

# LeitHolz – Leitungsabschottungen im Holzbau

Thomas Scherer  
TU Kaiserslautern  
Kaiserslautern, Deutschland





# LeitHolz – Leitungsabschottungen im Holzbau

## 1. Hinführung

Der Holzbau erlebt in den letzten Jahren weltweit eine Renaissance. In Deutschland wird dieser Trend zusätzlich durch den positiven Beitrag des Holzbaus zu den von der Bundesregierung gesetzten Klimazielen befeuert. Da Holz während seines Wachstums CO<sub>2</sub> aufnimmt, dienen Holzbauwerke während ihrer gesamten Lebensdauer als CO<sub>2</sub>-Speicher. Allerdings schränken bislang noch fehlende technische Beschreibungen von konstruktiven Details die breite Verwendung von Holz, insbesondere in Deutschland und dem europäischen Ländern, als Baumaterial ein. Eines dieser Details stellen Leitungsdurchführungen dar. Es ist zu erwarten, dass die Anzahl an Leitungen in Gebäuden aufgrund steigender Technisierungsgrade in Zukunft zunehmen wird.

In diesem Referat werden erste Ergebnisse des Forschungsprojekts «LeitHolz» dargestellt, welches an der TU Kaiserslautern seit Ende 2017 bearbeitet wird. Das Projekt wurde im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

## 2. Grundlagen

Mit der Novelle der Musterbauordnung im Jahr 2002 [1] wurde die neue Gebäudeklasse 4 und die Feuerwiderstandsanforderung «hochfeuerhemmend» eingeführt. Die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFH HolzR) [2] regelt in Verbindung mit dieser das Bauen mit Holz bis zu einer Höhe von 13 Metern. Für die Ausführung von Öffnungen in Holzwänden und Decken ist darin eine klassifizierte Öffnungsleibung beschrieben. Soll eine Leitungsabschottung in ein Holzbauteil mit Anforderungen an den Feuerwiderstand eingebaut werden, sieht die gängige Lösung, resultierend aus der M-HFH HolzR in Verbindung mit der Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR) folgendes vor: Es wird eine Öffnung mit klassifizierter Öffnungsleibung nach M-HFH HolzR hergestellt. Diese Öffnung wird mit Beton verschlossen. Die Leitungen werden durch das Betonbauteil hindurchgeführt und im Anschluss mit für den Massivbau zugelassenen Abschottungssystemen abgeschottet.

Begründen lässt sich diese Vorgehensweise darin, dass es aktuell nur sehr wenige Abschottungssysteme am Markt gibt, die in Übereinstimmung mit dem Anwendbarkeitsnachweis direkt in Holzbauteile eingebaut werden dürfen [3]. Wird eine Abschottung für den Einbau in ein Holzbauteil zugelassen, so ist der Anwendungsbereich nach der Prüfung auf Holzbauteile mit identischem Aufbau zum geprüften begrenzt. Der Einbau der Abschottungen innerhalb der klassifizierten Öffnungsleibung in Beton wird als eine nicht-wesentliche Abweichung vom Anwendbarkeitsnachweis gewertet [4]. Diese Vorgehensweise ist allerdings sehr aufwändig und kann unter anderem zu Verzögerungen im Bauablauf führen. Das Baumaterial Holz lässt sich sehr gut bearbeiten, sowohl in der Vorfertigung als auch auf der Baustelle. Der Einbau von Abschottungen direkt in Holz bedeutet daher Einsparungen bei den Faktoren Zeit und Kosten. Zudem wird bei der aktuellen Vorgehensweise in das eigentliche Baumaterial Holz, das auch oft aus ästhetischen und ökologischen Gründen gewählt wird, Beton eingebracht.

Bedenken bestehen beim Einbau von Leitungsabschottungen in Holz zurzeit vor allem bei der Feuerwiderstandsfähigkeit der Abschottungsbereiche und der Gefahr von Hohlraumbränden (vgl. [2]).

### 3. Forschungsprojekt «LeitHolz»

Ziel des Projekts «LeitHolz» ist zunächst die Ermittlung brandschutztechnischer Grundlagen für Leitungsdurchführungen im Holzbau. Weiterhin sollen Handlungsempfehlungen für Baubeteiligte und für Zulassungsbehörden entwickelt werden. In diesen soll beschrieben sein, wie Leitungsdurchführungen im Holzbau brandschutztechnisch ausführbar sind, bzw. wie diese geprüft und bewertet werden können.

Das Forschungsprojekt verfolgt unter anderem den Lösungsansatz «Holz-in-Holz». Es soll ein Holzmodul hergestellt werden, durch das Leitungen hindurchgeführt und abgeschottet werden können. Ein solches Holzmodul soll in möglichst viele verschiedene Holzbauteile eingesetzt werden können. Auf diese Weise würden weniger Prüfungen von Abschottungen in Holzbauteilen notwendig sein, da die Abschottung in einem definierten Holzmodul stattfindet. Die Bewertung wäre für Zulassungsbehörden einfacher und sicherer, die Prüfungsbedingungen würden leichter reproduzierbar und vergleichbarer. Im Forschungsprojekt «LeitHolz» soll zunächst die generelle Eignung der Methode untersucht werden. Dazu werden verschiedene, am Markt etablierte Abschottungssysteme beim direkten Einbau in Holzmodule untersucht. Holzbauteile, Module sowie die Öffnungsleibung werden dabei ohne jegliche Bekleidung verwendet.

#### 3.1. Vorversuche

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden bisher 16 Kleinbrandversuche durchgeführt. Dabei wurden je zwei identische Versuchsaufbauten untersucht. Die Versuche wurden im Kleinbrandofen nach DIN 4102-8 der TU Kaiserslautern durchgeführt. Dabei wurden unterschiedliche Leitungsarten durch zwei unterschiedliche Holzmodulaufbauten geführt. Zum einen ein massives Holzmodul aus Fichtenleimholz (BSH(Brettschichtholz)-Modul) mit einer Stärke von 160 mm, zum anderen ein Schichtaufbau aus OSB (oriented strand board) -Platten und Steinwolldämmung (OSB-Modul, siehe Abbildung 1). Beispielhaft sind zwei der Module mit vorgefertigten runden Kernbohrungen zur Durchführung von Leitungen in Abbildung 2 zu sehen. Im Bereich der Leitungsdurchführung wurden klassifizierte Abschottungen eingebaut. Die Module wurden der Brandbeanspruchung nach Einheits-temperaturzeitkurve unterzogen. Die Versuchsbedingungen entsprachen bis auf wenige Abweichungen (Wandaufbau) den Vorgaben aus DIN EN 1663 in Verbindung mit DIN EN 1366-3.

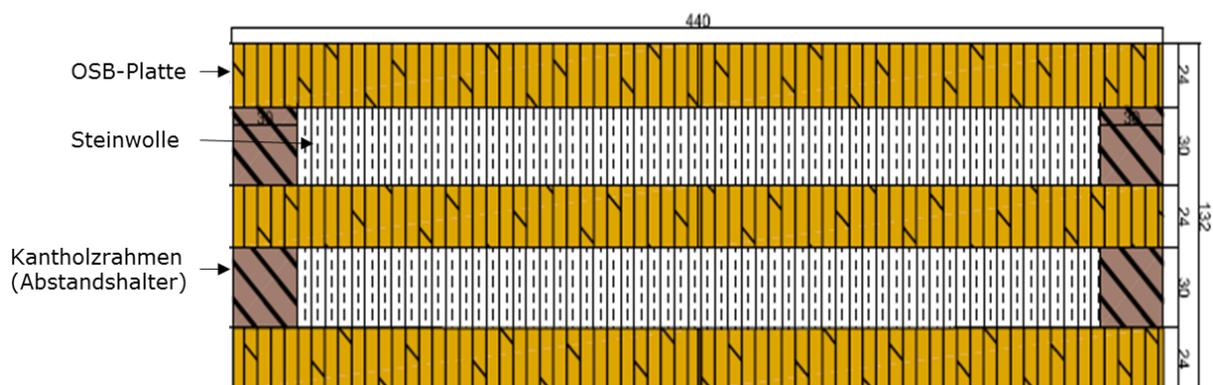


Abbildung 1: OSB-Modul

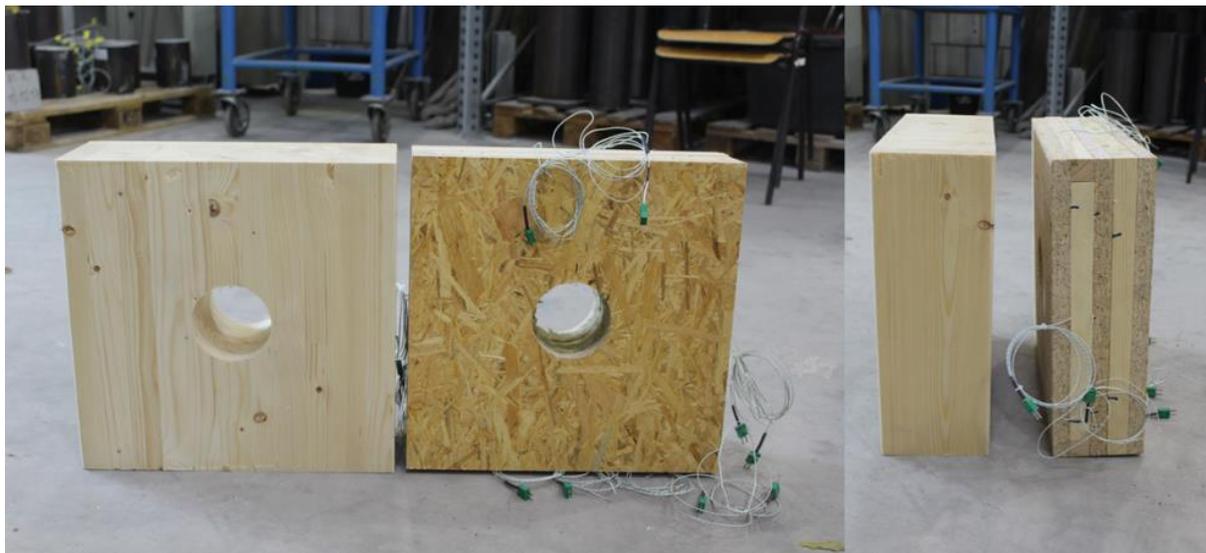


Abbildung 2: Bsp. Holzmodule, Front- und Seitenansicht

Ziel der unterschiedlichen Modulaufbauten ist es, herauszufinden, ob generell ein massiver Modulaufbau oder ein Schichtaufbau für die Durchführung von Leitungen besser geeignet ist. Die Module selbst sollen dabei auf der Fläche eine Feuerwiderstandsdauer von 120 Minuten erreichen können. Generell sollen die Module eher konservativ bemessen sein. Unter der Annahme, dass der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) bei Normaltemperatur einen Einflussparameter für die Feuerwiderstandsfähigkeit darstellt, kann der Aufbau des OSB-Moduls schlanker ausfallen als der des BSH-Moduls. Die Module weisen nicht den gleichen U-Wert auf. Der U-Wert kann nur als eine grobe Annäherung für den zu erwartenden Feuerwiderstand genutzt werden. Als weitere Bemessungsgrundlage diene die Abbrandrate des Holzes, die in diesem Fall mit 0,7 mm angesetzt wurde. Grundlage dieser Annahme stellen Herstellerangaben sowie DIN EN 1995-1-2 [5] dar.

Die in Gebäuden vorkommenden Leitungen können grob unterteilt werden in Kabel, brennbare Rohre und nichtbrennbare Rohre. Bei Letzteren ist in Bezug auf die passende Abschottungsmaßnahme zu unterscheiden, ob die Rohre mit brennbaren Baustoffen isoliert sind oder keine bzw. eine Isolierung aus nichtbrennbaren Baustoffen aufweisen. In den Kleinbrandversuchen wurden alle vorgenannten Leitungsarten in den Dimensionen, die für den Einsatz in Gebäudeklasse 4 in Deutschland relevant sind untersucht. Die Abschottung der Leitungen erfolgte jeweils mit einer klassifizierten Abschottung. Alle verwendeten Abschottungen sind gebräuchlich und von verschiedenen Herstellern in ähnlicher Form erhältlich. Die verwendeten Abschottungen waren zum Zeitpunkt der Auswahl für den Einbau in verschiedene Wandkonstruktionen zugelassen, nicht aber für den generellen Einbau in Holzwände oder -decken in Deutschland. Nach [6] können unterschiedliche Abschottungssysteme, die für andere Wandkonstruktionen zugelassen sind auch in Holzwänden angewendet werden. Wichtig ist dabei, dass für den Einbau der Abschottung jeweils vergleichbare Bedingungen zum Einbau in Beton- oder Trockenbaukonstruktionen vorherrschen. Bei der Auswahl der Dichtungsmittel wird auf jene verwiesen die für Trockenbaukonstruktionen geeignet sind. Die verwendeten Abschottungen und Dichtmittel wurden auf Grundlage von Versuchs- und Forschungsberichten (z. B. [6] und [7]), sowie Erfahrungswerten der Projektbeteiligten ausgewählt. Es ist zu beachten, dass nicht alle Versuchsaufbauten der ausgewerteten Quellen [6] und [7] mit den eigenen vergleichbar sind. So wurden häufig klassifizierte Öffnungsleitungen verwendet, was beispielsweise maßgeblichen Einfluss auf die Wirksamkeit von Dichtmitteln haben kann. Die folgende Tabelle ordnet den in den Vorversuchen verwendeten Leitungsarten die dafür verwendete Abschottungsart zu.

Tabelle 1: Abschottungen in Abhängigkeit der Leitungsart

Art der Leitung	Verwendete Abschottung				
	Brand-schutzkabel-manschette	Brand-schutzrohr-manschette	Weich-schott	Brand-schutz-bandage	Brand-schutzrohr-schale
Kabel	X		X		
Brennbares Rohr		X			
Nichtbrennbares Rohr				X	X

Die Durchführung der Leitung wurde für die Leitungsarten Kabel und brennbares Rohr mittig im Modul angeordnet und je ein Kabelbündel (bestehend aus vier Kabeln) bzw. ein Rohr durch das Modul geführt. Bei den nichtbrennbaren Rohren wurden beide Abschottungsvarianten in einem Modul angeordnet. Dies war an dieser Stelle möglich, da der Durchmesser der Leitungen deutlich kleiner war als bei den anderen Leitungsarten, sodass eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen werden konnte. Die Durchführungen wurden so angeordnet, dass die Abstände zu den Modul-Außenkanten sowie die Abstände untereinander maximiert wurden. In Abbildung 3 sind die verschiedenen Versuchsaufbauten beispielhaft im Brettschichtholzmodul, eingebaut im Ofen, dargestellt. Um die Verwertbarkeit der Ergebnisse abzusichern, wurden jeweils zwei identische Versuchsaufbauten untersucht. Generell war ein Unterschied zu offiziellen üblichen Brandtests die direktere Beflammung der Penetranten (siehe Abbildung 4).

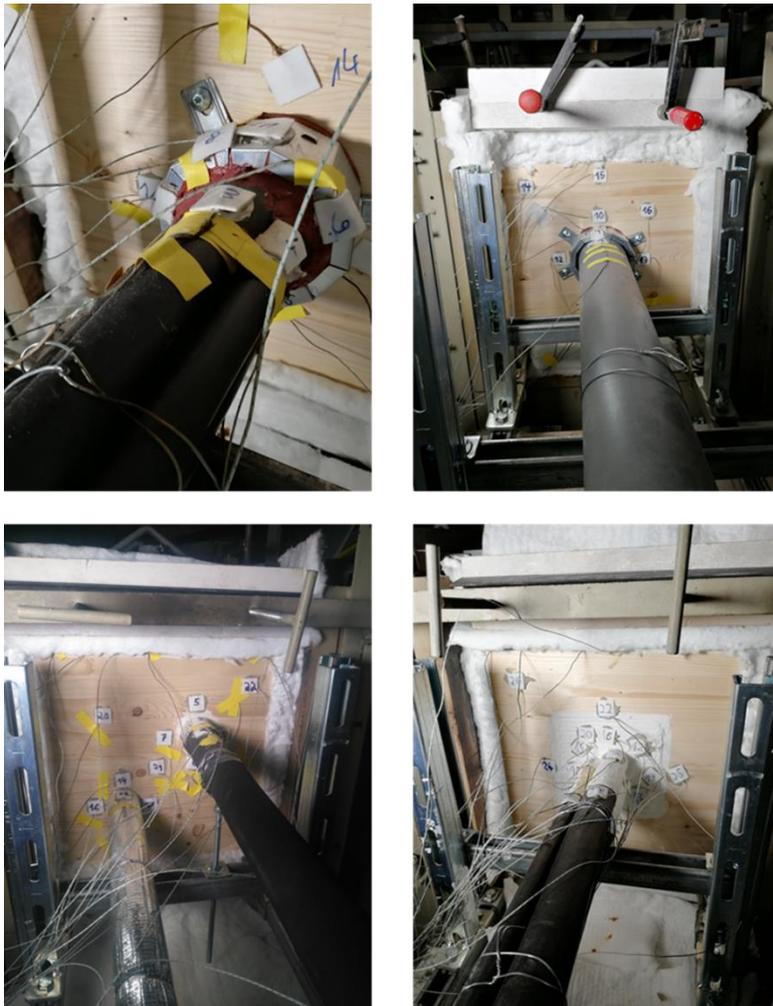


Abbildung 3: Darstellung Versuchsaufbauten

### 3.2. Versuchsbeobachtungen – Ergebnisse

Die Messungen und Versuchsbeobachtungen erfolgten grundlegend nach DIN EN 1363-1 [8] und DIN EN 1366-3 [9]. Ein besonderes Augenmerk wurde zudem auf den Anschlussbereich der Abschottungen an die Holzmodule gelegt, welcher beim Einbau von Abschottungen in Holzbauteile als kritisch anzusehen ist. Die Rauchentwicklung über die Versuchszeit und sonstige Auffälligkeiten wurden dokumentiert. Es liegt keine quantitative Bewertungsgrundlage für übermäßigen Rauchaustritt vor.

Zunächst wurde festgestellt, dass bei fast allen Versuchen das Kriterium Raumabschluss über die volle Versuchsdauer aufrechterhalten blieb. Eine Ausnahme stellten dabei die Versuche mit der Brandschutzmanschette dar. Bei drei von vier Versuchen kam es dort zu einem frühen Versagen des Raumabschlusskriteriums. Bei allen anderen konnte ein vorzeitiges Versagen, in Bezug auf die angestrebte Versuchsdauer von 120 Minuten, auf das Leistungskriterium «Wärmedämmung» zurückgeführt werden.

In Tabelle 2 sind die erreichten Feuerwiderstandsklassen aufgrund der Versagenszeiten des Wärmedämmkriteriums in den einzelnen Versuchen dargestellt.

Tabelle 2: Versagenszeiten Wärmedämmkriterium

#### Legende

Feuerwiderstandsklasse (FWK) → Farbe
EI 30
EI 60
EI 90
EI 120

#### Brandschutzrohrschale

Versuch	FWK
Brandschutzrohrschale_OSB_01	EI 90
Brandschutzrohrschale_OSB_02	EI 90
Brandschutzrohrschale_BSH_01	EI 120
Brandschutzrohrschale_BSH_02	EI 120

#### Brandschutzkabelmanschette

Versuch	FWK
Brandschutzkabelmanschette_OSB_01	EI 60
Brandschutzkabelmanschette_OSB_02	EI 60
Brandschutzkabelmanschette_BSH_01	EI 60
Brandschutzkabelmanschette_BSH_02	EI 60

#### Brandschutzbandage

Versuch	FWK
Brandschutzbandage_OSB_01	EI 60
Brandschutzbandage_OSB_02	EI 60
Brandschutzbandage_BSH_01	EI 90
Brandschutzbandage_BSH_02	EI 90

#### Platten-Weichschott

Versuch	FWK
Platten-Weichschott_OSB_01	EI 30
Platten-Weichschott_OSB_02	EI 60
Platten-Weichschott_BSH_01	EI 60
Platten-Weichschott_BSH_02	EI 60

#### Brandschutzmanschette

Versuch	FWK
Brandschutzmanschette_OSB_01	-*
Brandschutzmanschette_OSB_02	-*
Brandschutzmanschette_BSH_01	-*
Brandschutzmanschette_BSH_02	EI 120

\* bei diesen Versuchen konnte keine Temperaturüberschreitung ermittelt werden. Relevant war in diesem Fall das Versagen des Kriteriums "Raumabschluss".

Generell kann festgestellt werden, dass beide Modulaufbauten auf der Fläche eine Feuerwiderstandsdauer von mehr als 120 Minuten erreichen. Dennoch zeigen sich bei allen Versuchsergebnissen durchgehend Vorteile beim BSH-Modul gegenüber dem OSB-Modul. Im Allgemeinen lässt sich die Eignung von für den Massivbau und Trockenbau geeigneten Abschottungsprodukten für den Holzbau bestätigen. Dabei sind teilweise Besonderheiten bei der Anwendung zu beachten. Diese werden im Folgenden aufgezeigt.

Besonders positive Ergebnisse konnten in den Vorversuchen bei Abschottungen von nicht-brennbaren Rohren mit Brandschutzbandagen und Brandschutzrohrschalen erzielt werden. Der Einbau erfolgte entsprechend den Vorgaben aus den Anwendbarkeitsnachweisen für den Einbau in ein Betonbauteil. Die Brandschutzrohrschale wurde dabei ohne einen Ringspalt eingebaut. Eine Ausführung mit Ringspalt wurde bislang nicht betrachtet. Es konnte im BSH-Modul immer eine Feuerwiderstandsdauer von mehr als 90 Minuten erreicht werden. Einzige Auffälligkeit ist dabei die Verfärbung um den Ringspalt bei der Brandschutzrohrschale, die sich im Laufe der Versuchszeit weiter ausbildet. Ebenfalls als positiv zu werten sind die Ergebnisse, die mit der Brandschutzkabelmanschette erzielt

werden konnten. Auch diese wurde wie in Beton zugelassen eingebaut. Tabelle 2 kann entnommen werden, dass zwar in allen Versuchen nur eine Feuerwiderstandsfähigkeit von mehr als 60 Minuten erreicht werden konnte, allerdings wurde das Temperaturkriterium in den meisten Fällen nur kurz vor der 90-Minuten Grenze überschritten. Dies ist Vermutlich auf die Verwendung recht großer Kabeldurchmesser (mittlere Mantelleitungen nach DIN EN 1366-3 Tab. A1)) mit hohem Kupferanteil zurückzuführen, die in dieser Einbauweise nicht vom Anwendbarkeitsnachweis der Brandschutzkabelmanschette abgedeckt waren. Die Kabel waren in den Vorversuchen zusätzlich aufgrund der Ofengeometrie einer sehr direkten Beflammung ausgesetzt (siehe Abbildung 4). Dieser Effekt war daher zu erwarten. Die Stelle die untersucht werden sollte, nämlich der Anschluss der Manschette an Holz, kann als positiv beurteilt werden. Anders sind die Ergebnisse der Versuche der Abschottung mittels Weichschott zu werten. Zwar wurde dabei die Feuerwiderstandsdauer von mehr als 60 Minuten in fast allen Versuchen erreicht, was für die Verwendung in Gebäudeklasse 4 im Regelfall ausreichend ist, allerdings ist das Versagen mit großer Wahrscheinlichkeit auf das Hinterbrennen der inneren Dämmplatte zurückzuführen. Zudem konnte zu Versuchsbeginn und auch im späteren Verlauf starker Rauchaustritt im Bereich um die Kabel beobachtet werden. Der spätere Rauchdurchtritt könnte auf die Instabilität des Schotts durch den Abbrand des Holzes, um die innere Dämmplatte zurückzuführen sein. Aufgrund der früh erreichten hohen Temperaturen auf den Leitungen und dem starken Rauchaustritt (im Vergleich zu dem bei den anderen Abschottungen beobachteten Rauchdurchtritt) und der Vermutung, dass sich dieser Effekt bei filigraneren Holzbauteilen verstärken könnte, wird von der Verwendung des Weichschotts in dieser Einbauart (ohne klassifizierte Öffnungsleibung) in Holzbauteilen aus Sicht des aktuellen Ergebnisstands zumindest für erforderliche Feuerwiderstandsdauern von mehr als 60 Minuten abgeraten. Weichschotts können durch das Fehlen intumeszierender Bestandteile den Abbrand des Holzes im Leibungsbereich nicht kompensieren. Die Ergebnisse der Versuche mit der Brandschutzmanschette zur Abschottung von brennbaren Rohren sind unterschiedlich ausgefallen. In den ersten drei Versuchen kam es bereits innerhalb der ersten 30 bzw. 50 Minuten zu einem Versagen des Raumabschlusses. Dies ist auf die Ausführung des Ringspalts zurückzuführen. Der Ringspalt hatte ein umlaufendes Maß von ca. 2 mm. Im letzten Versuch wurde das Rohr auf einer Breite von ca. 3 cm mit der Füllmasse bestrichen und im Anschluss von der Brandseite aus durch die Öffnung geführt. So konnte die erforderliche Verfülltiefe erreicht werden. Es kam bei diesem Versuch zu keinem Versagen des Raumabschlusses. Aus diesem Grund sollte nach dem aktuellen Wissensstand für den Einbau von Kabelmanschetten in Holzbauteile ein Mindestmaß für Ringspalte sowie eine Mindestverfülltiefe festgelegt werden. Dies soll im späteren Projektverlauf validiert werden.

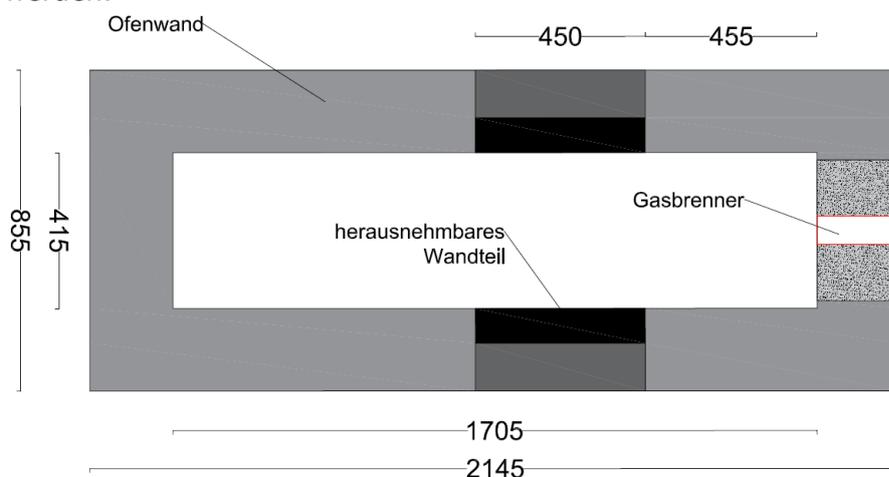


Abbildung 4: Geometrie Kleinbrandofen TUK

## 4. Ausblick

Im Nachgang zu den insgesamt als positiv zu wertenden Kleinbrandversuchen ist die Durchführung zweier Großbrandversuche geplant. Dabei sollen Holzmodule in eine Holzrahmenwandkonstruktion und eine Brettsperrholzwandkonstruktion eingesetzt werden. Abbildung 5 zeigt den Aufbau des Holzrahmenwandprobekörpers für einen der Großbrandversuche. In die Module sollen die gleichen Abschottungen eingebaut werden, die auch in den Kleinbrandversuchen verwendet wurden. Der Einbau wird bei einigen Abschottungen aufgrund der Erkenntnisse aus den Kleinbrandversuchen modifiziert. Ein relevantes Detail stellt beim Großbrandversuch die Anschlussfuge zwischen Modul und Wandöffnung dar. Für die Großbrandversuche wurde eine möglichst sichere Ausführung der Anschlussfuge gewählt, um ein frühes Versagen dieser zu vermeiden.

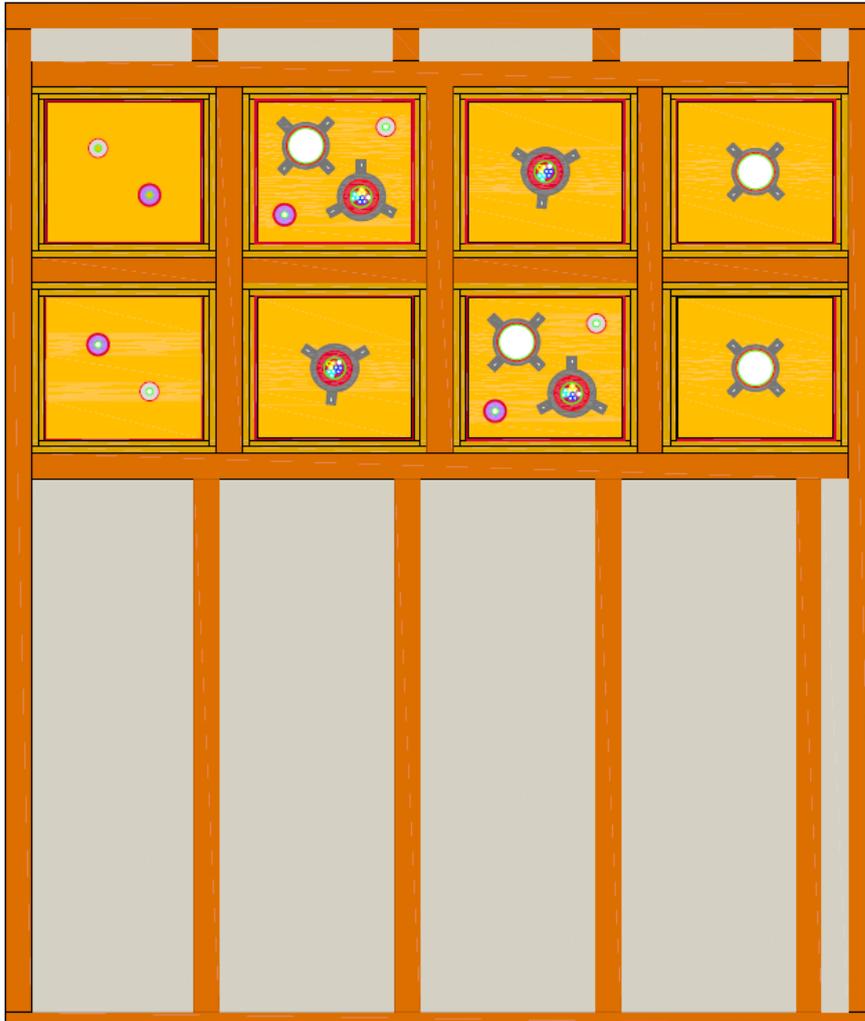


Abbildung 5: Aufbau Großbrandversuch Holzrahmenwand

## 5. Dank

An dieser Stelle sei unseren Forschungspartnern Hilti Entwicklungsgesellschaft sowie Birk Heilmeyer und Frenzel Architekten herzlich gedankt. Ein weiterer großer Dank geht an die Firma Stora Enso, für das Sponsoring eines Wandprobekörpers. Auch gedankt sei den Müllerblaustein Holzbauwerken für die Unterstützung bei der Herstellung eines weiteren Probekörpers. Weiterhin bedanken wir uns bei den Firmen Deutsche Rockwool und Armacell für die Bereitstellung von Materialien für unsere Versuche. Das Projekt wurde gefördert durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau.



## Literatur

- [1] Musterbauordnung (MBO), 2002, zuletzt geändert 13.05.2016.
- [2] Musterholzbaurichtlinie (M-HFHHolzR), 2004.
- [3] R. Eberl-Pacan, «Brandschutz und Holzbau: Neuerungen in den LBO,» FeuerTrutz, pp. 6-9, November 2018.
- [4] M. Lippe, J. Prof. Dr. Ing. Wesche, D. Rosenwirth und J. Dr. Reintsema, Kommentar mit Anwendungsempfehlungen und Praxisbeispielen zu der MLAR, MSysBöR, MEltBauVO, 4 Hrsg., Winnenden: Heizungs-Journal Verlags GmbH, 2011.
- [5] «DIN EN 1995-1-2 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall,» 2010.
- [6] B. Östman, E. Mikkola, R. Stein, A. Frangi, J. König, D. Dhima, T. Hakkarainen und J. Bregulla, Fire safety in timber buildings, 2010.
- [7] M. Teibinger und I. Matzinger, Brandabschottung im Holzbau - Planungsbroschüre, Wien: Holzforschung Austria, 2013.
- [8] DIN EN 1363-1 Feuerwiderstandsprüfungen Teil 1: Allgemeine Anforderungen, 2012.
- [9] DIN EN 1366-3 Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen - Teil 3: Abschottungen, 2009.