN EN 13501 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten
zu ihrem Brandverhalten
Teil 1 Klassifizierungen mit den Ergebnissen aus den Prüfungen
zum Brandverhalten von Bauprodukten (01/10)
Teil 2 Klassifizierungen mit den Ergebnissen aus Feuerwider-
standsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen (02/10)
- [7] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmen-
de Bauteile in Holzbauweise - M-HFH HolzR (Fassung Juli 2004)
- [8] EHRING, K. 2007
Feuer und Flamme für Holz.
In: 13. Internationales Holzbau-Forum 2007, Garmisch-Partenkirchen,
Band 1, S. 1-10
- [9] SCHNECK, W. 2008
Feuer und Flamme für Holz.
In: Fachtagung Holzbau für Architekten, Baden-Württemberg, S. 1-11
- [10] GEROLD, M.; Di RISIO, T. 2009
Sicherer Brandschutz mit Holz-Hohlkastenelementen.
In: Bauen mit Holz, H. 4, S. 34 - 37
- [11] DEHNE, M.; KRUSE, D. 2006
Brandschutz bei mehrgeschossigen Holzbauten - Praxiserfahrungen und neue
Entwicklungen.
In: Bauingenieur, Bd. 81, Heft 3, 2006, S. 142

- [12] KAMPMEIER, B.; HOSSER, D. 2011
Grundlagenuntersuchungen für einen Vorschlag zur Überarbeitung der Muster-Holzbaurichtlinie.
In: Bautechnik, Bd. 88, H. 10, S. 677 - 686
- [13] FRANGI, A.; FONTANA, M. 1999
Zum Brandverhalten von Holzdecken aus Hohlkastenelementen.
Forschungsbericht 244 IBK an der ETH Zürich vom Juni 1999 auf Grundlage der Versuche / Prüfbericht EMPA Dübendorf Nr. 109 231 vom 13.01.1989
- [14] Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis P-3325/5982-MPA BS vom 01.10.2002 vom iBMB an der MPA TU Braunschweig:
Tragende Holzdecken aus LIGNATUR-...elemente...der Feuerwiderstandsklassen F30, F60 bzw. F90 nach DIN 4102-2:1977-09 bei Brandbeanspruchung von oben und unten.
Zulassungsinhaber: Lignatur AG, Waldstatt, Schweiz
- [15] Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis P-3534/5316-MPA BS vom 30.07.2007 vom iBMB an der MPA TU Braunschweig:
Tragende, raumabschließende Trennwand-Konstruktionen aus einem Holzständerwerk mit einer beidseitigen Beplankung aus Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) der Feuerwiderstandsklasse REI 60 gemäß DIN EN 13501-2 in Verbindung mit einer K₂60-Brandschutzbekleidung gemäß DIN EN 13501-2 (entspr. Lfd. Nr. 2.44 Bauregelliste A Teil 2 – Ausgabe 2012/1).
Zulassungsinhaber: zunächst DGfH, München; später Saint-Gobain Rigips GmbH, Düsseldorf
- [16] Europäische technische Zulassung ETA-11/0137 vom 28.04.2011, zwischenzeitlich ersetzt durch ETA-11/0137 vom 19.11.2012, Bearbeiter: Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB), Wien
Zulassungsinhaber: Lignatur AG, Waldstatt, Schweiz
- [17] Prüfbericht Nr. PB 3.2/10-176-4 vom 07.02.2012, MFPA Leipzig GmbH, Antragsteller: LIGNOTREND Produktions GmbH, Weilheim-Bannholz
- [18] Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis P-3548/5456-MPA BS vom 30.07.2007 vom iBMB an der MPA TU Braunschweig:
Holzbalkendecke mit einer unterseitigen Bekleidung aus Gipskarton-Feuerschutzplatten (GkF) der Feuerwiderstandsklasse REI 60 gemäß DIN EN 13501-2 in Verbindung mit einer K₂60-Brandschutzbekleidung gemäß DIN EN 13501-2 bei einseitiger Brandbeanspruchung von oben oder unten entspr. Lfd. Nr. 2.44 Bauregelliste A Teil 2 – Ausgabe 2012/1.
Zulassungsinhaber: Saint-Gobain Rigips GmbH, Düsseldorf