

Brandschutz für Holzfassaden und Versuche TIMpuls

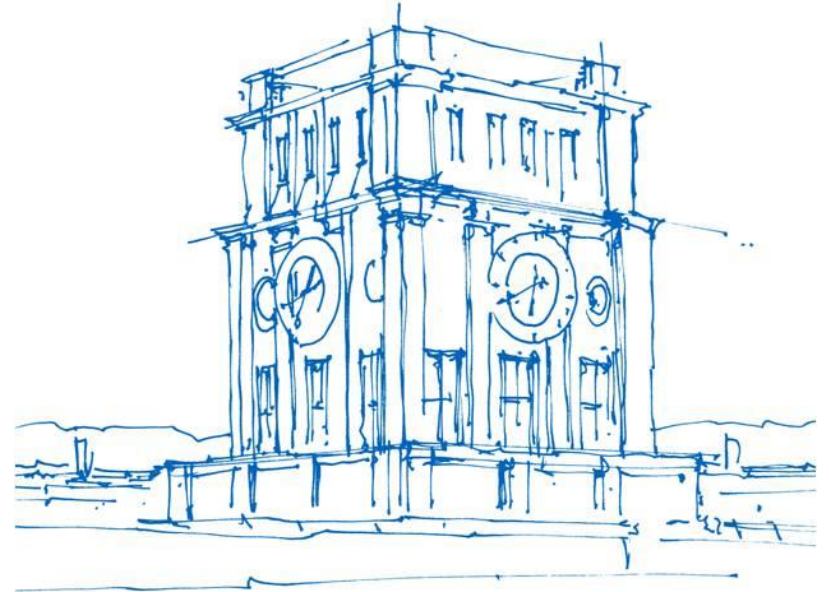
Thomas Engel M.Sc.

Technische Universität München

TUM School of Engineering and Design

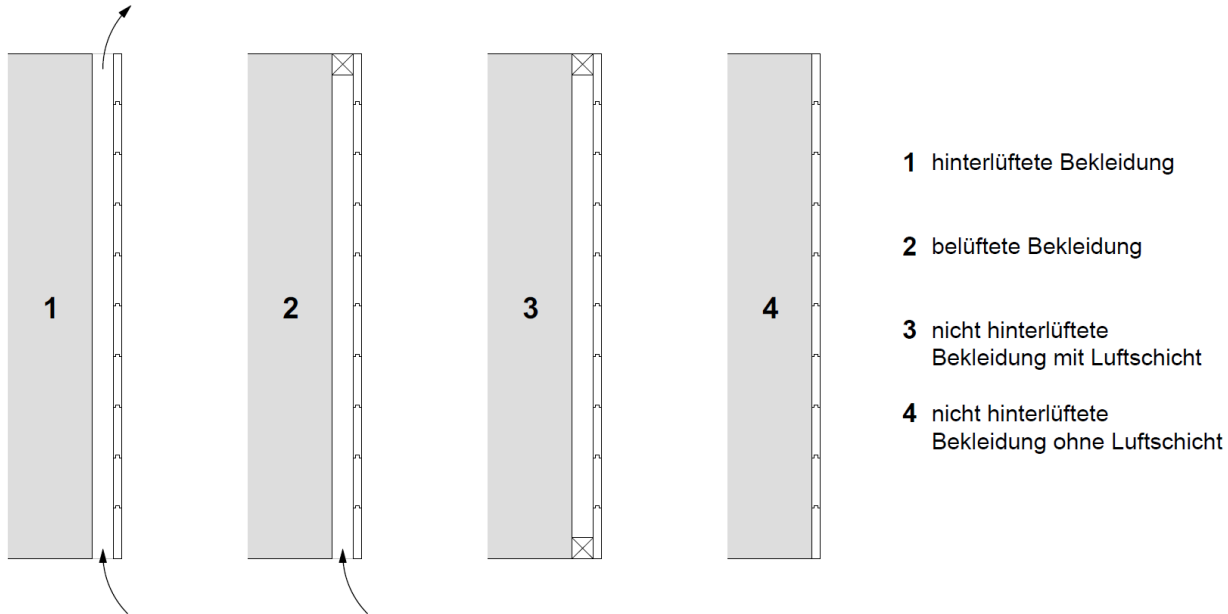
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

Online-Livestream, 16. November 2021











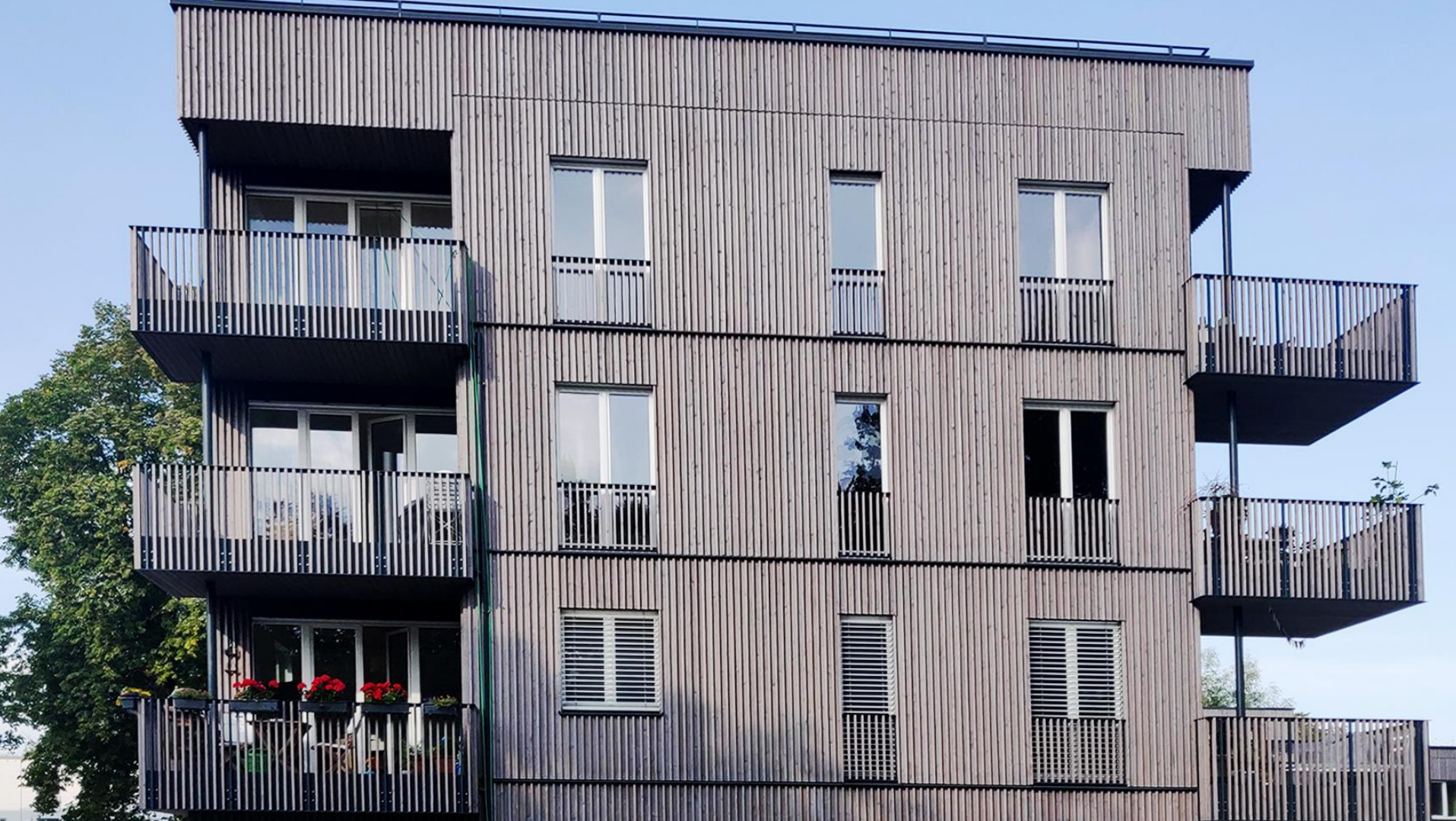
Uhrenturm der TUM

Fassadenformen



Fassadenformen

Bekleidungstyp	Schemaskizze	Ausrichtung
Flächiger Holzwerkstoff Platte		horizontal oder ver- tikal
Formschlüssige Schalung		horizontal
Profil mit Nut Feder		vertikal
Kraftschlüssige Schalung		horizontal
Profil mit Winkelfalz		vertikal
Offene Schalungen		horizontal
Leistenschalung		vertikal
Deckelschalung		
Stülpchalung		
Deckleistenschalung		













Schutzziel in Deutschland

„§ 28 Musterbauordnung (MBO) [2002 zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 25.09.2020]

Absatz 1: Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist.“

Absatz 3: Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein [...] Baustoffe, die schwerentflammbar sein müssen, [...] dürfen nicht brennend abfallen oder abtropfen.

*Absatz 5: Absätze 2, 3 und 4 Satz 1 gelten nicht für Gebäude der Gebäudeklassen 1 bis 3; Absatz 4 Satz 2 gilt nicht für Gebäude der Gebäudeklassen 1 und 2. **Abweichend von Absatz 3 sind hinterlüftete Außenwandbekleidungen, die den Technischen Baubestimmungen nach § 85a entsprechen, mit Ausnahme der Dämmstoffe, aus normalentflammaren Baustoffen zulässig.***



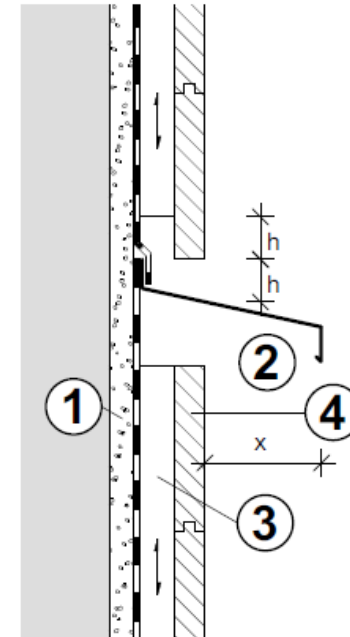
Holzfassaden nach Abschnitt 6 MHolzBauRL

- Dämmstoffe in der Außendämmebene (nicht innerhalb der Außenwand) müssen als „nichtbrennbar“ klassifiziert sein.
- Sofern der Abschluss von Außenwänden aus brennbaren Baustoffen besteht, muss außenliegend eine 15 mm dicke nichtbrennbare Bekleidung aufgebracht werden.
- Eine Brandweiterleitung bei Holzfassaden kann durch auskragende, geschossweise angeordnete Brandsperrn wirksam eingeschränkt werden.

①

①

②

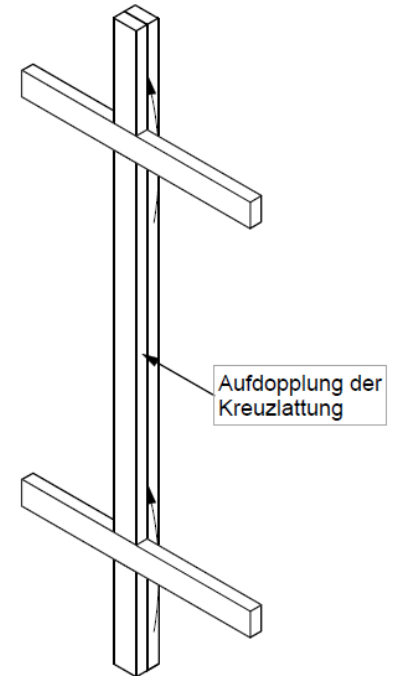
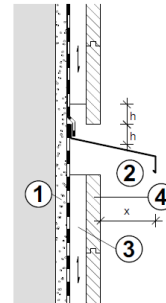


Holzfassaden nach Abschnitt 6 MHolzBauRL

- Die Tiefe der Unterkonstruktion für einen Lüftungsspalt ist auf maximal 50 mm zu begrenzen (einfache Lattung 30 mm, doppelte Lattung / Kreuzlattung mit max. 2 x 25 mm).
- Bei Kreuzlattungen ist der Lüftungsspalt jeweils zwischen Fenstern, mindestens jedoch in horizontalen Abständen von nicht mehr als 5 m, durch Aufdopplung der vertikalen Lattung zu schließen.

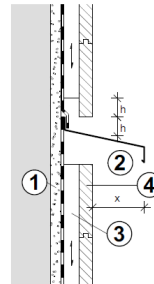
③

③



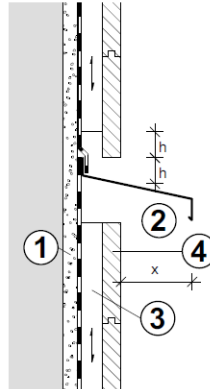
Holzfassaden nach Abschnitt 6 MHolzBauRL

- Horizontale Brandsperren sind geschossweise jeweils in Höhe des Geschosswechsels über die gesamte Fassadenbreite durchgehend auszuführen. ②
- Horizontale Brandsperren müssen bis zu einer Ebene aus nichtbrennbaren Baustoffen führen (z.B. Gipskarton bzw. Gipsfaserplatte). ②
- Brandsperren aus Stahlblech, kein Aluminium ②
 Dicke $t \geq 1,5 \text{ mm}$ für freie Auskragung $\leq 150 \text{ mm}$
 Dicke $t \geq 2,0 \text{ mm}$ für freie Auskragung $> 150 \text{ mm}$



Holzfassaden

- Die geschossweisen horizontalen Brandsperren sind in ihren Abmessungen, insbesondere der horizontale Überstand vor der Außenwandbekleidung in Abhängigkeit des jeweilig zum Einsatz kommenden Fassadentyps auszuführen **②** **④**

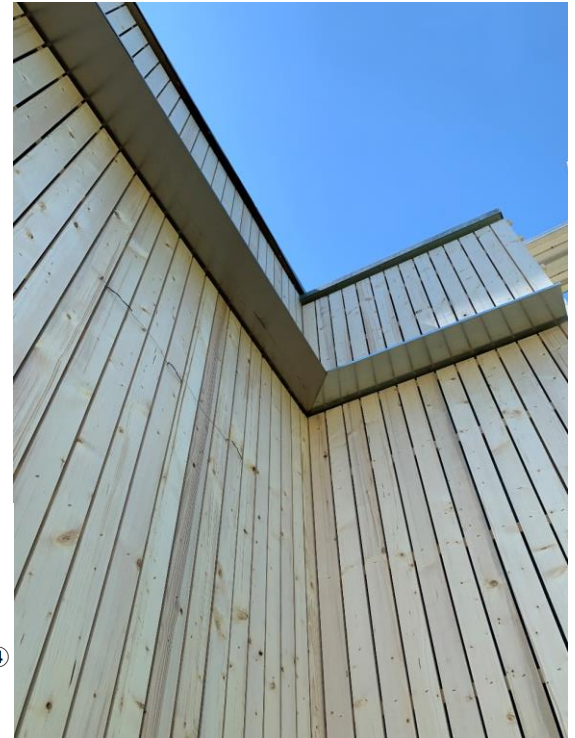
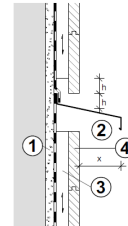


Bekleidungs- typ	Baustoff / Bauteil	Schema- skizze	Ausführungs- beispiele	Aus- richtung	Maß X – Mindest- auskragung Brandsperre
Flächiger Holzwerkstoff	<ul style="list-style-type: none"> Rohdichte $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ Fläche geschlossen Plattendicke $\geq 22 \text{ mm}$ Kantenlänge $\geq 625 \text{ mm}$ Plattenfläche $\geq 1,0 \text{ m}^2$ 		<ul style="list-style-type: none"> Massivholzplatten Furniersperrholz Furnierschichtholz 	horizontal / vertikal	$\geq 50 \text{ mm}$
Formschlüssige Schalung	<ul style="list-style-type: none"> Rohdichte $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ Bepankungsdicke $\geq 22 \text{ mm}$ Brettbreite: kernfrei $\leq 160 \text{ mm}$ Entlastungsnuten: <ul style="list-style-type: none"> Restdicke $\geq 14 \text{ mm}$ Breite $\leq 5 \text{ mm}$ Achsabstand $\geq 30 \text{ mm}$ 		<ul style="list-style-type: none"> Deckleistenschalung mit Profil Nut und Feder 	horizontal /	$\geq 50 \text{ mm}$
				vertikal	$\geq 100 \text{ mm}$
Kraftschlüssige Schalung	<ul style="list-style-type: none"> Rohdichte $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ Bepankungsdicke $\geq 22 \text{ mm}$ Brettbreite frei Entlastungsnuten: <ul style="list-style-type: none"> Restdicke $\geq 14 \text{ mm}$ Breite $\leq 5 \text{ mm}$ Achsabstand $\geq 30 \text{ mm}$ 		<ul style="list-style-type: none"> Schalung überfätzt Stülpchalung T-Leistenschalung 	horizontal	$\geq 100 \text{ mm}$
				vertikal	$\geq 150 \text{ mm}$
Offene Schalung	<ul style="list-style-type: none"> Rohdichte $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ Bepankungsdicke $\geq 22 \text{ mm}$ Brettbreite frei Brettquerschnittsfläche $\geq 1000 \text{ mm}^2$ Entlastungsnuten: <ul style="list-style-type: none"> Restdicke $\geq 14 \text{ mm}$ Dicke Abdeckleisten $\geq 14 \text{ mm}$ Brettbreite frei 		<ul style="list-style-type: none"> Offene Schalung Leistenschalung Deckelschalung Stülpchalung Deckleistenschalung 	horizontal	$\geq 200 \text{ mm}$
				vertikal	$\geq 250 \text{ mm}$

Brandausbreitung nimmt zu

Holzfassaden nach Abschnitt 6 MHolzBauRL

- Die Befestigungsmittel der horizontalen Brandsperren sind bis auf die tragende Konstruktion der Außenwand zu führen. **②**
- Abstand und Größe der Verbindungsmittel sind so zu wählen, dass thermische Beanspruchungen nicht zu Verformungen führen. Befestigung mit Schrauben $\varnothing \geq 4 \text{ mm}$, Abstand $\leq 250 \text{ mm}$ **②**
- Längsstöße von Brandsperren sind mechanisch oder durch verschweißen kraftschlüssig und fugenlos ($\leq 1 \text{ mm}$) miteinander zu verbinden oder mit einer Stoßüberlappung von mindestens 150 mm auszuführen. **②**



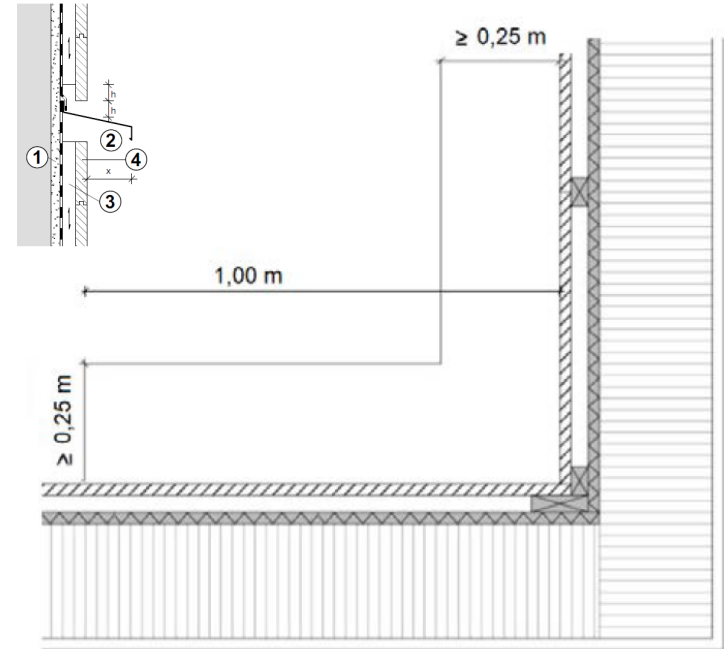
Holzfassaden nach Abschnitt 6 MHolzBauRL

Die Brandausbreitung in Innenecken von Außenwänden ist durch besondere Vorkehrungen zu begrenzen, bspw.:

- wenn Außenwandbekleidung im Bereich der Innenecke jeweils zu beiden Seiten mit einer mindestens 1,0 m breiten nichtbrennbaren Bekleidung ausgeführt wird oder
- wenn die horizontalen Brandsperren im Bereich der Innenecke jeweils zu beiden Seiten über die Länge von 1,0 m mindestens 0,25 m vor die Außenwandbekleidung hervorkragen

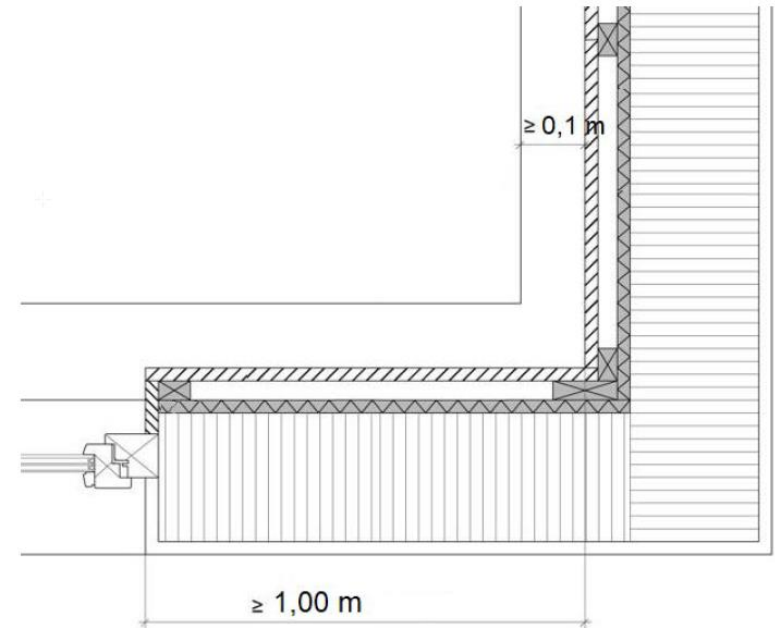
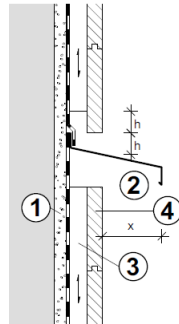
②

②



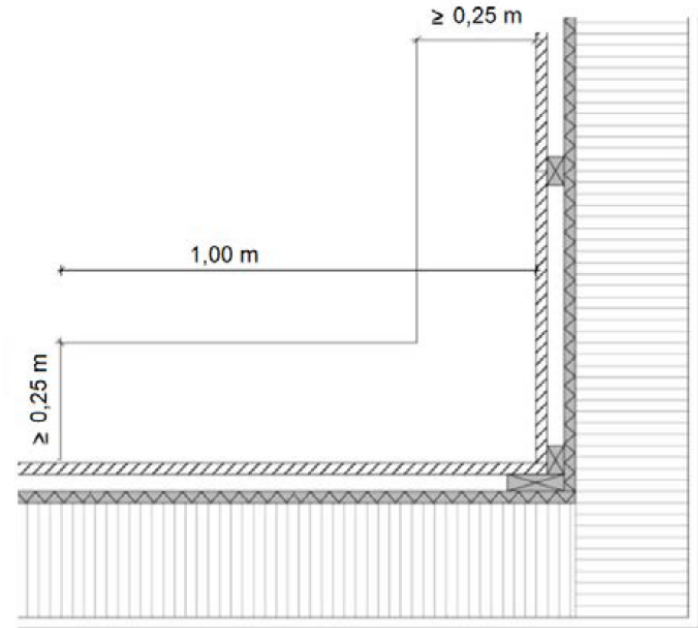
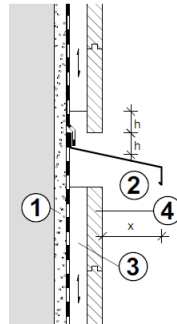
Holzfassaden nach Abschnitt 6 MHolzBauRL

- Bei kraft- und formschlüssigen Schalungen sowie flächigen Holzwerkstoffplatten darf das Maß der Auskragung der horizontalen Brandsperre in Innenecken von Außenwänden auf 0,10 m reduziert werden, sofern Öffnungen einen Abstand von mindestens 1,0 m zur Innenecke einhalten. ②



Holzfassaden nach Abschnitt 6 MHolzBauRL

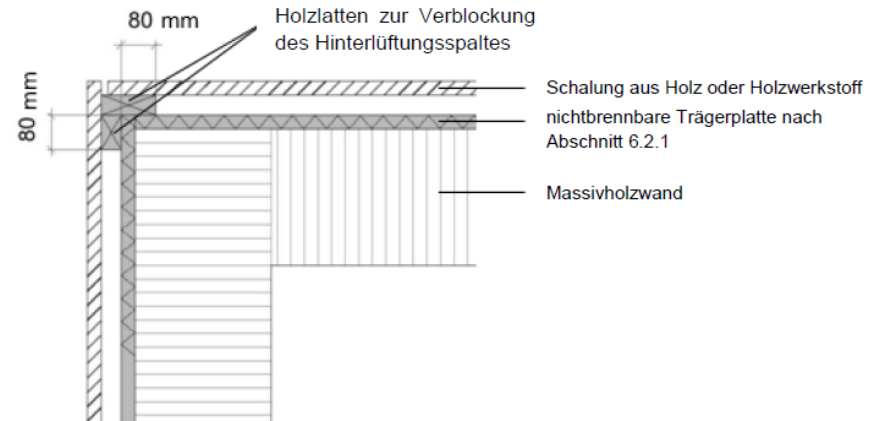
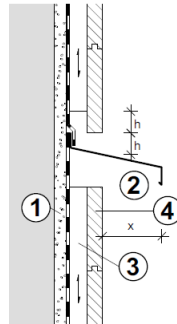
- Längsstöße von Brandsperrn im Bereich von Innenecken kann neben der vorgenannten kraftschlüssigen fugenlosen Verbindung alternativ die Brandsperrre auch zu beiden Schenkelseiten mit einer Länge von $\geq 1,0$ m aus einem Stück oder im Eckbereich mit doppelter Überlappung hergestellt werden. ②



Holzfassaden nach Abschnitt 6 MHolzBauRL

- Bei Außenwandbekleidungen sind bei der Ausbildung von Außenecken besondere Vorkehrungen zur Begrenzung einer Brandausbreitung erforderlich. Das gilt als erfüllt mit einer Verblockung im Lüftungsspalt der Außenecke mit mindestens 80 mm breiten Holzlatten.

③



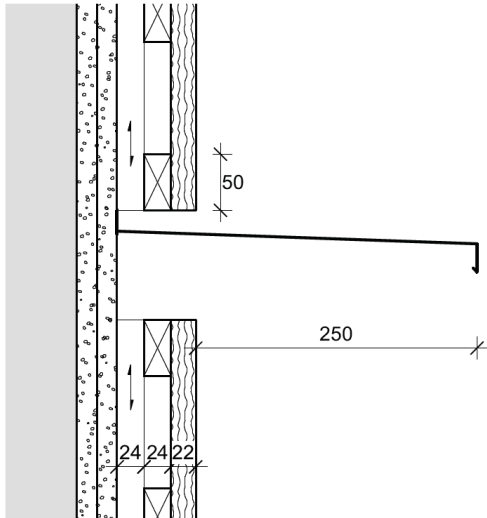
Holzfassaden nach Abschnitt 6 MHolzBauRL

Wirksame Löscharbeiten für die Feuerwehr

Jede Gebäudeseite mit einer Außenwandbekleidung aus Holz oder Holzwerkstoffen muss für wirksame Löscharbeiten erreicht werden können. Im Einvernehmen mit der Brandschutzdienststelle sind auf Grundstück ggf. Zu- oder Durchfahrten und Bewegungsflächen entsprechend der Technischen Regel lfd. Nr. A 2.2.1.1 der MVV TB herzustellen.



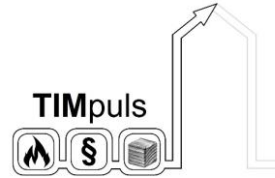
Brandschutz für Holzfassaden



Offene Schalung „worst case“



Verbundforschungsvorhaben



Technische Universität München



Technische Universität Braunschweig



Hochschule Magdeburg-Stendal



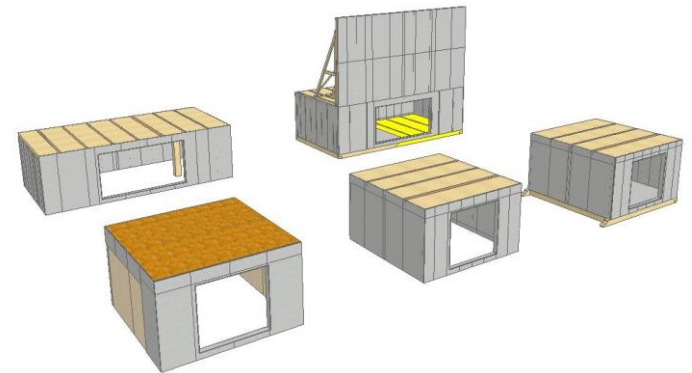
Institut für Brand- und Katastrophenschutz
Heyrothsberge



Untersuchungsziele

Beleg der Ergebnisse im „realen Versuchsbauwerk“ unter **Naturbrandbedingungen**

- Einfluss brennbarer Bauteiloberfläche auf den Brandverlauf
- Verhalten der Brandschutzbekleidung und deren Schutzzeiten
- Verhalten bzgl. Selbstverlöschen und Nachbrandverhalten
- Löschbarkeit der Konstruktion
- Analyse des Brandausmaßes an der Fassade durch brennbare Oberflächen im Raum
- Untersuchung von brandschutztechnischen Schutzmaßnahmen im Stoß- und Fügungsbereich von Bauteilen
- Bewertung der Standsicherheit
- Bewertung des Raumabschlusses (Feuer und Rauch, Wärmedämmung)
- Überprüfung der Vorgaben des Entwurfes der M-HolzBauRL



V0, V1 und V2

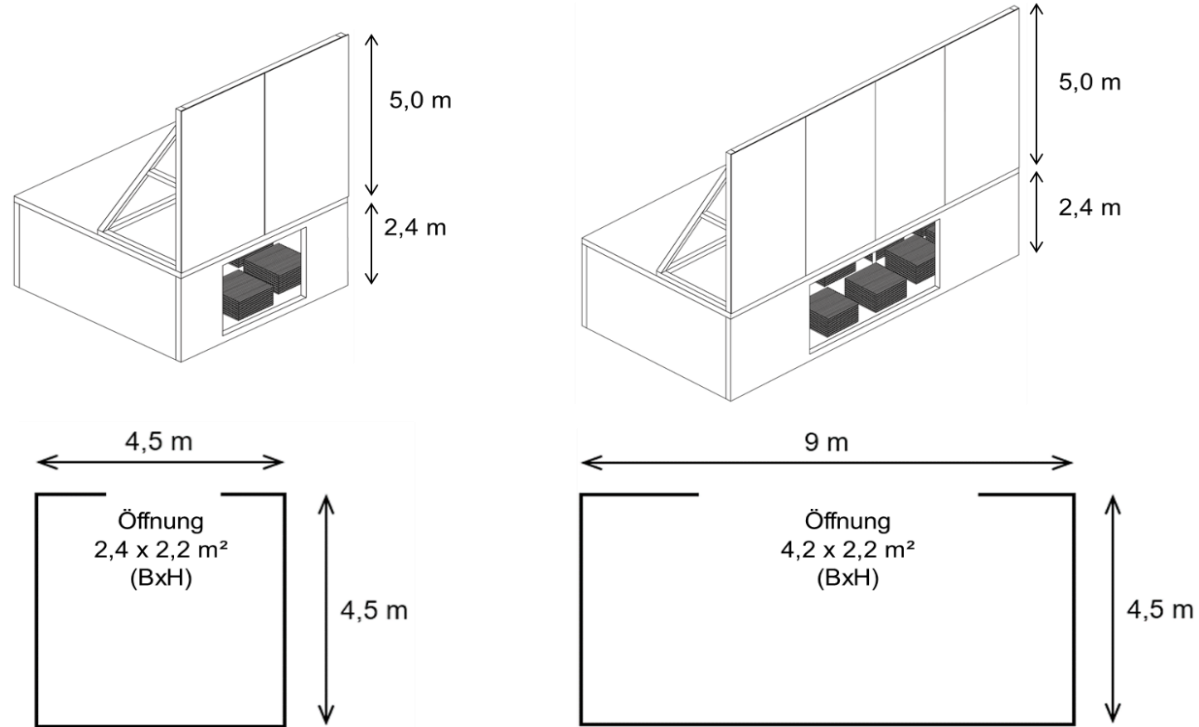
V3 und V4

Konzeption

- Brandraumgrundfläche
20,25 m² bzw. 40,5 m²

- Ventilationsöffnung
5,28 m² bzw. 9,24 m²

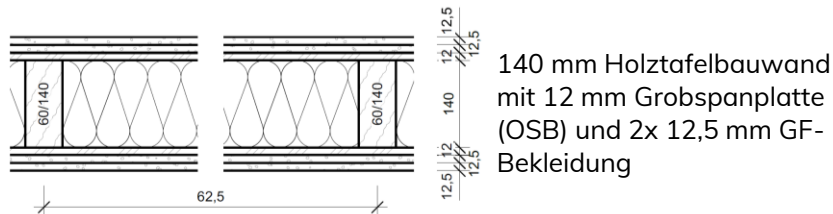
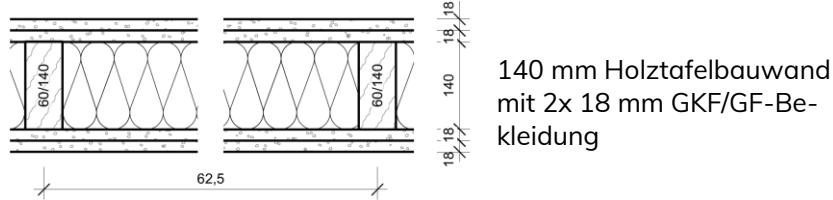
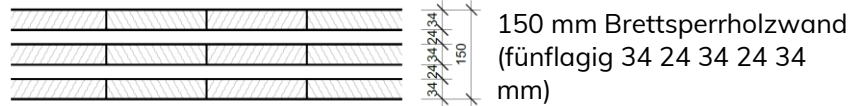
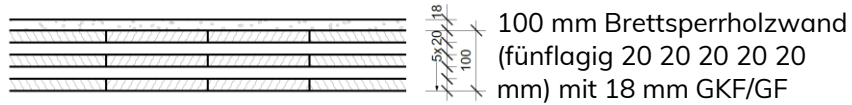
Öffnungsfaktor = 0,094 m^{0,5}



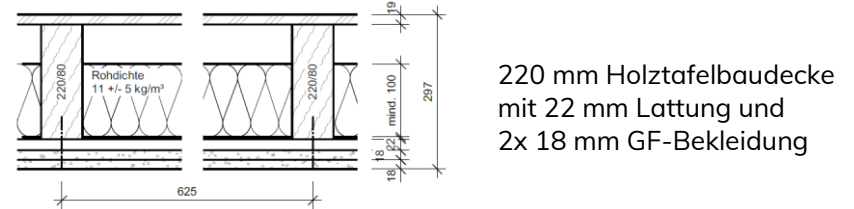
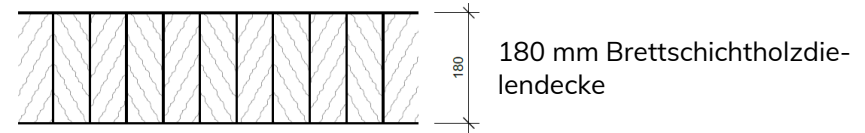
Maße sind Innenabmessungen

Bauteile

Wandaufbauten

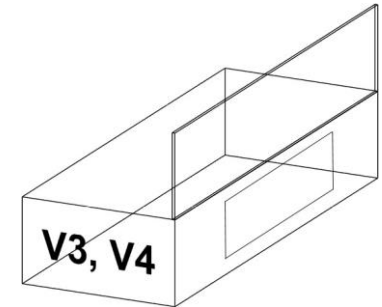
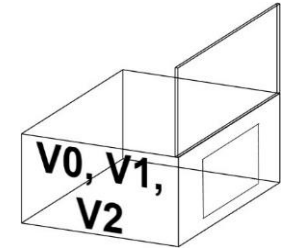


Deckenaufbauten



Aufbau der Brandversuche

Versuch	V0	V1	V2	V3	V4
Raumgröße (B x L x H)	4,5 m x 4,5 m x 2,4 m			4,5 m x 9,0 m x 2,4 m	
Grundfläche	20,25 m ²			40,5 m ²	
Öffnungsgröße (B x H)	2,4 m x 2,2 m			4,2 m x 2,2 m	
Öffnungsfaktor	0,094 m ^{0,5}				
Brandlastdichte	1085 MJ/m ²				
Wand 1	100 mm BSP 2x25 mm GKF	100 mm BSP 18 mm GF	150 mm BSP	140 mm HTB 2x12,5 mm GF	150 mm BSP
Wand 2	100 mm BSP 2x25 mm GKF	100 mm BSP 18 mm GF	140 mm HTB 2x18 mm GKF	140 mm HTB 2x18 mm GF	140 mm HTB 2x18 mm GF
Wand 3	100 mm BSP 2x25 mm GKF	100 mm BSP 18 mm GF	150 mm BSP	140 mm HTB 2x18 mm GKF	140 mm HTB 2x18 mm GKF
Wand 4	100 mm BSP 2x25 mm GKF	100 mm BSP 18 mm GF	140 mm HTB 2x18 mm GKF	140 mm HTB 2x18 mm GF	140 mm HTB 2x18 mm GF
Decke	180 mm BSH 2x25 mm GKF	180 mm BSH	220 mm HTB 2x18mm GF	180 mm BSH	180 mm BSH
Lineare Bauteile	-	-	-	-	2x Stütze 1x Unterzug
Sichtbare Holzoberfläche	-	35 %*	37 %*	42 %*	58 %*



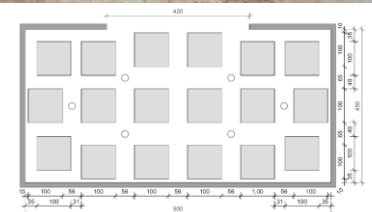
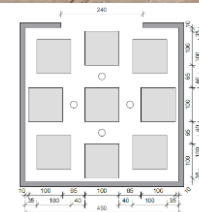
BSP – Brettsperrholz; HTB – Holztafelbau mit Steinwolle gedämmt; BSH – Brettstichholz; GKF – Gipskartonfeuerschutzplatte; GF – Gipsfaserplatte;
Stütze – 300x300 mm² BSH; Unterzug – 300x320 mm² BSH

* Prozent der gesamten Bauteiloberflächen ohne Fußboden und Fensteröffnung

Brandlast

Für die Versuche wird eine Brandlastdichte für die Nutzung „**Wohnen**“ gewählt. Damit ergibt sich nach DIN EN 1991-1-2/NA:2015-09 für das 90 % - Quantil eine charakteristische Brandlastdichte von 1.085 MJ/m².

- Gleichmäßig verteilte Holzkippen jeweils 1.000 x 1.000 mm aus Stäben mit den Abmessungen B x H = 40 x 40 mm
- Material zu Luft Verhältnis der Krippen beträgt 1:1.
- Unter Berücksichtigung der Holzfeuchte und der Rohdichte der Holzkippen (Kiefer) entspricht die oben beschriebene Brandlast von 1085 MJ/m²:
 - ca. **74 kg/m² Holz**
 - ca. **1,5 Tonnen Holz** (Summe) im **kleinen Raum** (4,5 x 4,5 m) aus 9 Krippen
 - ca. **3 Tonnen Holz** (Summe) im **großen Raum** (4,5 x 9 m) aus 18 Krippen



Messtechnik



Insgesamt jeweils etwa **400 Messstellen** verbaut:

- Temperaturmessung im Raum, in den Fugen, auf der Fassade und in den Bauteilen.
Dadurch ist beispielsweise der Temperaturverlauf in jeder Wand bekannt.
- Bidirektionale Sonden zur Messung der Strömungs-geschwindigkeit im Brandraum, an der Öffnung und an der Fassade.
- Masseverluste der mobilen Brandlast und der Bauteile über die Branddauer.
- Wärmebild- und Videoaufzeichnung.

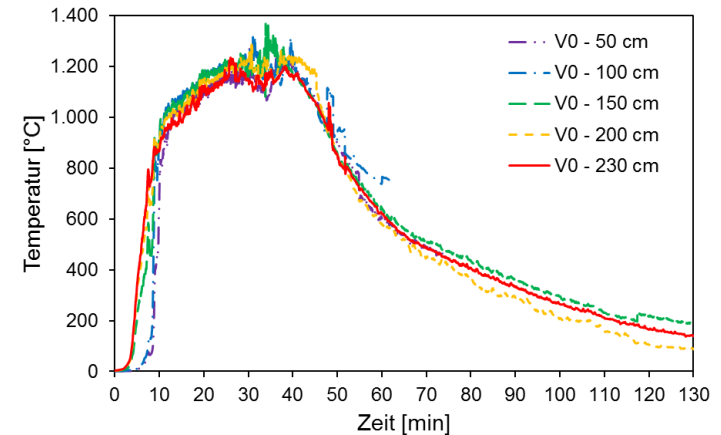
Versuch V0

Beschreibung:

- Referenzversuch für ein Gebäude aus nichtbrennbaren Baustoffen.
- Brandschutzbekleidung aus 2x 25 mm Gipskartonfeuerschutzplatte (GKF) soll ein Mitbrennen des Holzes verhindern.
- Die Ergebnisse und Erkenntnisse der weiteren Versuche erlauben somit einen Vergleich zwischen brennbarer und nichtbrennbarer Bauweise (z.B. Mauerwerk, Beton).

Erkenntnisse:

- Brandschutzbekleidung 2x 25 mm Gipskartonfeuerschutzplatte verhindert den Mitbrand und die Verfärbung der Holzbauteile unter der hier gewählten Naturbrandbeanspruchung.
- Max. Brandraumtemperaturen um 1.200°C.
- Flashover nach ca. 9 min.



Versuch V1

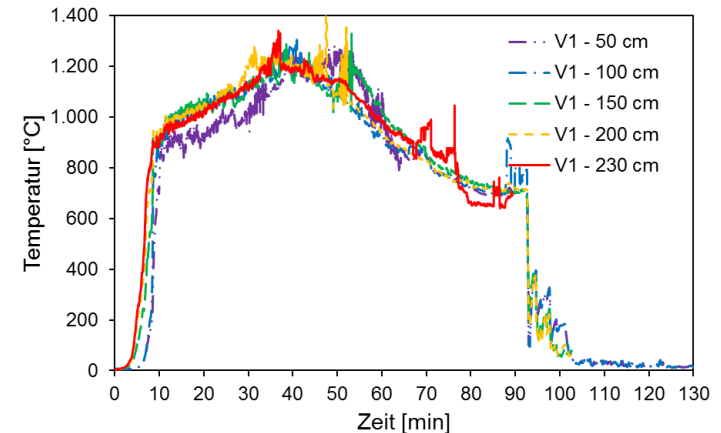
Beschreibung:

- Untersuchung des Einflusses einer sichtbaren Brettschichtholzdecke und vier Brettsperrholzwände die mit 1x 18 mm Gipsfaserplatte (GF) geschützt sind.
- 35 % sichtbare Holzoberfläche zu Beginn.
- Überprüfung des veröffentlichten Entwurfs der MHolzBauRL.



Erkenntnisse:

- Nach ca. 40 min erstes Abfallen der Brandschutzbekleidung 1x 18 mm und folglich Mitbrand der Brettsperrholzwandbauteile unter der hier gewählten Naturbrandbeanspruchung.
- Max. Brandraumtemperaturen um 1.200°C.
- Flashover nach ca. 9 min.



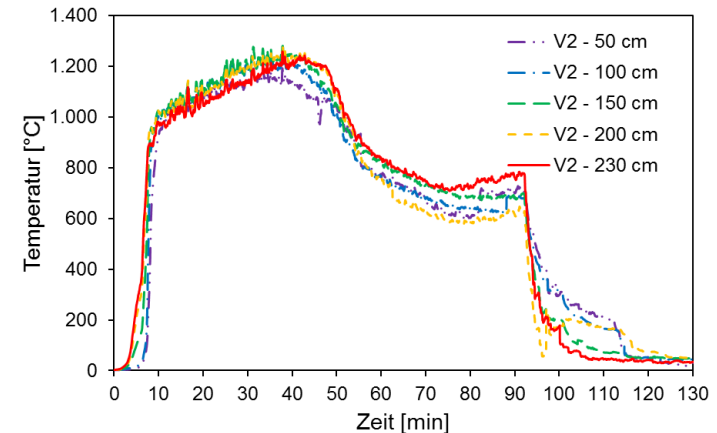
Versuch V2

Beschreibung:

- Untersuchung des Einflusses zweier gegenüberliegender sichtbaren Brettsperrholzwände.
- Decke und restlichen Wände als Holztafelbaukonstruktion mit 2x 18 mm GF bzw. GKF.
- 37 % sichtbare Holzoberfläche.
- Einbau von vier brandschutztechnisch klassifizierten Einbaudosen für Steckdosen oder Schaltern zur Simulation bautypischer Schwächungen der Wände.

Erkenntnisse:

- Nach ca. 33 min erstes Abfallen der ersten und nach ca. 62 min erstes Abfallen der zweiten Lage der Brandschutzbekleidung an der Decke unter der hier gewählten Naturbrandbeanspruchung.
- Max. Brandraumtemperaturen um 1.200°C.
- Flashover nach ca. 8 min.



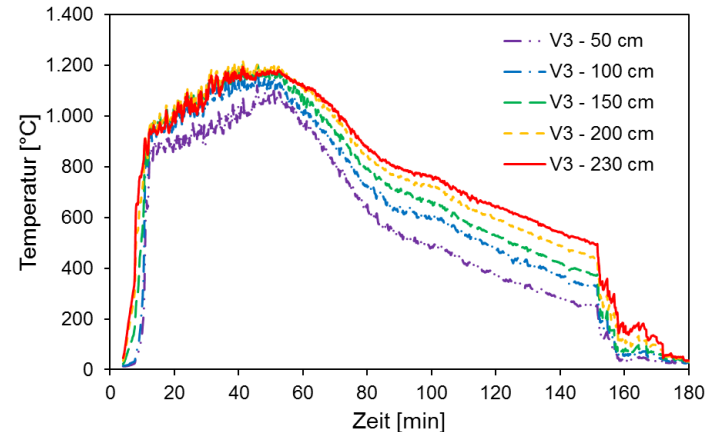
Versuch V3

Beschreibung:

- Untersuchung des Einflusses einer sichtbaren Brettschichtholzdecke im großen Brandraum.
- Planmäßiges Versagen der Brandschutzbekleidung einer Holztafelbauwand mit 2x 12,5 mm GF und 12 mm OSB.
- Restliche Wände Holztafelbaukonstruktion mit 2x 18 mm GF bzw. GKF, teilweise mit OSB Hinterlegung.
- 42 % sichtbare Holzoberfläche.

Erkenntnisse:

- Nach ca. 90 min beteiligt sich die Decke kaum noch am Brand.
- Brandschutzbekleidung 2x 18 mm verhindert den Mitbrand der Holzbauteile nicht über die gesamte Branddauer. Lokale Brände an den Ständern und den OSB Platten.
- Max. Brandraumtemperaturen um 1.200°C
- Flashover nach ca. 10 min



Versuch V4

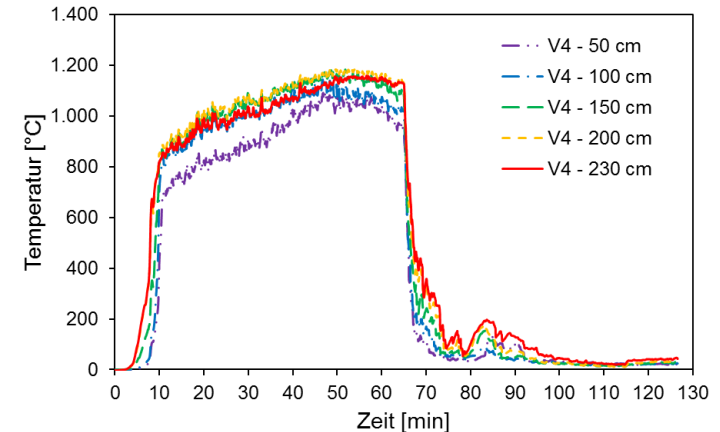
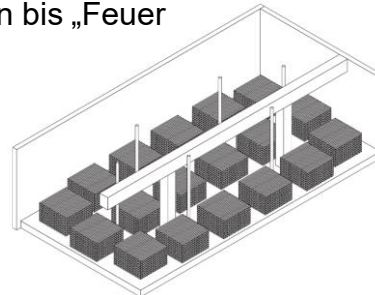
Beschreibung:

- Untersuchung des Einflusses einer sichtbaren Brettschichtholzdecke und einer sichtbaren Brettsperrholzwand (Schmalseite).
- Restlichen Wände als Holztafelbaukonstruktion mit 2 x 18 mm GF bzw. GKF .
- Einfluss linearer ungeschützter Bauteile aus Holz.
- 58 % sichtbare Holzoberfläche.
- Löschangriff der Feuerwehr nach 60 Minuten.



Erkenntnisse:

- Unproblematisches Ablöschen der Konstruktion bis „Feuer in Gewalt“.
- Max. Brandraumtemperaturen um 1.200°C
- Flashover nach ca. 10 min



Video - V4



V3 - nach 145 min



V3 - nach 145 min



V2 - nach Versuchsende



V2 - nach Versuchsende



V2 - nach Versuchsende



Vorläufiges Fazit

- Unter Berücksichtigung des hier gewählten „kritischen Falls“ lässt sich kein signifikanter Einfluss des Baustoffes Holz auf die Brandentwicklung erkennen.
- Das Vorhandensein zusätzlicher immobiler Brandlast führt bei einem Brand zu einer zusätzlichen Einwirkung auf die Fassade. Diese ist nach aktuellem Stand der Auswertung bei hoher mobiler Brandlast nicht stark ausgeprägt. Hier sind jedoch weitere Auswertungen und Betrachtungen vor einer finalen Aussage notwendig.
- Wirksame Löscharbeiten waren bei allen Versuchen und Konstruktionen zielführend und ohne besondere Maßnahmen möglich.
- Die Stoß- und Fügungsbereiche von Bauteilen und Elementen erzielten unter Naturbrandbeanspruchung raumabschließende Wirkung und verhinderten eine Übertragung von Feuer und Rauch wirkungsvoll.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Thomas Engel
Tel.: +49 (89) 289 - 28679
engel@tum.de

Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

Arcisstr. 21
80333 München

