

Konstruktionsdetails für den mehrgeschossigen Holzbau

Dipl.-Ing. Martin Gräfe
TU München
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
DE-München



Konstruktionsdetails für den mehrgeschossigen Holzbau

1. Einleitung

Seit Übernahme der Musterbauordnung (MBO) 2002 in den meisten Landesbauordnungen ist es formal baurechtlich in Deutschland ohne Sondergenehmigungen möglich geworden, Gebäude bis zu ca. fünf Geschossen in Holzbauweise zu errichten. Neu war unter anderem die Einführung der Gebäudeklassen GK 1 bis GK 5 mit jeweils zugeordneten Anforderungen hinsichtlich des Brandschutzes. In der für den mehrgeschossigen Holzbau relevanten Gebäudeklasse GK 4 wurde die Verwendung von brennbaren Baustoffen in der Tragstruktur möglich, wenn diese mit einer «brandschutztechnischen Bekleidung» ausgestattet wird. Zur Spezifizierung der Anforderungen an hochfeuerhemmende Holzbauteile und deren Brandschutzbekleidungen wurde 2004 die Muster-Holzbaurichtlinie (M-HFH HolzR) erstellt. Nach inzwischen rund 10 Jahren Anwendungspraxis dieser Richtlinie hat sich allerdings vielfach gezeigt, dass die vorliegenden Regelungen an zahl-reichen Stellen baurechtliche und technische Schwierigkeiten in der Umsetzung bereiten. Besonders anspruchsvoll stellen sich dabei der integrale Planungsprozess und die Verknüpfung von statisch-konstruktiven, bauphysikalischen und fertigungstechnischen Gesichtspunkten mit den Vorgaben der Musterrichtlinie und den Verwendbarkeitsnachweisen der Bauteile dar. Verzögerungen im Bauablauf, Mehraufwand und damit verbundene Kostensteigerungen sind oft die Folge der vorgenannten Schwierigkeiten im Planungsprozess, weshalb sich die Verbreitung und Anwendung des mehr-geschossigen Holzbaus sich in Deutschland eher langsam entwickelt.

An dieser Stelle setzt ein im August 2014 am Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TU München abgeschlossenes Forschungsvorhaben an. Ziel war es, die vorhandenen Regelungen im Hinblick auf die praktischen Erfahrungen zu hinterfragen und über dies hinaus Verbesserungsvorschläge für eine erleichterte und größtmöglich standardisierte Anwendung zu erarbeiten. Zu diesem Zweck wurde, neben den theoretischen und rechnerischen Untersuchungen, eine Serie von Brandversuchen konzipiert und durchgeführt, um bestimmte vorher identifizierte Fragestellungen zu beantworten. Auf Basis dieser Versuche sowie den begleitenden theoretischen Untersuchungen wurden verbesserte Detaillösungen abgeleitet und als Vorschlag für künftige Anwendungen dargestellt.

Ein Ergebnis des Forschungsvorhabens ist die Bereitstellung eines Kataloges mit zuverlässig einsetzbaren Bauteilaufbauten und Konstruktionsdetails, die alle technischen Anforderungen in Bezug auf das Tragwerk, den Brand-, Schall-, Wärme- und Feuchte-sowie den Holzschutz in möglichst optimaler Weise erfüllen. Die Erkenntnisse des Vorhabens sollen Architekten, Fachplanern und ausführenden Unternehmen als Hilfestellung dienen, wirtschaftlich und technisch attraktive mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise planungssicher zu entwerfen und zu realisieren.

Gleichzeit können die geführten Nachweise und Begründungen Behördenvertretern bzw. Prüfsachverständigen als Grundlage dienen, um über die geltende Richtlinie hinausgehende Entwürfe zu beurteilen und zu genehmigen.

2. Grundlagen

2.1. Baurechtliche Randbedingungen

«Mehrgeschossige Gebäude» im Sinne des Forschungsvorhabens sind Bauwerke der Gebäudeklasse 4 der MBO 2002. Diese Gebäudeklasse beinhaltet Bauwerke bis 13 m Höhe des obersten Geschossfußbodens mit Nutzungseinheiten von bis zu 400 m² Fläche. An Gebäude der Gebäudeklassen 1 bis 3 (bis 7 m Höhe des obersten Geschossfußbodens) werden deutlich niedrigere Anforderungen hinsichtlich des Brandschutzes gestellt. Insbesondere gelten für sie nicht das «Kapselkriterium» und die Regelungen der M-HFH HolzR.

In der Gebäudeklasse 5 werden aktuell nichtbrennbare Baustoffe in der Tragstruktur gefordert, wodurch der Holzbau an dieser Stelle in Deutschland formal ausgeschlossen ist. Zur konkreten Definition der Anforderungen an hochfeuerhemmende Holzbauteile und deren Brandschutzbekleidungen sowie von Detailausführungen dient die Muster-Holzbaurichtlinie (M-HFH HolzR). Die Richtlinie legt Anforderungen hinsichtlich der zu verwendenden Baustoffe, der Brandschutzbekleidungen und ihrer konstruktiven Ausbildung fest. Sie enthält außerdem Empfehlungen für die Gestaltung von Fugen, Ecken, Bauteilanschlüssen, Öffnungen und Installationsführungen.

2.2. Verwendbare Bauteilaufbauten

2.2.1 Grundsätze

Geeignet für den mehrgeschossigen Holzbau sind grundsätzlich viele auch sonst im Holztafelbau und Holzmassivbau übliche Konstruktionen und Konstruktionsprinzipien im Hinblick auf bauphysikalische Eigenschaften und den Schallschutz.

Unterschiede liegen in der Ausführung der Brandschutzbekleidung, welche neben den Anforderungen an die flächige Schutzwirkung besonderen Vorschriften hinsichtlich der Detailausführung unterliegt.

Insbesondere bei hohen Gebäuden sind die Horizontal- und Vertikallasten auf Wände und Stützen wesentlich größer als bei ein- bis dreigeschossigen Bauwerken, was sich z. B. bei querdruckbeanspruchten Bauteilen und Verankerungen sowie Verbindungsmittelanordnungen auswirkt.

Die Vielfalt der Konstruktionsmöglichkeiten ist sehr hoch, es wurden in nahezu jedem bisher gebauten Beispiel unterschiedliche Bauweisen gewählt. Es existiert neben den individuell geplanten Bauteilkonstruktionen eine große Bandbreite von herstellereigenen Sonderkonstruktionen, z. B. für Deckenelemente oder Wandaufbauten. Diese Bauteile sind bei Projekten aus den europäischen Nachbarländern oft nicht für die deutschen Anforderungen hinsichtlich des Brandschutzes konzipiert, z. B. sind die standardmäßig verwendeten Bekleidungsstärken mit Gipsplatten zu gering. Es lassen sich jedoch viele dieser Bauteile für die deutschen Regelungen anpassen, z. B. bei Ersatz der häufig üblichen 2 x 12,5 mm Gipsplatten durch eine Bekleidung nach den Regelungen für eine «K₂60-Kapselung». Hierzu sind die Regelungen in den Prüfzeugnissen und der M-HFH HolzR sinngemäß anzuwenden. Ein Beispiel sind die in der Schweiz häufig verwendeten Hohlkasten-Deckenelemente, welche sehr gute Schalldämmwerte aufweisen. Diese sind nicht explizit in den Prüfzeugnissen für K₂60-Brandschutzbekleidungen enthalten, können aber die tragende Balkenkonstruktion in einer «Standard»-Holzbalkendecke ersetzen, die Ausführungsart der Brandschutzbekleidung bleibt davon unberührt. Da in solchen Fällen von den Angaben der abP's abgewichen wird, muss zum Nachweis der baurechtlichen Verwendbarkeit in der Regel eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) beantragt werden.

2.2.2 Bauaufsichtliche Prüfzeugnisse

Die verschiedenen existierenden Prüfzeugnisse für Bauteilaufbauten nach M-HFH HolzR legen genau fest, wie die Bekleidung im konkreten Fall für das jeweilige Plattenmaterial auszuführen ist. Sie enthalten alle notwendigen Angaben hinsichtlich der Befestigung der Platten, der Ausführung der Unterkonstruktion, der Art und Dicke der zu verwendenden Dämmstoffe, ggf. einzubauender zusätzlicher Schichten wie Estrich als Fußbodenaufbau. Alle Angaben sind als Mindest- bzw. sinngemäß Maximalmaße zu verstehen. Größere Schichtdicken sind im Regelfall zulässig, kleinere Abstände z. B. zwischen den Befestigungspunkten ebenfalls. Es muss für jedes Bauteil vor Beginn der Detailplanung ein konkretes Prüfzeugnis ausgewählt werden und das Bauteil anschließend genau nach den dortigen Angaben gestaltet werden. Eine Mischung der Angaben verschiedener Prüfzeugnisse in einem Bauteil ist nicht zulässig.

3. Brandversuche

Es wurden vier Brandversuche an hochfeuerhemmenden Wand- und Deckenelementen durchgeführt. Die Versuchskörper waren jeweils entsprechend einem aktuell verfügbaren und praxisüblichen abP aufgebaut, verwendet wurden Holzrahmen- und Holzmassivbau-

weisen. Eingebaut wurden verschiedene Rohr- und Elektroinstallationen, außerdem alternative Arten von Fugenausführungen. Alle Versuchskörper wurden mit Thermoelementen ausgestattet, um die Temperaturverläufe über die Versuchsdauer im Bauteilinneren zu erfassen. Ziel der Versuche war der Nachweis, dass es ohne Verletzung der grundlegenden Schutzziele der MBO 2002 und der M-HFHolzR möglich ist,

- Elektroinstallationen in bestimmtem Umfang einzubauen
- Rohrleitungsinstallationen in bestimmtem Umfang einzubauen
- im Hinblick auf die praktische Ausführung und den Schallschutz verbesserte Fugenausführungen zu verwenden
- Massivholzbauteile zu verwenden.

Alle Versuchskörper wurden mit 60 Minuten ETK-Beanspruchung geprüft und anschließend begutachtet und die Temperaturmesswerte ausgewertet.



Abbildung 1: Prüfkörper unmittelbar nach dem Ende der Prüfung beim Herausheben aus dem Ofen und der anschließenden Begutachtung. Gut erkennbar ist die weitgehend intakte Brandschutzbekleidung, es haben sich nur sehr feine Risse gebildet und es sind keine Plattenteile abgefallen. Das Kapselkriterium wurde vollständig eingehalten.

4. Bauteilaufbauten

Wichtiger Bestandteil des Forschungsvorhabens war die Auswahl und detaillierte Darstellung von Bauteilaufbauten für Wände und Decken gemäß der Brandschutzklassifikation REI60/K₂60 und REI-M60/K₂60.

Die Konstruktionen wurden nach den folgenden Kriterien ausgewählt, bzw. gestaltet:

- Brandschutzklassifikation REI60/K₂60 oder REI-M60/K₂60 mit Verwendbarkeitsnachweis
- statisch ausreichend tragfähig für übliche Anwendungen im mehrgeschossigen Holzbau
- gute Schalldämmeigenschaften je nach Verwendungszweck
- gute Wärmedämmung bei Außenwänden
- im Hinblick auf Holz- und Feuchteschutz für den Anwendungszweck geeignet
- Vorfertigbar, transportierbar und handhabbar auf der Baustelle

Bei der Zusammenstellung der Bauteilaufbauten mussten alle genannten Kriterien zusammengeführt und in miteinander in Einklang gebracht werden. In einigen Fällen konnten die Nachweise alleine aufgrund vorliegender abP's und vorhandenen Prüfergebnissen erbracht werden, teilweise waren allerdings auch eigene Versuche und weitere Untersuchungen notwendig.

Auf diese Weise ist ein Katalog mit insgesamt 16 Bauteilaufbauten für hochfeuerhemmende Wand- und Deckenkonstruktionen entstanden. Für jeden Aufbau wurden alle wesentlichen technischen Daten und baurechtlichen Hinweise zusammen mit einer Schnittzeichnung und detaillierten Beschreibung der verwendeten Materialien auf jeweils einem Datenblatt dargestellt. Dem Anwender ermöglicht der Katalog bei Verwendung der vorgeschlagenen Bauteile die technisch einwandfreie und baurechtlich sichere Planung eines mehrgeschossigen Holzgebäudes.

5. Details

5.1. Allgemeines

Basierend auf dem Bauteilkatalog wurde eine Auswahl von typischen und häufig auftretenden Details entwickelt und zeichnerisch auf Detaildatenblättern dargestellt. Ebenso wie bei der Auswahl der Bauteilaufbauten wurden alle relevanten technischen und baurechtlichen Fragen und Anforderungen berücksichtigt, so dass auch bei der Feinplanung und Detaillierung eines Bauwerks keine rechtlichen und technischen Unsicherheiten mehr auftreten.

Alle Details wurden unter Beachtung der aktuellen rechtlichen Vorgaben sowie der Forschungsergebnisse so gestaltet, dass die Schutzziele der MBO 2002 und der M-HFHolzR eingehalten werden. Gleichzeitig wurden alle Anforderungen an die bauphysikalischen Eigenschaften berücksichtigt und sind in die Detailgestaltung eingeflossen. Wichtiges Gestaltungskriterium war zudem bei allen Konstruktionen die praktische Ausführbarkeit und Montierbarkeit. Der Detailkatalog ist in die folgenden Kategorien gegliedert:

- Wand/Deckenknoten
- Sockelpunkte
- Fensteranschlüsse
- Brandabschottungen haustechnischer Installationen
- Attikas
- Wand-Eckstöße
- Anschlüsse an nichttragende Bauteile
- Anschlüsse an nichtbrennbare Bauteile

Ein weiteres Kapitel beschäftigt sich mit den Einbaumöglichkeiten haustechnischer Installationen in hochfeuerhemmende Holzbauteile. Da die M-HFHolzR hier sehr restriktive Regelungen vorsieht, wurden in vielen Punkten verbesserte Lösungen entwickelt und dargestellt.

5.2. Wand-Deckenknoten

Wand-Deckenknoten sind nach den folgenden maßgebenden Kriterien zu gestalten:

- Die statische Belastung muss berücksichtigt werden, insbesondere hinsichtlich der Anordnung, Art und Anzahl von Verbindungsmitteln sowie der ggf. vorliegenden Querverpressung von horizontal eingebauten Bauteilen wie Deckenbalken oder -platten.
- Soweit eine Brandschutzbekleidung an mindestens einer an den Stoß angrenzenden Fläche vorhanden ist, muss die Eckfugenausbildung entsprechend der M-HFHolzR ausgeführt werden. Die in diesem Forschungsvorhaben entwickelten verbesserten Ausführungsarten wurden in die dargestellten Detailkonstruktionen übernommen.
- Die Flankenübertragung von Körperschall ist zu berücksichtigen und ggf. durch konstruktive Maßnahmen (Auswahl zweischaliger Wandaufbauten, Verwendung von Elastomerlagern, elastisch befestigte Vorsatzschalen und Unterdecken...) zu minimieren. Elastisch befestigte Vorsatzschalen sollten auch an den Eckfugen elastisch mit angrenzenden Bauteilen verbunden werden.
- Soweit es sich um Bauteile mit Kontakt zur Außenumgebung handelt, sind die bauphysikalischen Anforderungen hinsichtlich Wärme- und Holzschutz zu berücksichtigen. Bei Innenbauteilen sind ggf. die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes zu beachten.
- Die baupraktische Realisierbarkeit und Vorfertigbarkeit muss gegeben sein. Die Konstruktion ist auf die jeweils vorliegenden praktischen Randbedingungen abzustimmen.

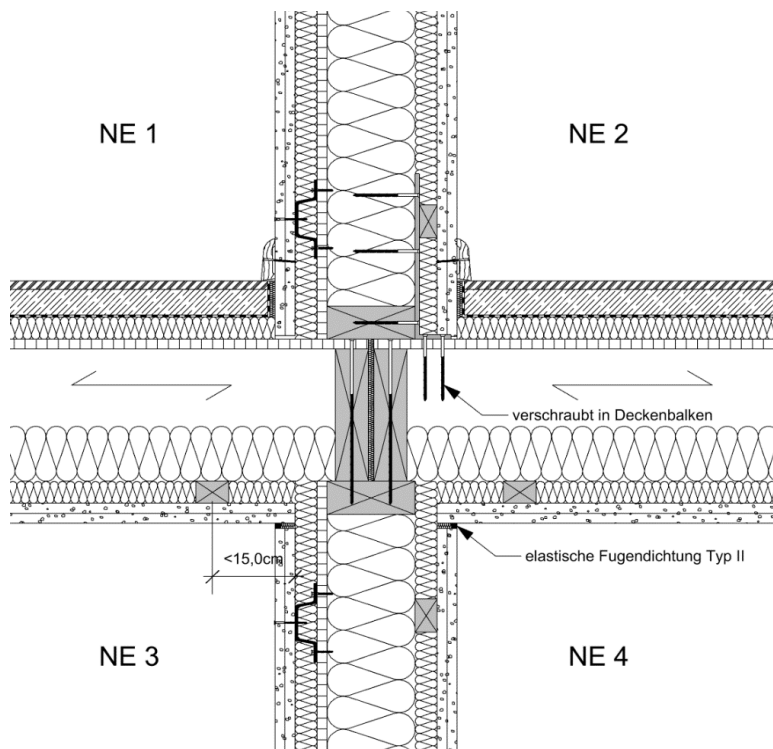


Abbildung 2: Beispiel eines Wand-Deckenknotsens in Holzrahmenbauweise. Die Fugenausführung entspricht nicht der M-HFH HolzR, hier dargestellt ist eine auf Basis der Forschungsergebnisse verbesserte Variante mit elastischer Entkoppelung der gleichzeitig schalldämmend wirksamen Brandschutzbekleidung.

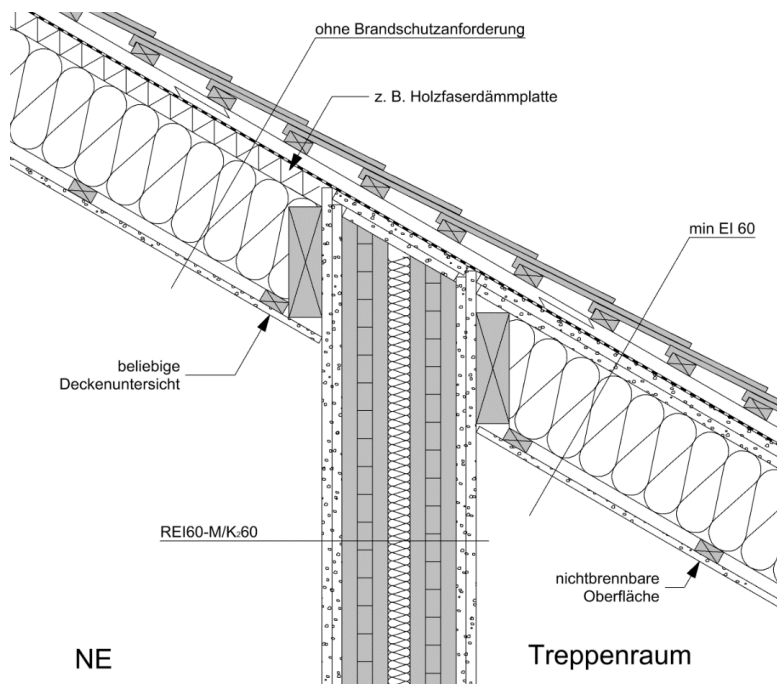


Abbildung 3: Anschluss einer Treppenhauswand der Klassifikation REI-M60 / K₂60 in Brettsperrholzbauweise an eine Dachkonstruktion.

5.3. Sockelpunkte

Sockelpunkte sind hochbeanspruchte Konstruktionen, da hier in der Regel alle Kräfte aus Eigengewicht und Nutzlasten in die Fundamente abgeleitet werden müssen. Hierzu sind unter Umständen Bauteile mit hoher Druckfestigkeit erforderlich, z. B. aus Furnierschichtholz. Im Gegensatz dazu müssen in manchen Fällen Zugkräfte verankert werden, insbesondere bei hohen Bauwerken infolge Windlasten.

Aus bauphysikalischer Sicht sind Sockelpunkte ebenfalls anspruchsvoll. Die Wärmebrücke muss weitgehend reduziert, Tauwasserausfall muss vermieden und die Luftdichtheit gewährleistet werden.

Zur Gewährleistung des konstruktiven Holzschutzes sind Mindestabstände zum Boden einzuhalten und Niederschlagswasser sicher abzuleiten.

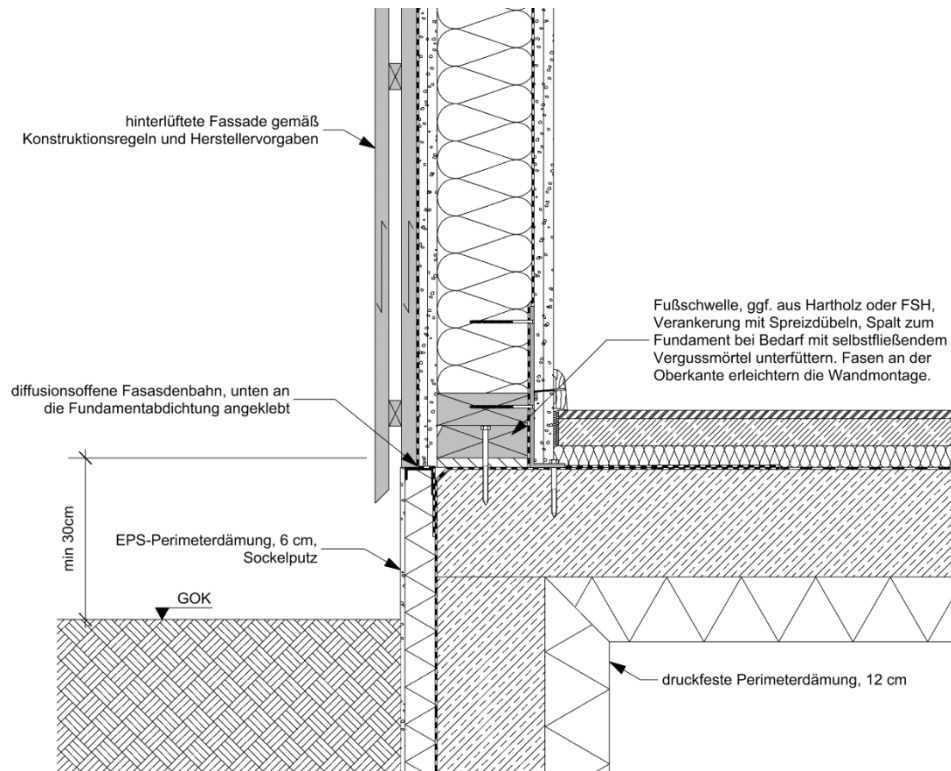


Abbildung 4: Sockelpunkt einer Außenwand mit Holzfassade in Holzständerbauweise. Besonders zu beachten ist hier die Minimierung der Wärmebrückenverluste und die Tauwasserfreiheit der Konstruktion.

5.4. Fensteranschlüsse

Fensterdetails müssen sehr sorgfältig geplant und ausgeführt werden, um dauerhaft dichte und schadensfreie Konstruktionen zu erhalten. Wichtig ist in diesem Zusammenhang eine Redundanz der Abdichtungen, z. B. durch das Einfügen einer zweiten Dichtungsschicht unter der Fensterbank.

Die Wärmebrücken können durch Überdämmung des Fensterrahmens minimiert werden, es ergeben sich hier bei Verwendung von modernen Fensterkonstruktionen sogar negative U-Werte. Grundsätzlich sind Fenster an die jeweilige Luftdichtungsschicht des Wandbauteils dicht anzuschließen.

Aus Sicht des Brandschutzes ist dafür zu sorgen, dass auch im Bereich des Fensters alle gestellten Schutzziele im Hinblick auf die tragenden Holzbauteile eingehalten werden.

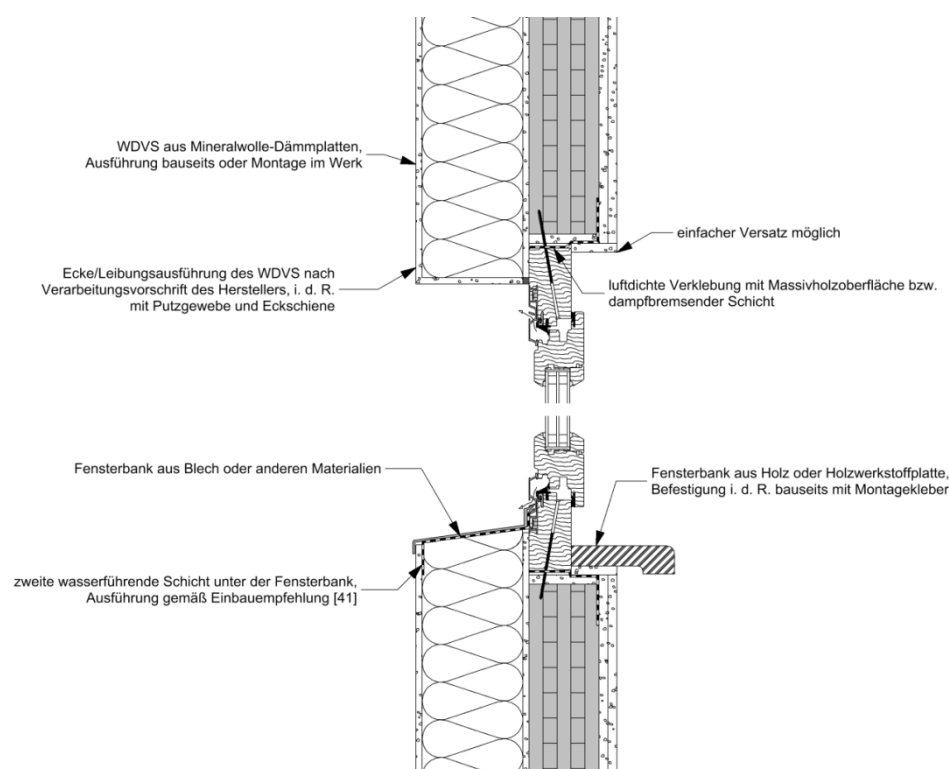


Abbildung 5: Einbau von Fenstern mit Holzrahmen in Außenwände in Brettsper Holzbauweise mit WDVS-Fassade. Wichtig ist insbesondere der luftdichte Anschluss des Fensters an die flächige luftdichte Ebene.

5.5. Installationsabschottungen in Decken

Die vorgestellten Konstruktionen wurden auf Basis der theoretischen und praktischen Untersuchungen in diesem Forschungsvorhaben zusammengestellt. Sie weichen teilweise von den Empfehlungen der M-HFH HolzR ab, sind jedoch geeignet, die gestellten Schutzziele zu erfüllen.

Bei Abschottungen in Decken wurden teilweise keine Schächte dargestellt, da diese brandschutztechnisch nicht immer erforderlich sind. Soweit die Leitungen aus anderen Gründen hinter Schachtwänden verkleidet werden sollen, kann dies in der üblichen Weise nach Montage des Schottes ausgeführt werden.

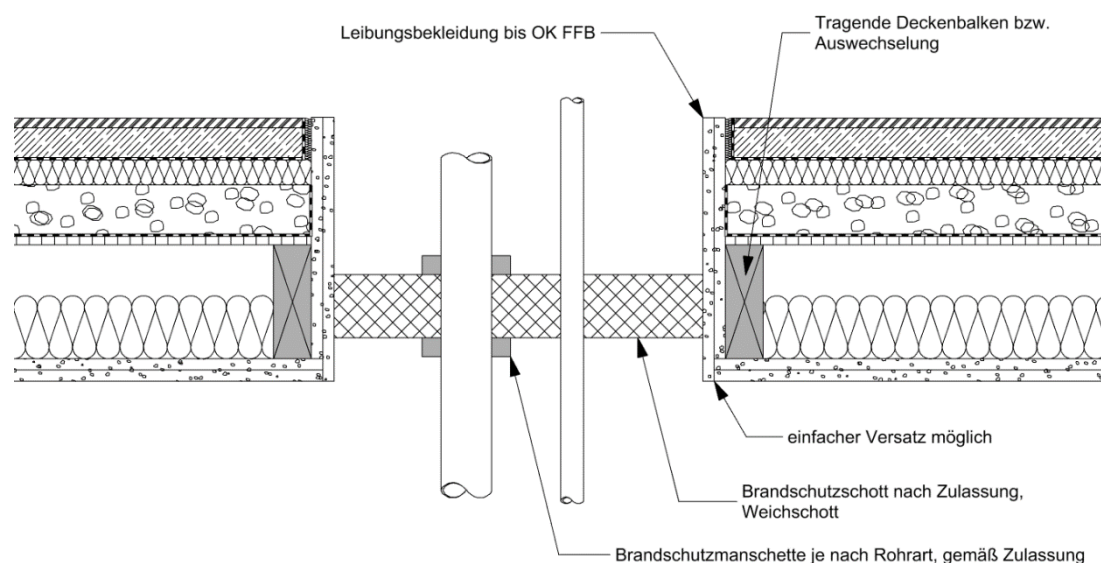


Abbildung 6: Einbaumöglichkeit einer Brandabschottung in eine Holzbalkendecke.

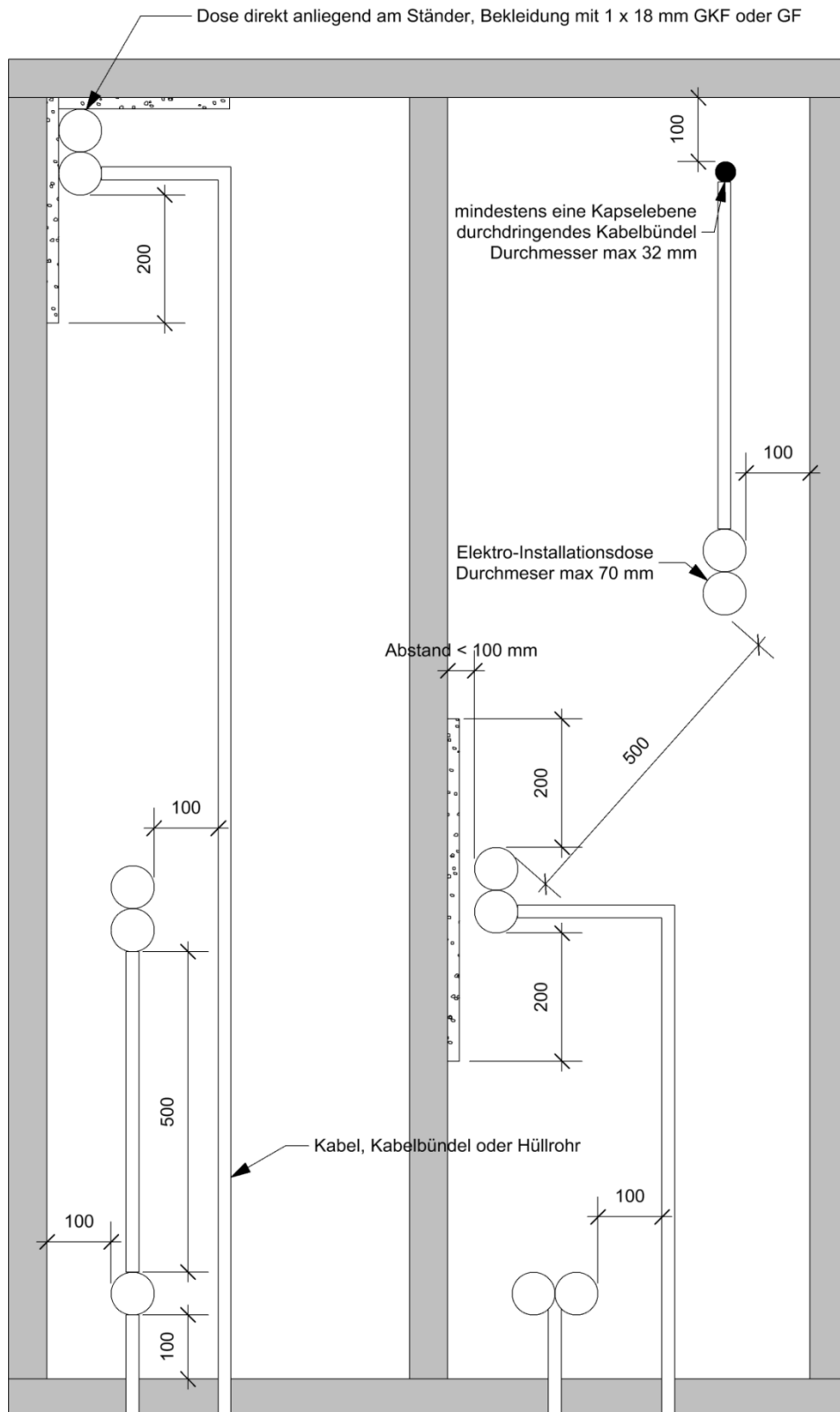


Abbildung 7: Einbaumöglichkeiten von Elektroinstallationen in Holzständerbauwände. Die vorgeschlagene Bauweise wurde auf Basis der Brandversuche entwickelt, sie weicht in einigen Punkten von der M-FHHolzR ab. Die dort gestellten Schutzziele werden jedoch erfüllt. Die Zeichnung ist nur in Verbindung mit dem Forschungsbericht und den dort enthaltenen weiteren Angaben zu verwenden.

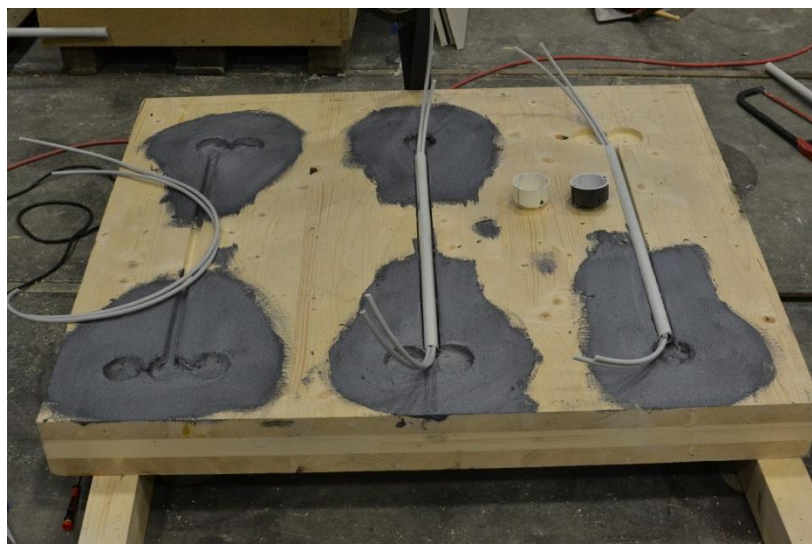


Abbildung 8: Schutz von in Brettsperrholz eingefrästen Kabelkanälen und Elektroinstallationen durch einen Brandschutzanstrich unter der Brandschutzbekleidung.

6. Zusammenfassung

Auf Basis der Brandversuche sowie der vorab durchgeführten Recherchen und technischen und baurechtlichen Randbedingungen wurden Empfehlungen für den Einbau von haustechnischen Installationen in tragende hochfeuerhemmende Holzbauteile ausgearbeitet. Insbesondere wurden Angaben gemacht,

- welche Mindestabstände von Aussparungen in der Kapselbekleidung zu Holzbauteilen erforderlich sind
- wie groß solche Aussparungen sein dürfen
- welche Abstände untereinander zwischen solchen Aussparungen erforderlich sind
- welche Art und Größe von Rohrinstallationen eingebaut werden darf
- wie haustechnische Installationen in Holzmassivbauteilen eingebaut werden können.

Die Empfehlungen dazu wurden in Form von Konstruktionsregeln und Zeichnungen dargestellt. Für den Einbau von Installationsschächten mit den zugehörigen Brandabschottungen wurden auf Basis von Literaturangaben und den durchgeführten Brandversuchen Einbaumöglichkeiten ausgearbeitet. Auf Basis der Ergebnisse der Brandversuche sowie unter Berücksichtigung der weiteren baupraktischen und bautechnischen Aspekte wurden Konstruktionsempfehlungen zu folgenden weiteren Detailbereichen dargestellt:

- Eckfugen der Brandschutzbekleidung an Wand/Deckenstößen
- Wandanschlüsse zu unbekleideten Massivholzdecken
- Eckfugen der Brandschutzbekleidung an Fensterleibungen sowie Vorgaben für den Einbau von Fenstern und Türen
- Fugenausbildung an sonstigen Bauteilecken, wie z.B. Installationsdurchführungen

7. Fazit und Ausblick

Es konnte im Forschungsvorhaben gezeigt werden, dass gegenüber den Empfehlungen der M-HFHolzR deutlich praxisgerechtere Detailkonstruktionen unter Einhaltung der Schutzziele im Brandschutz möglich sind. Erstmals wurden konkrete Vorschläge gemacht, wie baukonstruktive Details z. B. zum Einbau von Fenstern, Elektroinstallationen, Rohrinstallationen oder Brandabschottungen von Haustechnik in mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise in Deutschland ausgeführt werden können. Diese Vorschläge können als Grundlage einer Überarbeitung der M-HFHolzR dienen.

Der Marktanteil des mehrgeschossigen Holzbaus ist in Deutschland noch erheblich ausbaufähig, insbesondere im Vergleich zu verschiedenen europäischen Nachbarländern. In Deutschland steigt der Anteil realisierter Projekte im Wohn- und Gewerbebau seit Jahren nicht erkennbar an [6], auch nicht seit Einführung der MBO 2002 und der M-HFHolzR.

Gründe dafür sind vor allem in den sehr restriktiven und teilweise «holzbauunfreundlichen» baurechtlichen Randbedingungen zu sehen, welche in Deutschland nur vergleichsweise unwirtschaftliche und auch technisch sowie ökologisch unattraktive Konstruktionen zulassen. Beispiele hierfür sind die Unzulässigkeit der Verwendung von Brettspertholz, sichtbaren Holzoberflächen, biogenen Dämmstoffen und die Anforderung an die «Kapselung» des Holzes.

Da die baurechtlichen Regelungen oft nicht direkt mit den Wünschen der Bauherren und praktischen Erfordernissen in Einklang zu bringen sind, ist die Erstellung von mehrgeschossigen Holzbauwerken in Deutschland immer noch mit einem verhältnismäßig hohen Aufwand an komplizierten Genehmigungsprozessen, Abweichungsanträgen, Gutachten, Zustimmungen im Einzelfall u. ä. verbunden. Die nötigen Prozesse und Planungsschritte sind für «normale» Investoren, Bauherren, Planer, Holzbaubetriebe und sonstige Beteiligte häufig nicht ausreichend planungssicher, überschaubar und handhabbar.

Diese Schwierigkeiten können mittelfristig nur durch die Änderung der baurechtlichen Vorschriften und eine verbesserte Standardisierung (z. B. Normung) von üblichen Bauweisen gelöst werden. Hierzu ist auch eine verstärkte interne Zusammenarbeit der Branche erforderlich und wünschenswert.

Zahlreiche gelungene Beispiele aus den europäischen Nachbarländern (insbesondere der Schweiz, Österreich und Schweden) zeigen, dass der moderne Holzbau technisch in der Lage ist, hochwertige, sichere, konstruktiv ausgereifte, wirtschaftliche, nachhaltige und ökologisch vorteilhafte mehrgeschossige Gebäude zu erstellen (u. a. [7]). In Ländern, in denen bessere rechtliche und organisatorische Randbedingungen vorliegen, ist der Holzbauanteil im Bereich mehrgeschossiger Wohn- und Geschäftsgebäude in den letzten Jahren erheblich angestiegen. An dieser Stelle besteht in Deutschland weiterhin deutliches Ausbaupotential.

8. Literaturverzeichnis

- [1] Gräfe, M. et. al., Erarbeitung weiterführender Konstruktionsregeln/-details für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, Technische Universität München 2014
- [2] Musterbauordnung (MBO), Fassung 2002
- [3] Richtlinie über hochfeuerhemmende Holzbauteile (M-HFH HolzR) 2004-06
- [4] Bauregelliste BRL, Ausgabe 01/2014
- [5] DIN EN 13501-2: 2006-05, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen mit Ausnahme von Lüftungsanlagen
- [6] Weimar, H., Jochem, D., Holzverwendung im Bauwesen – Eine Marktstudie im Rahmen der «Charta für Holz», Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Report 9
- [7] Neubauer-Letsch B., Tartsch K., Gertiser C., 2014: Erfahrungen bei Großprojekten in Holzbauweise, Berner Fachhochschule, Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, Aktionsplan Holz