

TIMpuls - abschließende Realbrandversuche für den mehrgeschossigen Holzbau

Thomas Engel M.Sc., Christoph Kurzer M.Eng., Dr.-Ing. Norman Werther,
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

1 Einleitung

Das Forschungsprojekt TIMpuls untersucht brandschutztechnische Grundlagen zum mehrgeschossigen Holzbau. Zu diesem Zweck wurden abschließend fünf Realbrandversuche durchgeführt, um die bauordnungsrechtliche Verwendbarkeit von tragenden und raumabschließenden Holzbaukonstruktionen in mehrgeschossigen Gebäuden bis zur Hochhausgrenze voranzutreiben.



Abbildung 1: Brandversuch am TUM-Campus in Garching bei München

2 Ziele der großmaßstäblichen Realbrandversuche

Die Realbrandversuche dienen zum Beleg der innerhalb des Forschungsvorhabens gewonnenen Erkenntnisse und als Grundlage zum Nachweis der bauordnungsrechtlichen Schutzziele, wie die Tragfähigkeit, der Raumabschluss, das Selbstverlöschten bzw. die Löschbarkeit der Konstruktionen durch die Feuerwehr (Nachbrandverhalten) sowie die Begrenzung der Brandausbreitung. Untersucht werden Raumbrände in Holzkonstruktionen mit einer realistischen mobilen Brandlast und bautypischen Ausführungen. Besonders die Variation zwischen ungeschützten, anfänglich geschützten und vollständig geschützten Holzoberflächen ist hierbei von hoher praxisrelevanter Bedeutung.

Konkrete Untersuchungsziele sind hierbei:

- Beleg der Ergebnisse der vorherigen, im Bauteilmaßstab durchgeführten Versuche im „realen Versuchsbauwerk“ unter Naturbrandbedingungen
- Einfluss brennbarer Bauteiloberfläche auf den Brandverlauf
- Verhalten der Brandschutzbekleidung und deren Schutzzeiten unter Naturbrandbeanspruchung
- Verhalten bzgl. Selbstverlöschten und Nachbrandverhalten von Holzkonstruktionen
- Löschbarkeit der praxisüblichen Konstruktionen im Holzbau
- Analyse der Brandweiterleitung über die Fassade in das Geschoss über dem Brandgeschoss durch brennbare Oberflächen im Raum
- Untersuchung der Auswirkungen von brandschutztechnischen Schutzmaßnahmen im Stoß- und Fügungsbereich von Bauteilen
- Bewertung der Standsicherheit unter Naturbrandbeanspruchung
- Bewertung des Raumabschlusses (Feuer und Rauch, Wärmedämmung) unter Naturbrandbeanspruchung
- Überprüfung und abschließende Beurteilung der Vorgaben des Entwurfes der M-HolzBauRL

Zusammenfassend soll abschließend unter ganz realen Bedingungen untersucht werden, wie ein Vollbrand in mehrgeschossigen Holzgebäuden verläuft. Im Rahmen der Versuche werden daher umfangreiche Messdaten (Temperatur, Strömungsgeschwindigkeit, Gewichtsverlust der mobilen Brandlast und Bauteile usw.) aufgezeichnet, die



Abbildung 2: WF TUM Garching bei der Brandbekämpfung

ausgewertet ein klareres Bild davon geben, wie sich die Gesamtkonstruktion im Brandfall und während des Löschvorgangs verhält. Letzteres nimmt auch bei diesen Versuchen einen großen Stellenwert ein. Hierdurch soll eine gesamtheitliche Betrachtung von Bränden in Holzgebäude ermöglicht werden, da von der Entstehung bis zur Brandbekämpfung durch die Feuerwehr alle Phasen eines realistischen Brandereignisses eingeschlossen sind.

3 Aufbau der Brandversuche

3.1 Beschreibung der Versuche

Der erste Versuch dient als Referenzversuch und soll durch die massive Brandschutzbekleidung aller Bauteile ein nichtbrennbares Gebäude, z.B. aus Mauerwerk bzw. Stahlbeton, darstellen. Bei den weiteren vier Versuchen sind unterschiedliche Kombinationen von Holzkonstruktionen, wie Brettsperrholz (BSP), Brettschichtholz (BSH) und Holztafelbauweise (HTB) jeweils in Verbindung mit Gipskarton-Feuerschutz- (GKF) oder Gipsfaserplatten (GF) bzw. ungeschützt im Einsatz, vgl. Tabelle 1.

Das Innenmaß der Versuchsraumgrundfläche beträgt bei drei kleineren Versuchen 4,5 x 4,5 m und bei zwei großen Versuchen 4,5 x 9 m. Dadurch entsteht ein geometrisches Verhältnis von 1 zu 2 für die Grundfläche, den Wandabstand und das Volumen, wodurch der räumliche Einfluss auf den Brandverlauf beobachtet werden kann, vgl. Abbildung 3. Zur Abbildung von bautypischen Raumhöhen beträgt das Innenmaß der Versuchsräume ca. 2,4 m, vgl. Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht zu den Konstruktionsformen der Versuche

Versuch	V0	V1	V2	V3	V4
Raumgröße (B x L x H)	4,5 m x 4,5 m x 2,4 m				
Grundfläche	20,25 m ²				
Öffnungsgröße (B x H)	2,4 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 GF	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 GK	100 mm BSP 18 mm GF	140 mm HTB 2x18 mm GF	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

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

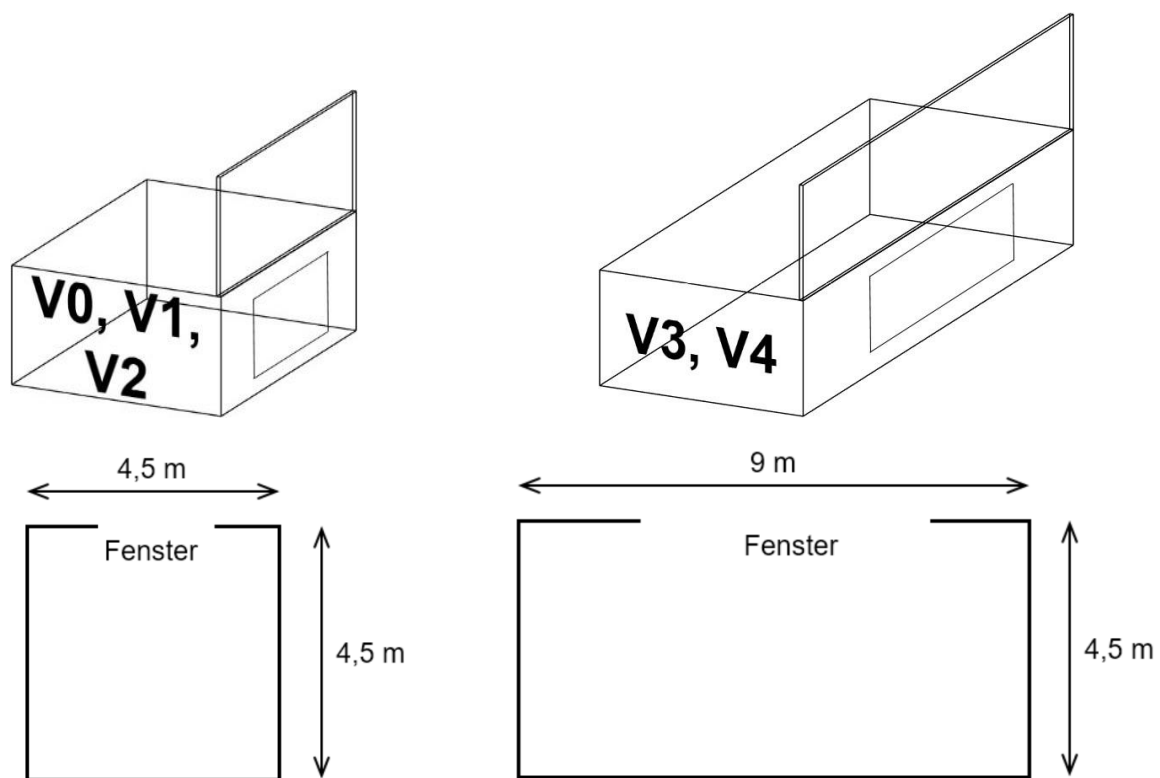


Abbildung 3: Grundrisse der fünf Realbrandversuche

Alle Raumkonstellationen bzw. Versuchsdurchgänge verfügen über eine Fensteröffnung. Der Öffnungsfaktor wird in Anlehnung an die bisherigen Untersuchungen und auf Basis der im Rahmen des Vorhabens verwendeten Naturbrandkurve [2] nach DIN EN 1991-1-2 Anhang AA [2] zu $O = 0,094 \text{ m}^{1/2}$ gewählt. Dies entspricht einer Öffnung von $2,4 \times 2,2 \text{ m}$ (bxh) im kleinen Raum ($4,5 \times 4,5 \text{ m}$) und $4,2 \times 2,2 \text{ m}$ (bxh) im großen Raum ($4,5 \times 9 \text{ m}$). Das Fenster ist von Beginn an geöffnet. Dies dient der Vergleichbarkeit zwischen den Realbrandversuchen und den vorher gelaufenen kleinmaßstäbigen Grundlagenversuchen.

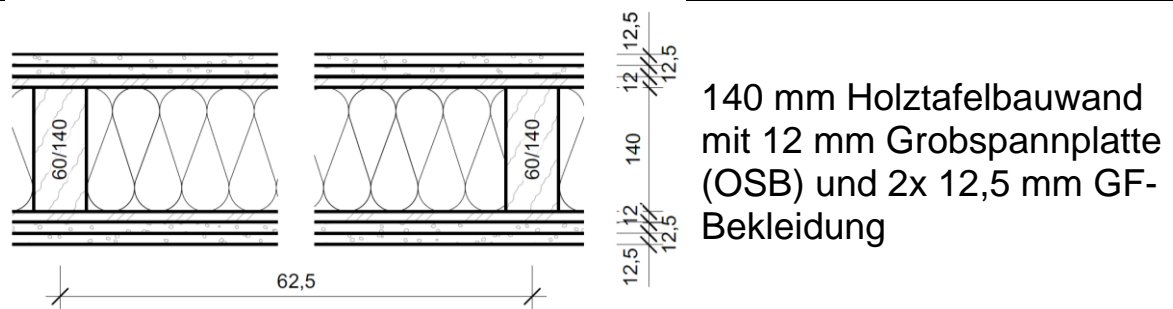
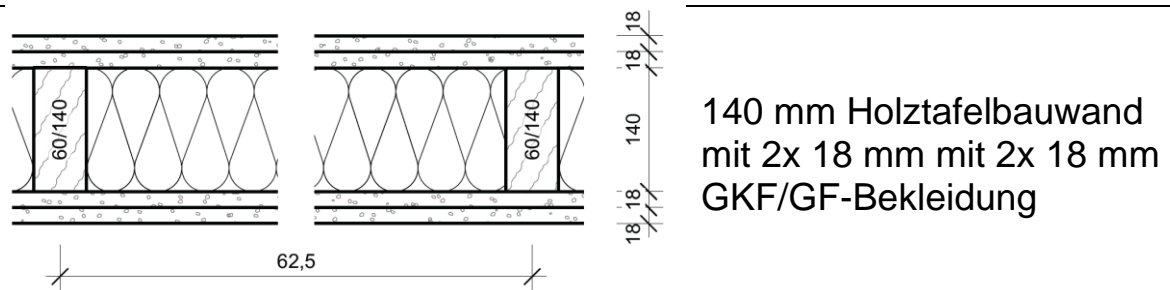
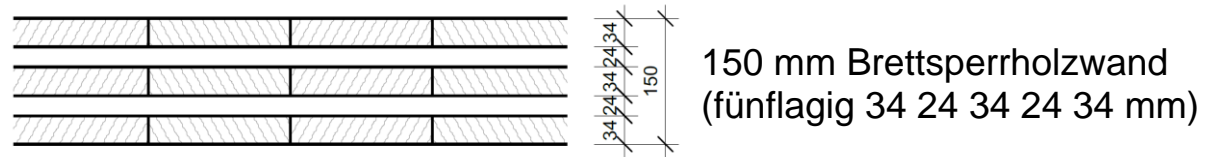
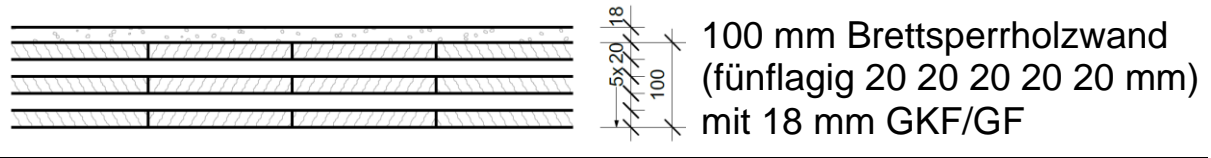
3.2 Bauteilkatalog

Die Auswahl der Wand- und Deckenkonstruktionen soll die baupraktischen Ausführungen im Holzbau widerspiegeln und gleichzeitig die bauordnungsrechtlich gewünschten Veränderungen mitbetrachten. Hierfür wurden Abstimmungen mit Praxispartnern geführt und mit den Erkenntnissen aus diesem und anderen Forschungsvorhaben, wie z. B. dataholz.de [3], zusammengeführt.

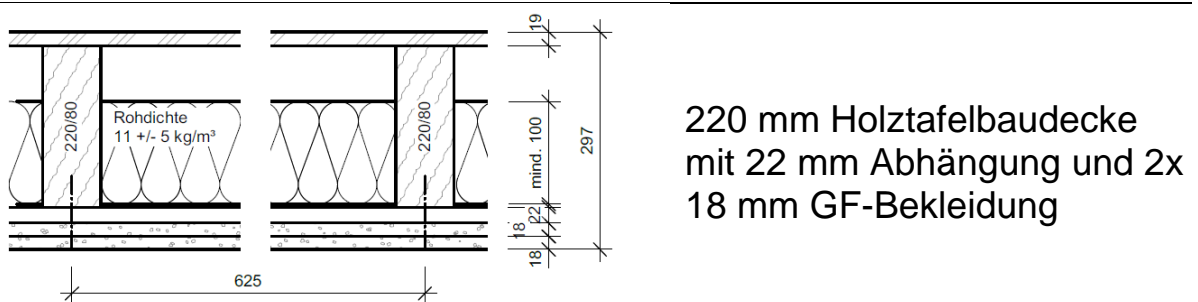
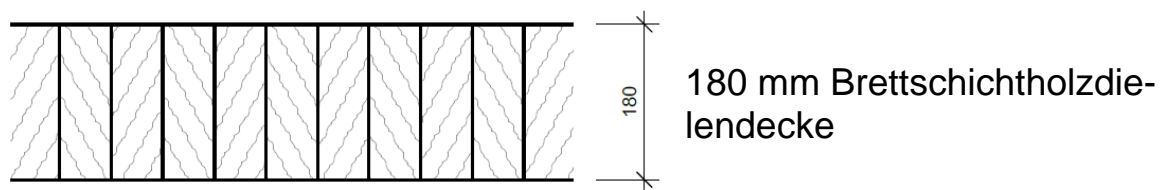
Eine genaue Übersicht der wesentlichen Holzkonstruktionen der Versuche sind in Tabelle 2 abgebildet und beschrieben.

Tabelle 2 - Übersicht der Holzkonstruktionen aus den Versuchen

Wandaufbauten



Deckenaufbauten



3.3 Anschlüsse und Elementfugen

Die Bauteilanschlüsse (Wand-Decke und Wand-Wand) sowie die Elementstöße erfolgen nach typischen baupraktischen Vorgaben (inkl. Toleranzen von bis zu 20 mm), vgl. Abbildung 4, und nach den Erkenntnissen aus [4]. Dementsprechend können später für die bauordnungsrechtlichen Empfehlungen bereits die zu erwartenden Toleranzen der Bauausführung mitberücksichtigt werden.

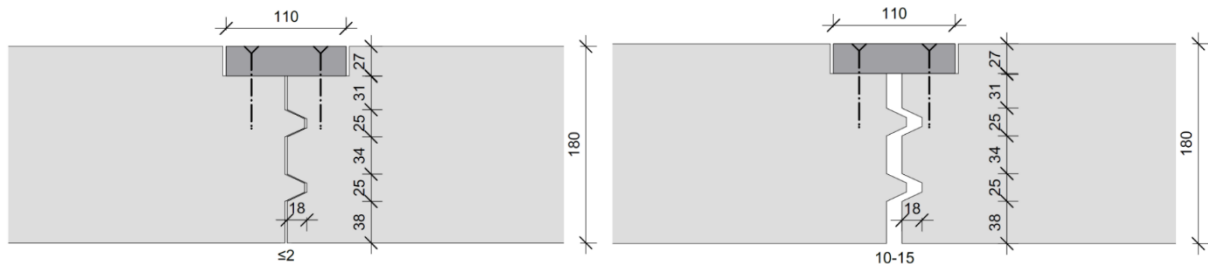


Abbildung 4: Darstellung von zwei beispielhaften Elementstößen der Brettsichtholzdecke

4 Brandlast

Für die Versuche wird eine Brandlastdichte für die Nutzung „Wohnraum“ gewählt. Damit ergibt sich nach [2] für das 90 % - Quantil eine charakteristische Brandlastdichte von 1.085 MJ/m^2 .

Die Brandlast wird in Form von Holzkrippen in den Versuchen ausgeführt. Die Grundfläche der einzelnen im Brandraum gleichmäßig verteilten Holzkrippen betragen jeweils $1.000 \times 1.000 \text{ mm}$. Sie sind aus Stäben mit den Abmessungen $B \times H = 40 \times 40 \text{ mm}$ ausgeführt. Das Material zu Luft Verhältnis der Krippen beträgt 1:1. Unter Berücksichtigung der Holzfeuchte und der Rohdichte der Holzkrippen entspricht die oben beschriebene Brandlast von 1085 MJ/m^2 ca. 74 kg/m^2 Holz, also in Summe ca. 1,5 Tonnen im kleinen Raum ($4,5 \times 4,5 \text{ m}$) und ca. 3 Tonnen Holz im großen Raum ($4,5 \times 9 \text{ m}$). Mit Blick auf die sehr hoch angesetzte Brandlast lassen sich die durchgeführten Versuche als in ihrer Form einzigartig definieren.

5 Untersuchungsziele der Versuche

5.1 Versuch V0

Als Referenz zwischen den üblichen Bauweisen des mehrgeschossigen Bauens dient der Versuch V0. Durch die massive Brandschutzbekleidung (2x 25 mm Gipsfeuerschutzplatte) der brennbaren Konstruktion soll ein Mitbrennen des Holzes ausgeschlossen werden und somit das Brandverhalten einer nichtbrennbaren Konstruktion imitiert werden, vgl.



Abbildung 5: Drohnenaufnahme aus dem Inneren des Brandraumes (V0)

Abbildung 5. Folglich können die Ergebnisse und Erkenntnisse dieser Versuchsreihe ins Verhältnis mit anderen Brandversuchen gesetzt werden und ein Vergleich zwischen brennbarer und nichtbrennbarer Bauweise (z.B. Mauerwerk, Beton) ermöglichen.

5.2 Versuch V1

Beim Versuch V1 ist die Zielsetzung die Abbildung von baupraktischen Ausführungen des mehrgeschossigen Holzbaues, wie sie bereit mit leichten Abwandlungen in den Bauprojekten Wohnhaus am Dantebad oder Holz 8 [3] realisiert wurden.



Abbildung 6: 180° Drohnenaufnahme aus dem Inneren des Brandraumes (V1)

Die gewählten Massivholzkonstruktionen mit der sichtbaren Decke und den einfach bekleideten Wänden entsprechen den Vorgaben des bis dato veröffentlichten Entwurfs der M-HolzBauRL. Der Anteil der ungeschützten, sichtbaren Holzoberfläche beträgt 35 % der gesamten Bauteiloberflächen ohne Fußboden und Fenster zu Brandbeginn.

5.3 Versuch V2

Zur Variation der Anordnung der brennbaren Oberflächen sind im Versuch V2 anstatt der Decke zwei Wände unbekleidet ausgeführt. Der Anteil der brennbaren Holzoberfläche an der Bauteiloberfläche ist mit 37 % in etwa identisch zum Versuch V1. Die unbekleideten Wände sind gegenüberliegend angeordnet, um einen gegenseitigen Einfluss der Wände zu provozieren. Zur Betrachtung von bautypischen Schwächungen der Wände durch Elektroeinbauten wurden vier Bohrungen in eine der Massivholzwände vorgesehen und mit für den Brandschutz klassifizierten Einbaudosen für Steckdosen oder Schaltern bestückt, aber ohne Einbauteil. Hiermit sollte ein möglichst ungünstiger Fall aus der Praxis abgedeckt werden.



Abbildung 7: 180° Drohnenaufnahme aus dem Inneren des Brandraumes (V2)

5.4 Versuch V3

Versuch V3 stellt ein Gebäude mit einer sichtbaren Brettschichtholz-Decke und vier bekleideten Holztafelbauwänden (2 x 18 mm GKF/GF) dar, wobei eine Wand geringer (2 x 12,5 mm GKF/GF + OSB) bekleidet war.

Hiermit soll die Vergleichbarkeit zwischen den holzbauspezifischen Bauweisen Massivholz zu Holztafelbau erbracht werden. Der Anteil von brennbarer Holzoberfläche an der Bauteiloberfläche beläuft sich auf 42 % und ist damit nur leicht erhöht zu den vorherigen Versuchen.



Abbildung 8 - 180° Drohnenaufnahme aus dem Inneren des Brandraumes (V3)

5.5 Versuch V4

Als Abschluss der Versuchsreihe ist im Versuch V4 der größte Anteil an brennbarer Holzoberfläche an der Bauteiloberfläche mit 58% vorgesehen. Neben der Decke und einer Wand sind zusätzlich ein Unterzug und zwei Stützen im Brandraum angeordnet. Hiermit soll auch nochmals der Einfluss der brennbaren Oberfläche im Raum auf die Brandausbreitung über die Fassade betrachtet werden. Zusätzlich ist auch das Eingreifen der Feuerwehr nach über 60 Minuten aber weiterhin in der Vollbrandphase vorgesehen. Hiermit werden dann Aussagen zur Lösbarkeit von Holzgebäuden gewonnen.



Abbildung 9 - Unterzug und Stützen im Brandraum (V4)

6 Zusammenfassung

Die abschließenden Realbrandversuche dienen als „Beleg“ der innerhalb des Forschungsvorhabens TIMpuls gewonnenen Erkenntnisse für mehrgeschossige Holzgebäude. Aufbauend auf den Erkenntnissen aus Klein- und Großbrandversuchen sollen diese Realbrandversuche - im Vorhaben Belegversuche genannt - zum Ende des Vorhabens die Ergebnisse abschließend unter realen Randbedingungen und natürlichen Brandlasten nachweisen. Dabei werden bautypische, im mehrgeschossigen Holzbau übliche Kombinationen aus verschiedenen Konstruktionsformen (z.B. Brettsperrholz, Brettschichtholz und Holztafelbau) berücksichtigt. Es werden sowohl Decken und Wände mit bekleideten als auch mit sichtbaren Holzoberflächen berücksichtigt. Die Versuche sollen für alle Interessenvertreter/innen ein klareres Bild liefern, wie sich die gesamte Holzkonstruktion im Brandfall und während des Löschvorgangs durch die Feuerwehr verhält. Dies unter ganz realen Bedingungen, also praxisnah, so wie es am Ende wirklich brennt. Mit den gewonnenen Erkenntnissen soll die bauordnungsrechtliche Öffnung der Gebäudeklasse 4 und 5 für den mehrgeschossigen Holzbau bekräftigt werden. Bezogen auf die sehr hoch angesetzte mobile Brandlast sind diese Versuche zum aktuellen Zeitpunkt einzigartig.

7 Ausblick

Nachdem zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Tagungsbandes die Versuchsreihe noch nicht final abgeschlossen ist und folglich erst noch Ergebnisse intensiv ausgewertet werden müssen, beschränkt sich dieser Artikel auf die reine Versuchsbeschreibung.

Unter www.timpuls.tum.de [4] können unter dem Reiter - Aktuelles - die Videoaufzeichnungen der Versuche abgerufen werden. Unter Berücksichtigung der Versuchsbeschreibung zuvor können diese Interessierten bereits erste Aufschlüsse liefern. Des Weiteren wird auf der gemeinsamen Projektseite regelmäßig auf neue Ergebnisse und Veröffentlichungen der Forschergruppe verwiesen.

Literatur

- [1] Winter, S., Zehfuß, J.; Engel, T.; Brunkhorst, S., Werther, N. (2019) *Brandschutztechnische Grundlagenuntersuchung für eine erweiterte Anwendung des Holzbaus*. In: Tagungsband der Braunschweiger Brandschutz-Tage vom 25. – 26. September 2019 in Braunschweig.
- [2] DIN EN 1991-1-2/NA:2015-09: *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke*
- [3] Rauch, M.; Werther, N.; Kurzer, C.; Winter, S.; Kaufmann, H. et al (2019) *dataholz.de – Abschlussbericht zum Forschungsprojekt dataholz.de*. Dezember 2019; Technische Universität München. www.dataholz.eu
- [4] Suttner, E.; Werther, N.; Dumler, P. (2020) *Stand der Technik zur Qualität von Bauteil- und Elementfugen in Holzbaukonstruktionen im Hinblick auf den Durchtritt von Feuer und Rauch*; <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20566.80964>
- [5] Technische Universität München (2021) *Forschungsvorhaben TIMpuls* [online]. München: <https://www.timpuls.tum.de>