

Martin Gräfe, Michael Merk, Norman Werther,
Claudia Fülle, Nadine Leopold, Dietmar Sprinz,
Matthias Busch, Markus Brunn

Erarbeitung weiterführender Konstruktionsregeln/-details für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4

F 2923

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2014

ISBN 978-3-8167-9353-3

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung



Schlussbericht zum Forschungsvorhaben

Erarbeitung weiterführender Konstruktionsregeln/-details für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4

Forschungsstelle:

Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter
Arcisstraße 21
80333 München

Projektleitung:

Dipl.-Ing. Michael Merk
Dipl.-Ing. Norman Werther

Projektbearbeitung:

Dipl.-Ing. Martin Gräfe

Projektmitarbeit:

Dr.-Ing. Claudia Fülle
Dipl.-Ing. (BA) Nadine Leopold
Dipl.-Phys. Dietmar Sprinz
Dipl.-Ing. Matthias Busch
Dipl.-Ing. (FH) Markus Brunn (Dietrichs AG)

Laufzeit: Dezember 2012 bis Juli 2014

gefördert durch:

Forschungsinitiative Zukunft Bau
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Deichmanns Aue 31-37
52179 Bonn

Das Vorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: II 3-F20-11-1-114 / SWD-10.08.18.7-12.26)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Kurzbeschreibung

Seit Einführung der Musterbauordnung 2002 und der *Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise* (M-HFHolzR 2004-07) ist die Errichtung von Gebäuden bis Gebäudeklasse 4 mit tragenden und aussteifenden Strukturen aus Holz ohne bauaufsichtliche Abweichungen möglich geworden.

Voraussetzung ist eine „brandschutztechnisch wirksame Bekleidung“ der Holzbauteile mit dem Ziel, eine Beteiligung der konstruktiven Holzbauteile am Brandgeschehen innerhalb der ersten 60 Minuten eines Brandes zu verhindern. Aus Sicht des Brandschutzes sind solche Bauteile daher innerhalb der Schutzzeit gleichwertig mit entsprechenden nichtbrennbaren mineralischen Bauteilen.

Weiterhin sind eine Eigen- und Fremdüberwachung der Produktion sowie eine entsprechende Zertifizierung des jeweiligen Herstellers durch eine anerkannte Zertifizierungsstelle erforderlich. Die Bauteile werden weitgehend werksmäßig vorgefertigt und auf der Baustelle als fertiges Bauprodukt eingebaut.

Diese Bauweise erfordert eine sehr genaue und vollständige Planung bis in alle Einzelheiten wie Installationsführungen und Montagevorgänge. Gleichzeitig muss die Planung sehr vielfältige Aspekte wie Brandschutz, Schallschutz, Statik, Bauphysik mit teils gegensätzlichen Anforderungen umsetzen. Nachträgliche Änderungen und Einbauten sind kaum sinnvoll möglich und führen - wenn wegen mangelhafter Planung erforderlich - zu großen Schwierigkeiten bei der Umsetzung und Einbußen im wirtschaftlichen Erfolg.

Die formalen, rechtlichen und technischen Anforderungen an die Planungsqualität sind daher vergleichsweise höher und umfangreicher als bei anderen Bauweisen. Bei vielen Planern liegen zudem noch wenige Erfahrungen mit der relativ neuen Bauweise vor. Dieser Komplexitätsgrad stellt teilweise ein Hemmnis für die Steigerung des Marktanteils der Holzbauweise dar, obwohl sie unbestritten große technische, ökologische und gestalterische Vorteile aufweist.

Ziel des Vorhabens ist daher die Bereitstellung eines Konstruktionskataloges mit zuverlässig verwendbaren Bauteilen und Konstruktionsdetails, die alle rechtlichen und technischen Anforderungen in möglichst optimaler Weise erfüllen.

Hierzu wurden zunächst die bisher verwendeten Konstruktionen zusammengestellt und typische Problemstellungen und Verbesserungspotentiale in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern herausgearbeitet. Auf Basis dieser Untersuchungen wurden eigene Versuche geplant und durchgeführt, um gezielt und nachweisbar verbesserte Konstruktionen angeben zu können.

Das Ergebnis sind Vorschläge für aus technischer Sicht optimierte und baurechtlich einwandfrei verwendbare flächige Bauteile sowie eine repräsentative Auswahl von zugehörigen Detailpunkten. Außerdem konnten detaillierte Vorschläge erarbeitet werden, wie haustechnische Installationen in solchen hochfeuerhemmenden Holzbauteilen angeordnet werden können.

Dem Leser und Anwender dieses Berichtes eröffnet sich so die Möglichkeit, ein in allen technischen Aspekten „funktionierendes“ und optimiertes Holzgebäude der Gebäudeklasse 4 zu planen und auszuführen, ohne dabei auf die bisher oft auftretenden baurechtlichen Probleme zu stoßen. Die Konstruktionen beziehen sich primär auf Bauwerke der Gebäudeklasse 4, sind jedoch in den meisten Fällen ohne größere Änderungen auch die Gebäudeklasse 5 übertragbar.

Abstract

Since the German building regulation code “Musterbauordnung 2002” and accordingly the guideline to fire-resistant timber structures (*Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – M-HFHolzR*) was introduced in 2004, it became possible to build multi-storey-timber structures within the “Gebäudeklasse 4” (up to 13 m height of upper floor level) without special permissions of the building authorities.

Required is regularly a fire protecting encapsulation of the load-bearing timber structures with the objective to prevent the timber from charring within 60 minutes. From the point of fire safety these buildings have the same behavior as mineral-based structures within the time of protection.

To ensure the required quality and grade of protection the elements must be produced with factory- and third-party production-control monitoring. The timber elements are prefabricated and installed on site as a ready-to use building product.

This way of construction requires a very high grade of precise and comprehensive planning. It is necessary to consider various aspects like fire safety, building acoustics, statics, building physics and assembly processes at the same time. It is barely possible or sensible to modify the structure on site, so all elements have to be completely ready-to-use.

The formal, technical and legal requirements are pretty high and more complex than for other building materials and methods. Moreover, many planners do have little experiences so far in this relatively new building method.

This grade of complexity is partially a restraint to the competitiveness and a broader market share of timber structures, although they have undoubtedly many technical, ecological and architectural advantages.

Purpose of the project is therefore the creation of a catalogue with thoroughly designed details and structures such as walls and floors for timber structures. All constructive details and components are designed to satisfy all requirements mentioned above.

All necessary technical information will be provided and recommendations will be made to parameters like thermal insulation and other important technical aspects.

Anticipated as an outcome of the project are a substantially simplified planning process and an improved planning certainty, which should lead to a broader market share of multi-storey timber buildings.

Vorwort

Finanziell sowie durch Materiallieferungen unterstützt wurde das Vorhaben durch die folgenden Industriepartner:

- Knauf Gips KG, Iphofen
- Fermacell GmbH, Duisburg
- Deutsche Rockwool Mineralwoll GmbH & Co. OHG, Gladbeck
- Binderholz GmbH, Fügen/Zillertal
- Saint-Gobain Isover G+H AG, Ludwigshafen
- Adolf Würth GmbH & Co. KG, Künzelsau-Gaisbach
- ESZ Wilfried Becker GmbH, Kaarst-Büttgen

Im projektbegleitenden Ausschuss beratend mitgewirkt haben die folgenden Firmen:

- Huber & Sohn GmbH & Co. KG, Bachmehring
- Regnauer Fertigbau GmbH & Co. KG, Seebruck/Chiemsee
- Dietrich's AG, Neubiberg
- Deutsche Rockwool Mineralwoll GmbH & Co. OHG, Gladbeck
- Knauf Gips KG, Iphofen

Herzlich danken wir allen Förderern und Industriepartnern für die finanzielle und materielle Unterstützung sowie die Hilfe und Beratung bei der Durchführung der Arbeiten. Insbesondere die Firmen Huber & Sohn und Regnauer Fertigbau haben durch ihre Beratung bei der Gestaltung der Konstruktionsdetails zum erfolgreichen Gelingen des Projektes beigetragen und konnten durch ihre Erfahrung die Praxistauglichkeit der Konstruktionen bestätigen.

Besonderer Dank gilt außerdem:

- den wissenschaftlichen und technischen Mitarbeitern von Frau Dr.-Ing. Claudia Fülle und Herrn Dipl.-Phys. Dietmar Sprinz an der MFPA Leipzig GmbH
- den Mitarbeitern der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig GmbH für die Unterstützung bei der Durchführung der Brandversuche
- den Mitarbeitern der Laboreinrichtungen und Werkhallen der MPA BAU an der TU München für ihre Unterstützung bei dem Bau von Versuchskörpern
- den studentischen Hilfskräften des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion an der TU München für die tatkräftige Unterstützung des Forschungsvorhabens und bei der Erstellung dieses Abschlussberichts

Inhaltsverzeichnis

Kurzbeschreibung	I
Abstract	III
Vorwort	V
1 Einleitung	11
1.1 Zweck und Zielsetzung des Projektes	11
1.2 Abgrenzung des Forschungsvorhabens	12
1.3 Aufbau und Verwendbarkeit der Forschungsergebnisse	13
2 Voruntersuchungen, Zusammenstellung der Anforderungen	19
2.1 Baurechtliche Anforderungen an mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise	19
2.1.1 MBO 2002	19
2.1.2 M-HFHolzR	20
2.1.3 Fassaden	22
2.1.3.1 Grundsätze	22
2.1.3.2 Fassaden aus Holz	22
2.1.4 Praxistypische Abweichungen von den deskriptiven Anforderungen	26
2.1.4.1 Verwendung von sichtbaren Holzoberflächen	27
2.1.4.2 Verwendung von bekleideten Massivholzbauweisen	29
2.1.4.3 Reduzierung der Kapselklasse	30
2.1.4.4 Anwendung von Holzbauweisen in Gebäudeklasse 5, Hochhäusern und Sonderbauten	31
2.2 Bauteile und Bauteilanschlüsse	32
2.2.1 Verwendbarkeitsnachweise für flächige Bauteile	32
2.2.2 Vorfertigung und Montage	33
2.2.3 Bauregelliste, Überwachung und Zertifizierung	33
2.2.4 Verwendbare Baustoffe	34
2.2.4.1 Brandschutzbekleidungen	34
2.2.4.2 Dämmstoffe	36
2.2.4.3 Holz und Holzwerkstoffe	37
2.2.5 Verwendbare Bauteilbauten	37
2.2.5.1 Grundsätze	37
2.2.5.2 Übersicht über die aktuellen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisse	38
2.2.5.3 Praktisch übliche Ausführungsvarianten	42
2.2.5.4 REI 60-K ₂ 60 Konstruktionen	42
2.2.5.5 Bauteile mit höheren Anforderungen	44
2.3 Haustechnische Installationen	45
2.3.1 Elektroinstallationen innerhalb flächiger Bauteile	45
2.3.2 Rohrleitungsinstallationen innerhalb flächiger Bauteile	46
2.3.3 Typische Installationslösungen in der Praxis	47
2.3.4 Durchdringungen	48
2.3.4.1 MPA Braunschweig	48
2.3.4.2 Fire in Timber	50
2.3.4.3 Holzforschung Austria	52
2.3.4.4 LIGNUM Dokumentationen, Schweiz	53
2.3.4.5 Sonstige Ausführungsempfehlungen	55

2.4	Wärme-, Feuchte- und Holzschutz	57
2.4.1	Wärmeschutz.....	57
2.4.2	Berechnung und Berücksichtigung von Wärmebrücken	58
2.4.3	Wärmebrückenminimiertes Konstruieren	59
2.4.4	Feuchteschutz, Holzschutz.....	60
2.5	Schallschutz.....	61
3	Experimentelle und theoretische Untersuchungen.....	63
3.1	Brandversuche.....	63
3.1.1	Einleitung und typische Fragestellungen aus der Praxis	63
3.1.2	Konzeption der Brandversuche	66
3.1.3	Übersicht über die untersuchten Konstruktionen	68
3.1.3.1	Materialien für die Versuchsaufbauten.....	68
3.1.3.2	Verwendete flächige Aufbauten	70
3.1.3.3	Wand/Deckenfugen.....	70
3.1.3.4	Elektroinstallation im Holzständerbau	71
3.1.3.5	Elektroinstallation im Holzmassivbau.....	72
3.1.3.6	Rohrinstallation im Ständerbau	72
3.1.3.7	Eckfugen an Leibungen	72
3.1.4	Aufbau des Prüfofens und Ablauf der Versuchsdurchführung	72
3.1.5	Versuch V1	75
3.1.5.1	Aufbau	75
3.1.5.2	Versuchsablauf.....	77
3.1.5.3	Ergebnisse	78
3.1.5.4	Bewertung	79
3.1.6	Versuch V2a	79
3.1.6.1	Aufbau	79
3.1.6.2	Versuchsablauf.....	82
3.1.6.3	Ergebnisse	82
3.1.6.4	Bewertung	83
3.1.7	Versuch V3	84
3.1.7.1	Aufbau	84
3.1.7.2	Versuchsablauf.....	86
3.1.7.3	Ergebnisse	87
3.1.7.4	Bewertung	88
3.1.8	Versuch V4	89
3.1.8.1	Aufbau	89
3.1.8.2	Versuchsablauf.....	92
3.1.8.3	Ergebnisse	94
3.1.8.4	Bewertung	96
3.2	Brandgefahren durch eingebaute Elektroinstallationen	97
3.2.1	Einleitung.....	97
3.2.2	Bauordnungsrechtliche Betrachtung	97
3.2.3	Aufgliederung der Brandrisiken infolge Elektroinstallationen	99
3.2.4	Technische Regelwerke	103
3.2.5	Zusammenfassung	103
3.3	Rechnerische Nachweise zum Wärme-, Feuchte- und Holzschutz	104
3.3.1	Wärme-, Feuchte- und Holzschutz der Außenwände	104
3.3.2	Wärmebrückenberechnung der Anschlussdetails	106
3.4	Untersuchungen zum Schallschutz.....	108

3.4.1	Vorgehensweise.....	108
3.4.2	Schalldämmwerte und schalltechnische Eignung von Bauteilen.....	108
3.4.2.1	Luftschalldämmung.....	108
3.4.2.2	Trittschalldämmung.....	109
3.4.3	Messtechnisch untersuchte Bauteile.....	110
3.4.3.1	Aufbau der Prüfkörper.....	110
3.4.3.2	Prüfstand, Prüfverfahren, Messgeräte.....	111
3.4.3.3	Messergebnisse.....	112
3.4.3.4	Einschätzung der schalltechnischen Eignung für den Wohnungsbau.....	113
3.4.4	Abschätzung der Luft- und Trittschalldämmung weiterer Bauteilaufbauten.....	114
3.4.5	Einfluss von Bauteilanschlüssen und anderen baulichen Details auf die Schalldämmung in Gebäuden.....	116
3.4.5.1	Allgemeine schalltechnische Hinweise.....	116
3.4.5.2	Bauteilanschlüsse.....	117
4	Empfehlungen und Fazit der Untersuchungen.....	119
4.1	Einleitung.....	119
4.2	Fugenausbildungen für Wand/Deckenfugen.....	119
4.3	Ausführungen von Eckfugen in Brandschutzbekleidungen.....	120
4.4	Einbau von Fenstern und Türen.....	121
4.5	Haustechnische Installationen.....	121
4.5.1	Allgemeines.....	121
4.5.2	Grundsätze zur Anordnung im Gebäude.....	123
4.5.2.1	Installationsschächte/vertikale Verteilung.....	123
4.5.2.2	Horizontale Verteilung.....	125
4.5.3	Grundsätze für Durchdringungen.....	125
4.5.3.1	Baurechtliche Verwendbarkeit.....	125
4.5.3.2	Durchdringung tragender, aber nicht raumabschließender Bauteile.....	126
4.5.3.3	Durchdringung tragender und raumabschließender Bauteile.....	127
4.5.4	Arten von Brandschutzabschottungen.....	127
4.5.4.1	Weichschotts.....	127
4.5.4.2	Hartschotts.....	128
4.5.4.3	Brandschutzklappen in raumlufttechnischen Anlagen.....	129
4.5.5	Empfehlungen für den Einbau von Abschottungen in hochfeuerhemmende Holzbauteile.....	129
4.5.6	Empfehlungen für den Einbau von haustechnischen Installationen in Holzständerbauelementen.....	130
4.5.6.1	Grundsätze.....	130
4.5.6.2	Besonderheiten für Elektroinstallation in Holzständerbauwänden und Holzbalkendecken.....	131
4.5.6.3	Sanitär/Rohrleitungsinstallation in Ständerbauwänden.....	134
4.5.7	Elektrische Installationen in Massivholzelementen.....	136
5	Konstruktionskatalog.....	138
5.1	Aufbau und Strukturierung.....	138
5.1.1	Einleitung.....	138
5.1.2	Struktur des Konstruktionskataloges.....	139
5.1.3	Dietrichs CAD/CAM.....	139
5.1.4	Legende für Bauteile und Konstruktionsdetails.....	140
5.2	Bauteildatenblätter.....	141

5.3	Konstruktionsdetails.....	158
5.3.1	Auswahl von Details	158
5.3.2	Elementstöße	159
5.3.3	Wand-Deckenknoten	160
5.3.4	Sockelpunkte	176
5.3.5	Fensteranschlüsse	182
5.3.6	Installationsabschottungen in Decken.....	188
5.3.7	Attikaanschlüsse und Wandecken	194
5.3.8	Anschlüsse an Bauteile geringerer Brandschutzklassifikation	200
5.3.9	Anschlüsse zu nichtbrennbaren Bauteilen	203
6	Zusammenfassung und Ausblick	206
7	Verzeichnisse.....	208
7.1	Literaturverzeichnis.....	208
7.2	Normen und Regelwerke	211
7.2.1	Baurecht, Brandschutz, Tragwerksplanung	211
7.2.2	Wärmeschutz, Holzschutz, Feuchteschutz	211
7.2.3	Schallschutz	212
7.3	Abkürzungsverzeichnis.....	214
8	Anhang	215
8.1	Ablauf und Zuständigkeiten für die Brandschutzplanung eines Bauwerkes in Holzbauweise in GK 4.....	216
8.2	Temperaturmesswerte der Brandversuche.....	217
8.3	Wärmedurchgangskoeffizienten der Konstruktionsdetails.....	220
8.4	Messergebnisse und Fotos der Schall-Prüfstandmessungen von Wandbauteilen..	238

1 Einleitung

1.1 Zweck und Zielsetzung des Projektes

Nach einigen Jahren Anwendungspraxis des mehrgeschossigen Holzbaus in Deutschland hat sich vielfach gezeigt, dass die vorliegenden Regelungen der Musterrichtlinie für brand-schutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFHolzR) an zahlreichen Stellen wenig praktikabel sind und immer wieder baurechtliche und technische Schwierigkeiten in der Umsetzung auftreten. Besonders anspruchsvoll stellt 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 verbunden Kostensteigerungen sind oft die Folge von Schwierigkeiten im Planungsprozess, weshalb die Verbreitung und Anwendung des mehrgeschossigen Holzbaus sich in Deutschland nur sehr langsam entwickelt.

An dieser Stelle setzt dieses Forschungsvorhaben an, um 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 rechentechnischen Untersuchungen, eine Serie von Brandversuchen konzipiert und durchgeführt, um bestimmte vorher identifizierte Fragestellungen zu beantworten. Auf Basis dieser Versuche sowie begleitender theoretischer Untersuchungen wurden verbesserte Detaillösungen abgeleitet und als Vorschlag für künftige Anwendungen dargestellt. Die entwickelten Lösungen sollen später auch als Ausgangsbasis für eine Überarbeitung oder ggf. Neufassung der M-HFHolz-Richtlinie dienen.

Vornehmliches Ziel des Vorhabens 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 als Grundlage dienen, um über die geltende Richtlinie hinausgehende Entwürfe zu beurteilen und zu genehmigen.

Durch die anwenderfreundliche Aufbereitung und Zusammenfassung der vielfältigen rechtlichen und technischen Anforderungen und der daraus abgeleiteten Ausführungsvarianten soll dem mehrgeschossigen Holzbau in Deutschland eine einfache und planungssichere

Anwendung ermöglicht werden, mit dem Ziel, langfristig eine Steigerung des Marktanteils gegenüber den konkurrierenden, mineralischen Bauweisen zu erreichen.

1.2 Abgrenzung des Forschungsvorhabens

Bislang umgesetzte Bauvorhaben mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise haben in großem Maße gezeigt, dass vielfältige praxisübliche Konstruktionen sowie technische und wirtschaftliche Aspekte nicht mit den Vorgaben der Richtlinie in Einklang gebracht werden können. Dies betrifft beispielsweise die Auswahl der Baustoffe für die Tragkonstruktion (Massivholz, Verbundträger aus Holzwerkstoff, ...) als auch die Ausführung von Fügestellen (z.B. Stumpfstöße) oder die Implementierung von Funktionsschichten (z.B. Anschluss Luftdichtheitsebene an Fenster). Andererseits bestehen immer wieder Unklarheiten in Bezug auf die qualitätssichernde Überwachung bei Teilvorfertigungen und der damit verbundenen Abgrenzung zwischen der Herstellung von Bauprodukten und Bauarten.

Aufbauend auf den Erkenntnissen, die der aktuellen M-HFH Holz-Richtlinie zu Grunde liegen, weiterführenden Untersuchungen an Forschungsinstitutionen und den im nachfolgenden Abschlussbericht präsentierten Forschungsergebnissen umfasst dieses Dokument Aufbauten und Konstruktionsdetails, welche über die bisherigen Grenzen der M-HFH Holz-Richtlinie hinausgehen. Alle in diesem Forschungsvorhaben positiv beurteilten Aufbauten erfüllen die der Richtlinie zu Grunde liegenden, brandschutztechnischen Schutzziele. Dadurch soll der bisherige Stand der Richtlinie ohne Reduzierung des Sicherheitsniveaus erweitert werden können.

Die nach Musterbauordnung (MBO-2002, §3 und §14) geforderten allgemeinen Schutzziele werden in der Richtlinie (M-HFH HolzR) wie folgt detailliert:

„Ein Brennen der tragenden und aussteifenden Holzkonstruktionen sowie die Einleitung von Feuer und Rauch in die Wand- und Deckenbauteile über Fugen, Installationen oder Einbauten sowie eine Brandausbreitung innerhalb der Bauteile, als auch die Übertragung von Feuer und Rauch über Anschlussfugen von raumabschließenden Bauteilen in angrenzende Nutzungseinheiten oder Räume muss ausreichend lange verhindert werden.“

Die nachfolgend in diesem Bericht aufgezeigten Lösungen des Bauteil- und Konstruktionskataloges stellen den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik dar, ohne das der Richtlinie zu Grunde liegende Sicherheitsniveau zu unterlaufen. Wegen vorgenannter Konfliktpunkte (Baustoffe, Anschlüsse, Fügestellen) besteht jedoch überwiegend keine vollständige Konformität zur eingeführten M-HFH Holz-Richtlinie. Die Verwendung der Forschungsergebnisse muss deshalb grundsätzlich unter Anzeige einer Abweichung von den geltenden Baurechtsbestimmungen geschehen.

1.3 Aufbau und Verwendbarkeit der Forschungsergebnisse

Eine erfolgreiche Verwendung dieser Forschungsergebnisse setzt die Kenntnis und ebenso den richtigen Umgang mit den Bauordnungen der Länder, der gültigen Richtlinie, den notwendigen Verwendbarkeitsnachweisen und den sich daraus ergebenden allfälligen Abweichungen voraus.

Die Erfahrungen der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass der Umgang mit der Richtlinie, den Verwendbarkeitsnachweisen und Abweichungen die „Praxis“ häufig vor zum Teil ernsthafte Probleme stellt und Anwendungsfehler und Missachtungen von Regelungen in der Folge zu vermeidbaren Mehrkosten führen.

Bauordnung, Richtlinie, eingeführte technische Baubestimmungen, Zulassungen, Prüfzeugnisse, Übereinstimmungsnachweise – was wird wann und wie benötigt?

Nachfolgend soll hier die richtige Vorgehensweise zu aktuell üblichen und baurechtlich korrekten Verfahren und Genehmigungsschritten mit Bezug auf die Anwendung der Ergebnisse dieses Forschungsvorhaben für den mehrgeschossigen Holzbau erklärt werden.

Für die baurechtskonforme Planung sind neben der Landesbauordnung der jeweiligen Länder auch die technischen Baubestimmungen in Form von Richtlinien oder eingeführten Normen zu beachten.

Für die darauffolgende Ausführung muss neben den *Eingeführten Technischen Baubestimmungen* – ETB – des jeweiligen Bundeslandes vor allem auf die korrekte Verwendbarkeit der eingesetzten Konstruktions- und Einbauteile geachtet werden. Hierbei ist grundsätzlich zwischen Bauprodukten und Bauarten zu unterscheiden.

Als Bauprodukte werden zunächst alle Produkte (Baustoffe, Bauteile und Anlagen) bezeichnet, die verwendet werden, um dauerhaft in Bauwerke des Hoch- und Tiefbaues eingebaut zu werden. Dieser Definition unterliegen auch die hochfeuerhemmenden Bauteile durch ihre Einordnung in die Bauregelliste A Teil 2, Lfd. Nr. 2.44. Das Zusammenfügen von Bauprodukten zu einer baulichen Anlage oder zu einem Teil einer baulichen Anlage wird dagegen als Bauart bezeichnet. Grundsätzlich werden Bauprodukte, die nicht in Übereinstimmung mit einer bekannt gemachten technischen Regel hergestellt werden können oder wesentlich von einer solchen abweichen, als nicht geregelte Bauprodukte bezeichnet. Ähnliches gilt auch für die vorgenannten Bauarten. Für die nicht geregelten Bauprodukte oder Bauarten sind für den Nachweis der Verwendbarkeit dann *allgemein bauaufsichtliche Zulassungen* (abZ), *allgemein bauaufsichtliche Prüfzeugnisse* (abP) oder in Ausnahmefällen eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) notwendig.

Für den vorliegenden Anwendungsfall der hochfeuerhemmenden Bauteile besteht bezüglich der vorangestellten Unterscheidung in Bauprodukte und Bauarten keine eindeutig rechtssichere Zuordnung.

Die Verfasser dieses Dokumentes vertreten hierbei die Meinung, dass hochfeuerhemmende Bauteile vollständig, d.h. auch im Falle einer erst bauseitigen Fertigstellung, ausschließlich von dem Unternehmen herzustellen sind, welches nach Kapitel 5 der M-HFH Holz-Richtlinie der Überwachung und Zertifizierung unterliegt. Eine bauseitige Fertigstellung durch nicht überwachte und zertifizierte Sub- bzw. Nachunternehmer entspricht nicht den zu Grunde liegenden, qualitätssichernden Gedanken der Richtlinie. Letzt genannter Fall bedeutet einen Übergang zur Bauart, für die entsprechend umfänglichere Regelungen zur Überwachung nicht vorhanden sind. Zur Wahrung des Sicherheitsniveaus sind diese Regelungen im Zuge eines Abweichungsantrages im bautechnischen Nachweis (vgl. § 66 MBO) oder im Rahmen einer ZiE in Anlehnung an Kapitel 5 M-HFH Holz-Richtlinie vorzunehmen, siehe nachstehende Erläuterungen.

Nachfolgende Abbildung 1-1 zeigt anschaulich die vier möglichen Verfahren zur bauaufsichtlichen Genehmigung von Abweichungen.

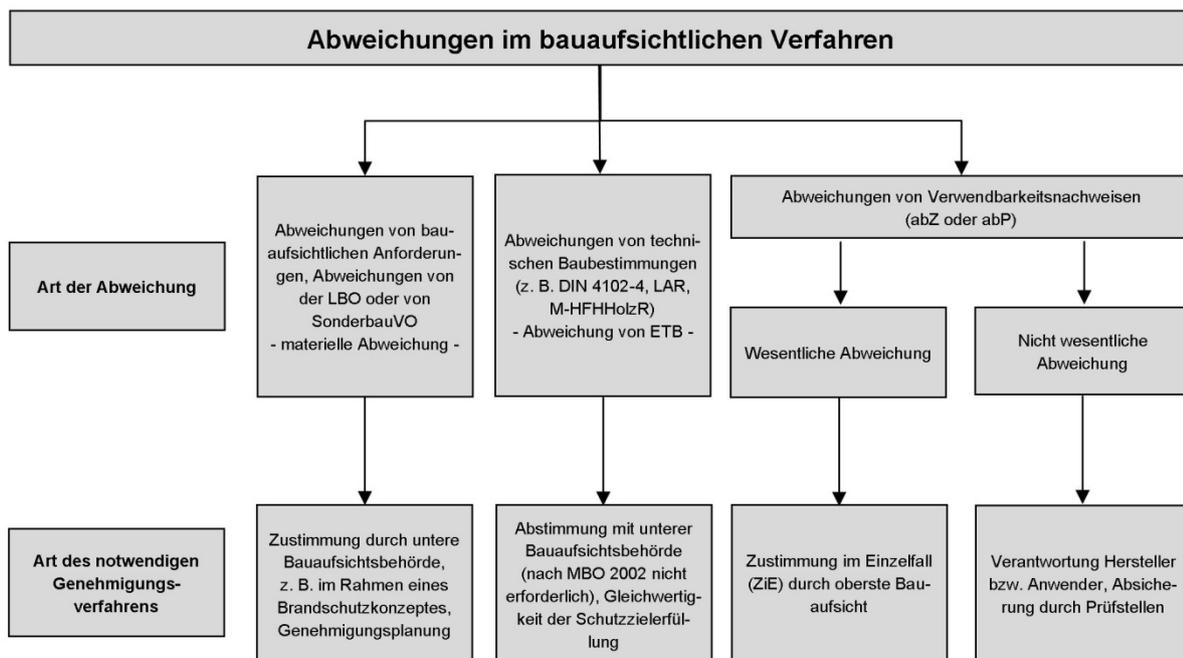


Abbildung 1-1 Mögliche Abweichungen im bauaufsichtlichen Verfahren

a) Abweichungen von Anforderungen der Bauordnung (materielle Abweichung):

In der ersten Spalte von links wird das Verfahren für Abweichungen von Anforderungen der Bauordnung (materielle Abweichung) dargestellt. Hierzu gelten in der Musterbauordnung (MBO) bzw. den Landesbauordnungen (LBO) nachfolgende Regelungen:

„Die Bauaufsichtsbehörde kann Abweichungen von Anforderungen dieses Gesetzes und aufgrund dieses Gesetzes erlassener Vorschriften zulassen, wenn sie unter Berücksichtigung des Zwecks der jeweiligen Anforderung und unter Würdigung der öffentlich-rechtlich

geschützten nachbarlichen Belange mit den öffentlichen Belangen, insbesondere den Anforderungen des § 3 Abs. 1 vereinbar sind. (...).“ (§ 67 Abs. 1 MBO)

Diese Abweichungen stellen baupraktisch meist Alternativlösungen zu Anforderungen aus den baulichen Modellen der Landesbauordnung bzw. deren angeschlossenen Sonderbauverordnungen (z.B. Reduzierung der Kapselklasse) dar. Sie treten in der Regel bereits in der Genehmigungsphase im Zuge der Erstellung des Brandschutznachweises, also vor Erlangung der Baugenehmigung bzw. des Baubescheides auf. In wenigen Fällen kommt es auch zu solchen Abweichungen, wenn im Zuge der Bauausführung Abänderungen zum genehmigten Planungsstand vorgenommen werden. Grundsätzlich sind dann Anträge zu Abweichungen mit der Darstellung einer entsprechend gleichwertigen Lösung durch Anordnung von kompensierenden Maßnahmen an die Untere Bauaufsichtsbehörde zu stellen. Diese beurteilt im Anschluss die gestellten Anträge und genehmigt die beantragten Abweichungen.

In einigen Bundesländern kann sich der Bauherr mit Beginn des bauaufsichtlichen Verfahrens entscheiden, alternativ zur Unteren Bauaufsicht, die Prüfung der möglichen Abweichungen durch einen Prüfsachverständigen für den vorbeugenden Brandschutz vornehmen zu lassen. Dieser bestätigt für den Bereich des Brandschutzes die baurechtskonforme Planung mit der Ausstellung der Prüfbescheinigung Brandschutz I, wodurch sämtliche Anforderungen der Bauordnung in Bezug auf den Brandschutz als gleichwertig erfüllt gelten.

b) Abweichungen von Eingeführten Technischen Baubestimmungen (ETB):

Das Zweite und für dieses Forschungsvorhaben wesentlich bedeutsamere Verfahren gilt für Abweichungen von Eingeführten Technischen Baubestimmungen (ETB), welche bundeslandspezifisch in den bauaufsichtlichen Bekanntmachungen (Liste der Technischen Baubestimmungen) veröffentlicht werden. Im Bereich des mehrgeschossigen Holzbaus sind das hauptsächlich Abweichungen von der M-HFH Holz-Richtlinie, sei es die Verwendung von Massivholz oder die bauseitige Erstellung der Kapselbekleidung durch Nachunternehmer (Bauteil verliert den Status des Bauprodukts). Aber auch Abweichungen z.B. von den Nachweisverfahren oder Lastannahmen des Eurocodes oder den vorbeugenden baulichen Maßnahmen zum Holzschutz nach DIN 68800 führen zu dieser Art des Genehmigungsverfahrens.

Die Musterbauordnung (MBO) bzw. die Landesbauordnungen (LBO) regeln hierzu:

„Die von der obersten Bauaufsichtsbehörde durch öffentliche Bekanntmachung als Technische Baubestimmungen eingeführten technischen Regeln sind zu beachten. Bei der Bekanntmachung kann hinsichtlich ihres Inhalts auf die Fundstelle verwiesen werden. Von den Technischen Baubestimmungen kann abgewichen werden, wenn mit einer anderen Lösung

in gleichem Maße die allgemeinen Anforderungen des Absatzes 1 erfüllt werden; § 17 Abs. 3 und § 21 bleiben unberührt.“ (§ 3 Abs. 3 MBO)

Werden Abweichungen von eingeführten technischen Baubestimmungen im Zuge der Planung durch Entwurfsverfasser bzw. Fachplaner geplant, sind diese im bautechnischen Nachweis nach § 66 MBO (konzeptioneller Brandschutznachweis) anzugeben und zu begründen. Entwurfsverfasser, Fachplaner und Ausführende tragen damit im Rahmen ihrer Wirkungsweise die Verantwortung, dass die vorgeschlagenen Lösungen in gleichem Maße die bauordnungsrechtlichen Anforderungen erfüllen. Über dies hinaus nehmen im Rahmen der bautechnischen Prüfung die Bauaufsichtsbehörde oder der Prüflingenieur / Prüfsachverständige Stellung, ob durch die gewählte technische Lösung mit den zugehörigen kompensatorischen Maßnahmen die im Nachweis aufgeführten und begründeten Abweichungen von technischen Baubestimmungen, die Grundanforderungen des §3 Abs. 1 MBO in Verbindung mit §14 MBO erfüllen können.

Abweichungen von eingeführten technischen Baubestimmungen, wie der M-HFH Holz-Richtlinie sollen demzufolge bereits in der Genehmigungsphase im Brandschutznachweis aufgeführt und begründet werden, um alternative, dem Stand der Technik bzw. dem Stand der Wissenschaft und Technik entsprechende Regelungen anwenden zu können.

c) Abweichungen von Verwendbarkeitsnachweisen für Bauprodukte bzw. Bauarten:

Abweichungen von Verwendbarkeitsnachweisen sind in der Praxis ebenfalls sehr häufig anzutreffen. In diesem Fall muss grundsätzlich zwischen wesentlichen und nichtwesentlichen Abweichungen unterschieden werden. Probleme in der Baupraxis entstehen dabei immer wieder, da sich nur selten eine klare Grenze zwischen wesentlich und nicht wesentlich definieren lässt.

Eine wesentliche Abweichung besteht dann, wenn die Verwendbarkeit des Bauproduktes bzw. die Anwendbarkeit einer Bauart wegen der vorliegenden Abweichung nicht mehr zweifelsfrei nachgewiesen werden kann bzw. beurteilbar ist oder überhaupt kein Verwendbarkeitsnachweis, z.B. in Form einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) oder eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses, vorliegt. In diesem Fall wird regelmäßig eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) der Obersten Baubehörde notwendig. Der Antrag auf eine ZiE ist schriftlich an die Oberste Baubehörde zu stellen. Innerhalb dieses Verfahrens hat der Antragsteller über ein objektbezogenes Gutachten einer sachverständigen Person oder Stelle den Nachweis der Verwendbarkeit gegenüber der Behörde zu erbringen.

Im Gegensatz dazu wird bei einer nicht wesentlichen Abweichung die Übereinstimmung mit dem Verwendbarkeitsnachweis voraus gesetzt, da unterstellt wird, dass die abweichenden Randbedingungen zum gültigen Verwendbarkeitsnachweis keine negativen Auswirkungen in Bezug auf die Leistungseigenschaften haben.

Die Musterbauordnung (MBO) bzw. die Landesbauordnungen (LBO) regeln hierzu wiederum:

„Bauprodukte bedürfen einer Bestätigung ihrer Übereinstimmung mit den technischen Regeln nach § 17 Abs. 2, den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen, den allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen oder den Zustimmungen im Einzelfall; als Übereinstimmung gilt auch eine Abweichung, die nicht wesentlich ist.“ (§ 22 Abs. 1 MBO)

„Für Bauarten gelten die Absätze 1 und 2 entsprechend.“ (§ 22 Abs. 3 MBO)

Für Bauprodukte obliegt die Bestätigung der nichtwesentlichen Abweichung dem Hersteller / Inhaber des Verwendbarkeitsnachweises. Er allein muss die Entscheidung über das bestehen einer wesentlichen oder nicht wesentlichen Abweichung treffen. Im Zweifelsfall bedient er sich dazu der Hilfestellung einer bauaufsichtlich anerkannten Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle, welche entsprechende Verwendbarkeitsnachweise erteilt.

Für Bauarten hat der Anwender eine Übereinstimmungserklärungen über den regelkonformen Einbau abzugeben. Ihm obliegt damit ebenso wie den Planern in der Konzeption der Ausführung die Aufgabe zu beurteilen, ob eine wesentliche oder nichtwesentliche Abweichung vorliegt. Da auch für diese Entscheidung in der Regel ein hintergründiges und spezifisches Wissen, z.B. zu denen der Klassifikation zu Grunde liegenden Brandprüfungen notwendig ist, ist die Einbeziehung der Fachkenntnisse des Systeminhabers zu empfehlen. Im Zweifelsfall kann es auch hier sinnvoll sein, zusätzlich zur Klärung der Fragestellung eine bauaufsichtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle einzuschalten.

Nachfolgende Tabelle 1-1 zeigt eine Aufzählung typischer, im mehrgeschossigen Holzbau vorkommenden Abweichungen mit Bezug zu den Forschungsergebnissen im Bericht (3. Spalte) und einer Verknüpfung der zuvor beschriebenen Typen von Abweichungen (letzte Spalte), sodass bei Vorliegen einer entsprechenden Abweichung jeweils das richtige Verfahren herangezogen werden kann.

Tabelle 1-1 Auflistung typischer Abweichungen im Rahmen der Errichtung mehrgeschossiger Gebäude in Holzbaueise

Nr.	Art der Abweichung	Kap.	Abweichung von	Typ
1	Fassadenbekleidung aus Holz	2.1.3	Landesbauordnung (LBO) - materielle Abweichung -	a)
2	Sichtbare Holzoberfläche	2.1.4.1 2.1.4.2		a)
3	Reduzierung der Kapselklasse	2.1.4.3		a)
4	Verwendung von Massivholzbaueisen	2.1.4.1 2.1.4.2	M-HFH HolzR, abP	b), c)
5	Abweichende Fugenausbildungen	3.1.3.7, 4.2, 4.3	M-HFH HolzR	b)
6	Einbau von Rohrleitungen in hochfeuerhemmende Holzbauteile	4.5.6	M-HFH HolzR	b)
7	Einbau von Elektroinstallationen in hochfeuerhemmende Holzbauteile	4.5.6	M-HFH HolzR	b)
8	Einbau von Feuerschutzabschlüssen (Türen/Fenster) in hochfeuerhemmende Holzbauteile	4.3	Verwendbarkeitsnachweis des Abschlusses (abZ / abP)	c)
9	Installationsschotte *) in Holzbauteilen	4.5.4 4.5.5	Verwendbarkeitsnachweis des Schottes (abZ / abP)	c)

*) Schottzulassung gilt für Trockenbaukonstruktionen oder mineralische Bauweisen

2 Voruntersuchungen, Zusammenstellung der Anforderungen

2.1 Baurechtliche Anforderungen an mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise

2.1.1 MBO 2002

Die MBO 2002 teilt Gebäude in fünf Gebäudeklassen sowie Sonderbauten ein und definiert in Abhängigkeit von diesen Gebäudeklassen Anforderungen an die Standsicherheit und den Brandschutz sowie die dafür erforderlichen Nachweise. Die Gebäudeklassen sind wie folgt eingeteilt:

- Gebäudeklasse 1: freistehende Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m².
- Gebäudeklasse 2: Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m².
- Gebäudeklasse 3: Sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m.
- Gebäudeklasse 4: Gebäude mit einer Höhe bis zu 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m²
- Gebäudeklasse 5: Sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 22 m

Die Höhe im Sinne der MBO ist dabei jeweils das Maß der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der Geländeoberfläche im Mittel. Die Höhenbeschränkungen sind teilweise durch die Feuerwehrausrüstung begründet, beispielsweise sind 23 m die größte Höhe, die mit einem typischen Drehleiterfahrzeug noch erreicht werden kann (entspricht der Brüstungshöhe).

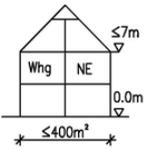
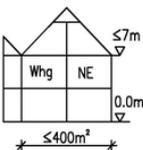
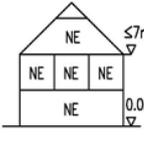
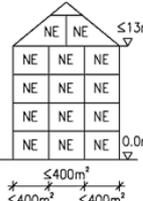
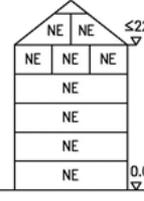
Gebäudeklasse	1	2	3	4	5
Gesamtfläche	≤ 400 m ²	≤ 400 m ²	-	-	-
Fläche einer Nutzungseinheit	-	-	-	≤ 400 m ²	-
Anzahl der Nutzungseinheiten	≤ 2	≤ 2	-	-	-
Brandschutzanforderungen	keine	FH	FH	HFH	FB
					

Abbildung 2-1 Gebäudeklassen nach MBO

Das primäre Schutzziel im Brandschutz nach § 14 MBO lautet: *„Bauliche Anlagen sind so zu errichten, [...], dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“*

Zur konkreten Umsetzung dieses allgemeinen Schutzzieles werden in Abhängigkeit der Gebäudeklassen für tragende und aussteifende Bauteile einerseits Anforderungen an die Brennbarkeit der verwendeten Baustoffe sowie andererseits an die Höhe der Feuerwiderstandsfähigkeit gestellt.

In diesem Punkt liegt die wesentliche Neuerung der MBO 2002 für den Holzbau: Für Gebäude in GK4 besteht die Möglichkeit, hochfeuerhemmende Bauteile zu verwenden, *„deren tragende und aussteifende Teile einen Feuerwiderstand von 60 Minuten haben, aus brennbaren Baustoffen bestehen und allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen haben“*. Tragende Gebäudestrukturen aus Holz sind somit bis zur Gebäudeklasse 4 ohne Abweichungen möglich geworden.

2.1.2 M-HFHolzR

Zur Spezifizierung der Anforderungen an hochfeuerhemmende Holzbauteile und deren Brandschutzbekleidungen dient die Muster-Holzbaurichtlinie (M-HFHolzR). Sie gilt für die Holztafel-, Holzrahmen- und Fachwerkbauweise *„mit einem gewissen Grad der Vorfertigung“*, bisher aber nicht für Holzmassivbauweisen, ausgenommen Decken in Brettstapelbauweise.

Die Richtlinie legt Anforderungen hinsichtlich der zu verwendenden Baustoffe, der Brandschutzbekleidungen und ihrer konstruktiven Ausbildung fest. Sie gibt außerdem Konstruktivi-

onsgrundsätze für die Gestaltung von Fugen, Ecken, Bauteilanschlüssen, Öffnungen und Installationsführungen vor und enthält Richtzeichnungen für typische, häufig vorkommende Anschlüsse und Details.

Praktisch bedeutet das für die Gestaltung von hochfeuerhemmenden Holzbauteilen vor allem:

- Die Bekleidung muss durchgängig sein und aus mindestens zwei Lagen nichtbrennbarer Plattenwerkstoffe mit einer Gesamtstärke nach Stand der derzeitig geprüften Aufbauten von i. d. R. 36 mm bestehen.
- Fugen innerhalb einer Bauteilfläche und an Bauteilecken und –anschlüssen müssen mit Versatz oder Nut- und Federverbindungen hergestellt werden.
- Dämmstoffe müssen nichtbrennbar sein und einen Schmelzpunkt von mindestens 1000 °C aufweisen.
- Die Führung von Installationen innerhalb der Bauteile ist stark eingeschränkt, ggf. müssen Installationsebenen vor der Brandschutzbekleidung angeordnet werden.
- Alle Eckausbildungen, z. B. an Wand-Deckenstößen, Fensterleibungen sind mit Fugenversatz auszuführen, d. h. die Plattenlagen müssen sich verzahnt übergreifen.
- Der Einbau von elektrischen und sonstigen haustechnischen Installationen ist stark beschränkt bzw. nicht gestattet. Es werden Angaben über die Ausführungsart von Elektroinstallationen gemacht.
- Es werden grundsätzlich versetzte Stöße in der Fläche zwischen der ersten und zweiten Plattenlage gefordert.
- Es sind nichtbrennbare Dämmstoffe mit Schmelzpunkt ≥ 1000 °C zu verwenden. Wände sind „hohlraumfrei“ auszuführen, bei Decken sind die Dämmstoffe „flankenschlüssig“ einzubauen.

Durch diese Anforderungen sollen

- eine Beteiligung der tragenden und aussteifenden Holzkonstruktionen am Brandgeschehen,
- die Einleitung von Feuer und Rauch in die Wand- und Deckenbauteile über Fugen, Installationen oder Einbauten sowie eine Brandausbreitung innerhalb dieser Bauteile und
- die Übertragung von Feuer und Rauch über Anschlussfugen von raumabschließenden Bauteilen in angrenzende Nutzungseinheiten oder Räume

über einen ausreichenden Zeitraum verhindert werden.

2.1.3 Fassaden

2.1.3.1 Grundsätze

Tragende Außenwände in Holzbauweise müssen gemäß der M-HFHolzR und der für die Bauteilaufbauten aktuell vorliegenden abP's grundsätzlich beidseitig, d. h. auf der Außen- und Innenseite mit einer Kapselbekleidung versehen werden. Außenseitig können auf dieser Kapselbekleidung unterschiedliche Arten von Fassaden aufgebracht werden. Typische Anwendungsbeispiele sind Fassadensysteme aus Holz sowie Holzwerkstoffen und mineralischen oder metallischen Plattenwerkstoffen, wie z. B. Faserzement oder Bleche. Werden brennbare Werkstoffe (z. B. Brettschalung) verwendet, sind die grundlegenden Anforderungen an den Brandschutz, insbesondere die Entflammbarkeit und das Brandausbreitungsverhalten (B1-Schutzziel entsprechend MBO/LBO), zu beachten.

Eine Alternative zu dieser Bauweise bildet das Aufbringen eines Wärmedämm-Verbundsystems (WDVS) auf die Außenseite. In diesem Fall können die nichtbrennbaren Dämmstoffe in Verbindung mit einem Außenputz einen Teil der Schutzwirkung der Kapselbekleidung übernehmen. Der Aufbau solcher Systeme ist im Einzelnen in den entsprechenden abP's geregelt. (siehe auch Abschnitte 2.2 und 0). Die WDVS-Systeme sind dann generell nach den entsprechenden Verwendbarkeitsnachweisen bzw. Verarbeitungsvorschriften der Hersteller aufzubauen.

2.1.3.2 Fassaden aus Holz

Bei zahlreichen realisierten Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5 wurden Fassaden aus Holz eingesetzt. Mit den Erkenntnissen vorangegangener Forschungsvorhaben [6], [13] und den daraus abgeleiteten Konstruktionsregeln können mit dieser Bauweise die brandschutztechnischen Schutzziele für mehrgeschossige Fassaden eingehalten werden. Nachfolgend werden die speziellen Regeln für brandsichere Fassadenkonstruktion kurz erläutert. Für detaillierte Informationen zu diesem Thema wird auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen. [6], [13]. Für die Konstruktion von Fassaden aus Holz oder Holzwerkstoffen sind jeweils die spezifischen Randbedingungen des Bauvorhabens zu berücksichtigen und die entsprechenden Konstruktionsdetails auszuwählen. Grundsätzlich stellt die Ausführung einer mehrgeschossigen Fassadenkonstruktion aus Holz, also normal entflammbaren Baustoffen, eine materielle Abweichung vom Baurecht dar und muss entsprechend im Brandschutznachweis unter Ansatz kompensierender Maßnahmen (z.B. konstruktive Zusatzmaßnahmen) beantragt und begründet werden.

Soweit Fassaden aus Holz im Bauteilkatalog in Kapitel 5 enthalten sind, wurden diese nur als Prinzipdarstellung angedeutet.

Aus den Bestimmungen der Musterbauordnung (MBO) ergeben sich Anforderungen an die Konstruktion und Ausführung, insbesondere für die Auswahl von Baustoffen der Bekleidungen. Fassaden werden bauordnungsrechtlich als Bestandteile von Außenwänden angesehen, im § 28 „Außenwände“ der MBO 2002 finden sich daher folgende Anforderungen:

- (1) Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist.*
- (2) ¹Nichttragende Außenwände und nichttragende Teile tragender Außenwände müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen; sie sind aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn sie als raumabschließende Bauteile feuerhemmend sind. ²Satz 1 gilt nicht für Türen und Fenster, Fugendichtungen und brennbare Dämmstoffe in nichtbrennbaren geschlossenen Profilen der Außenwandkonstruktionen.*
- (3) ¹Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein; Unterkonstruktionen aus normalentflammbaren Baustoffen sind zulässig, wenn die Anforderungen nach Absatz 1 erfüllt sind. ²Balkonbekleidungen, [...] ³Baustoffe, die schwerentflammbar sein müssen, in Bauteilen nach Satz 1 Halbsatz 1 und Satz 2 dürfen nicht brennend abfallen oder abtropfen.*
- (4) ¹Bei Außenwandkonstruktionen mit geschossübergreifenden Hohl- oder Lufträumen wie hinterlüfteten Außenwandbekleidungen sind gegen die Brandausbreitung besondere Vorkehrungen zu treffen. ²Satz 1 gilt für Doppelfassaden entsprechend.*
- (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.*

Im Fassadenbereich entstehende Bände lassen sich auf drei mögliche Brandszenarien zurückführen (vgl. Abbildung 2-2). Deren Ausbreitung wird dabei im Wesentlichen durch die Intensität und Ort der Brandentstehung sowie durch die Ausbildung des Fassadensystems bestimmt.

Aufgrund der in Wohn- oder Büroräumen üblicherweise vorhandenen Brandlast (Wohnräume ca. 600 MJ/m², Büroräume 800 – 1000 MJ/m²) stellt das Szenario „Brand innerhalb eines Gebäudes“ in der Regel die kritischsten Bedingungen für die Fassade dar, da bei geöffneten Fenstern oder nach Zerstörung dieser und eingetretenem Flashover eine direkte Beanspruchung der Fassade, mit austretenden Flammenlängen von 2 bis 4 Meter über den Sturzbereich des Brandraums stattfindet (vgl. [13] und DIN EN 1991-1-2). Ohne einen Löschangriff der Feuerwehr wäre ein geschossweiser Feuerüberschlag auch durch nicht-

brennbare Fassadenbekleidung nicht auszuschließen. Zahlreiche Auswertungen an realen Schadensfeuern und Forschungsergebnisse bestätigen dies eindeutig.

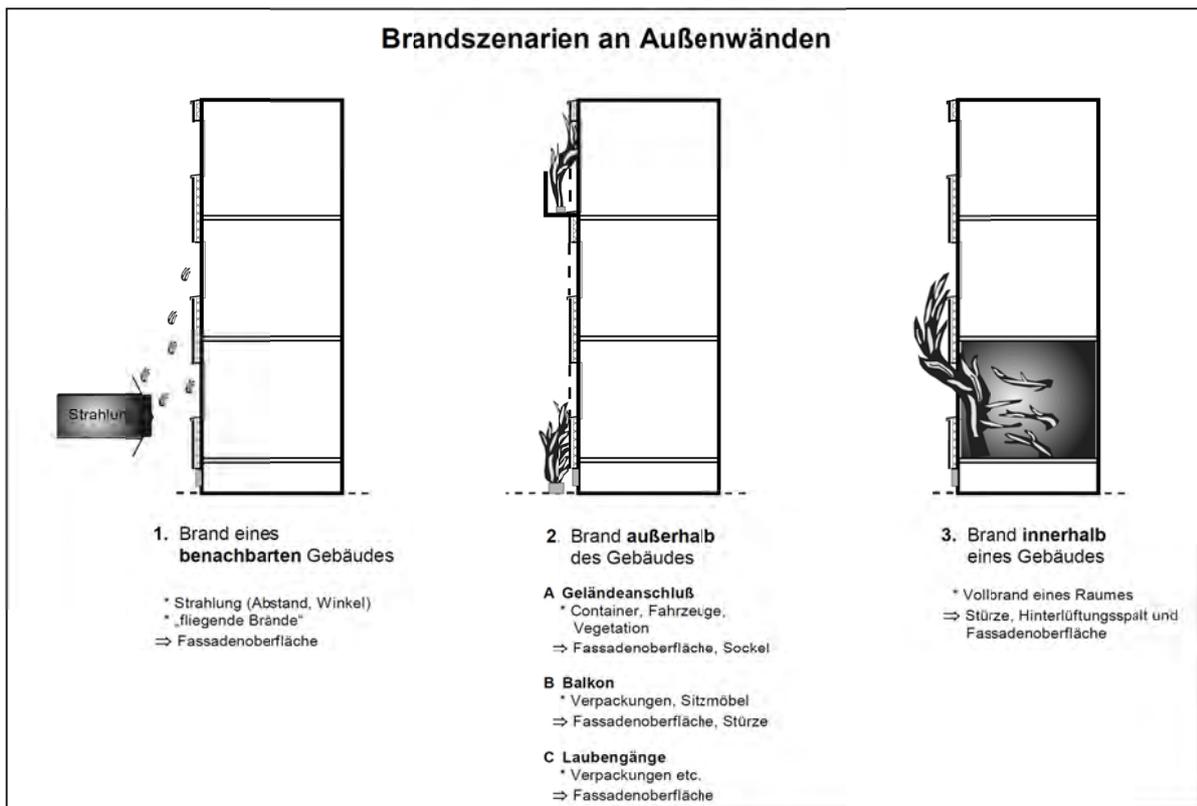


Abbildung 2-2 Brandszenarien an der Gebäudeaußenwand (Bild: I. Kotthoff, entnommen aus [7])

Unabhängig von der Konstruktionsweise und Materialien können für Außenwandkonstruktionen folgende Schutzziele zusammengefasst werden:

Bei einer Brandbeanspruchung der Fassade darf es vor dem Löscheinsatz der Feuerwehr nicht zu einer Brandausbreitung über mehr als zwei Geschosse oberhalb oder unterhalb der Brandetage kommen. Ein großflächiges Abfallen von Fassadenteilen und die damit verbundene Gefährdung von Rettungskräften ist auszuschließen. Dabei wird ein spätestens nach 20 Minuten statt findender Löschangriff zu Grunde gelegt.

Diese Schutzziele können bei der Verwendung von Holz als Fassadenoberfläche durch geeignete Konstruktionsweisen und Detailausbildungen gewährleistet werden. Genaue Ausführungshinweise finden sich in [6] und [13], eine Übersicht ist in Abbildung 2-3 dargestellt. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Ausbildung der konstruktiven Zusatzmaßnahmen in Form geschossweiser Brandsperrern. Die Anordnung der einzelnen Bretter bzw. Latten muss bestimmten Anforderungen genügen, damit keine unzulässig schnelle Brandausbreitung über die Fassadenfläche stattfindet. Für sämtliche Fassadenkonstruktionen mit

normalentflammbaren Baustoffen muss zwingend hinter der Fassadenunterkonstruktion in der Hinter- bzw. Unterlüftungsebene eine nicht brennbare Schicht angeordnet werden.

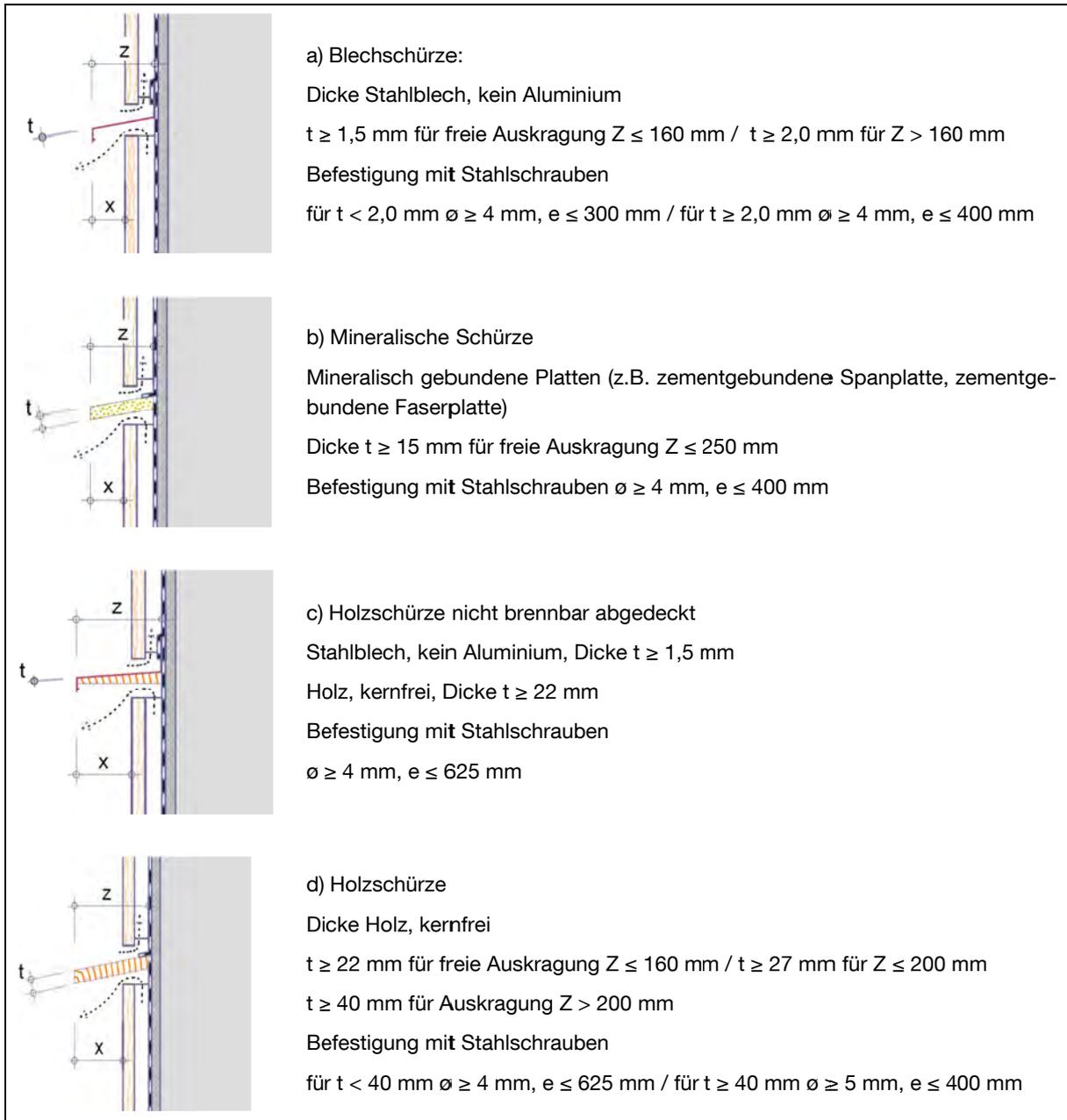


Abbildung 2-3 Übersicht über mögliche Ausführungsarten von Brandschürzen

Bekleidungs- typ	Baustoff/ Bauteil	Schemaskizze		Beispiele	Ausrichtung	Tiefe der Hinter- lüftungsebene	Mindestüberstandstand (Maß X, vgl. Abbildung 2-3) der Brandschürze bei geschossweiser Anordnung											
		horizontale Ausrichtung	vertikale Ausrichtung				≥ 200 mm	≥ 100 mm	≥ 50 mm	≥ 20 mm								
Flächiger Holz- werkstoff	<ul style="list-style-type: none"> • Holz oder Holzwerkstoff • Rohdichte ≥ 330 kg/m³ • Fläche geschlossen • Plattendicke ≥ 18 mm • Kantenlänge ≥ 200 mm • Plattenfläche ≥ 0,20 m² 			<ul style="list-style-type: none"> • Massivholzplatten • Brettsperholz • Furniersperholz • Furnierschichtholz • OSB • Holzspanplatten 	horizontal / vertikal	≥ 50 mm ≥ 100 mm	Bereich brandsicherer Fassadenkonstruktionen durch äquivalente Erfüllung des baurechtlich gestellten B1-Schutzziels											
Form- schlüssige Schalung	<ul style="list-style-type: none"> • Entlastungsritzen: - Restdicke ≥ 10 mm - Abstand Nuten ≥ 30 mm • Beplankungsdicke ≥ 18 mm • Brettbreite: markfrei ≤ 160 mm halbriht oder riht < 250 mm 			<ul style="list-style-type: none"> • Schalung Nut + Feder • Deckleistenschalung mit Profil • Nut und Feder 	horizontal / vertikal	≥ 50 mm ≥ 100 mm					Bereich brandsicherer Fassadenkonstruktionen durch äquivalente Erfüllung des baurechtlich gestellten B1-Schutzziels							
Kraft- schlüssige Schalung	<ul style="list-style-type: none"> • Entlastungsritzen: - Restdicke ≥ 10 mm - Abstand Nuten ≥ 30 mm • Beplankungsdicke ≥ 18 mm • Brettbreite frei 			<ul style="list-style-type: none"> • Schalung überfäzt • T-Leistenschalung 	horizontal	≥ 50 mm ≥ 100 mm									Bereich brandsicherer Fassadenkonstruktionen durch äquivalente Erfüllung des baurechtlich gestellten B1-Schutzziels			
Offene Schalungen	<ul style="list-style-type: none"> • Brettstärke ≥ 18 mm • Brettquerschnittsfläche ≥ 1000 mm² • Dicke von Abdeckleisten ≥ 10 mm • Brettbreite frei 			<ul style="list-style-type: none"> • Offene Schalung • Leistenschalung • Deckeschalung • Stülpschalung • Deckleistenschalung 	horizontal	≥ 50 mm ≥ 100 mm												
					vertikal	≥ 50 mm ≥ 100 mm	Bereich brandsicherer Fassadenkonstruktionen durch äquivalente Erfüllung des baurechtlich gestellten B1-Schutzziels											
											Bereich brandsicherer Fassadenkonstruktionen durch äquivalente Erfüllung des baurechtlich gestellten B1-Schutzziels							
															Bereich brandsicherer Fassadenkonstruktionen durch äquivalente Erfüllung des baurechtlich gestellten B1-Schutzziels			

Abbildung 2-4 Mögliche Ausführungsarten von Holzfassaden

Über die vorgenannten Ausführungen zu den Holzfassadenbekleidungen hinaus können weitere Bedingungen notwendig werden, die eine Brandausbreitung bzw. –weiterleitung in der Hinterlüftungsebene der Fassadenkonstruktion und dem dahinterliegenden Wandelement ausschließen. Zu nichttragenden Außenwänden ohne Kapselanforderungen werden brandschutztechnische Detaillösungen und Aufbauten vorgefertigter Fassadenelemente in Holzbauweise (TES-System) in [47] dargestellt.

2.1.4 Praxistypische Abweichungen von den deskriptiven Anforderungen

In wenigen der bisher ausgeführten Bauvorhaben im Geltungsbereich der M-HFHolzR wurde den dortigen Regelungen vollständig gefolgt, es mussten also Abweichungen beantragt und entsprechende Zustimmungen erteilt werden. Dies hatte teilweise wirtschaftliche und praktische, oft aber auch gestalterische Gründe. So besteht beispielsweise oft der nachvollziehbare Wunsch, zumindest teilweise sichtbare (und daher unbekleidete) Holzoberflächen zu verwenden. *Abweichungen* definiert die MBO 2002 in § 3 Absatz 3 wie folgt:

„Die von der obersten Bauaufsichtsbehörde durch öffentliche Bekanntmachung als Technische Baubestimmungen eingeführten technischen Regeln sind zu beachten. [...] Von den Technischen Baubestimmungen kann abgewichen werden, wenn mit einer anderen Lösung im gleichen Maße die allgemeinen Anforderungen des Absatzes 1 erfüllt werden; [...]“

Den Nachweis, dass beim Abweichen von einer technischen Regel deren Zweck auf andere Weise entsprochen wird, hat der Bauherr zu erbringen. Gelingt dieser Nachweis, besteht auf die Genehmigung der Abweichungen ein Rechtsanspruch.

Erforderlich im Falle von Abweichungen im Bereich des Brandschutzes ist immer ein Brandschutzkonzept, in welchem nachgewiesen wird, dass die Schutzziele nach § 14 MBO durch die abweichende Lösung in gleicher Weise erreicht werden. Wie das im Einzelfall geschieht, kann nicht pauschal beantwortet werden, da immer die Gegebenheiten des jeweiligen Gebäudes und die sonstigen örtlichen Randbedingungen (z. B. Einbau von Anlagentechnik) zu berücksichtigen sind. Die häufigsten Abweichungen betreffen die folgenden Punkte:

- Verwendung von sichtbaren Holzoberflächen, d. h. teilweise Weglassung der Kapselung
- Verwendung von Massivholzbauteilen als Tragstruktur
- Reduzierung der Kapselklasse auf z. B. K₂30

2.1.4.1 Verwendung von sichtbaren Holzoberflächen

Dieser Punkt hat erfahrungsgemäß eine hohe Relevanz, da oft von Bauherren- und Architektenseite gewünscht wird, in einem „Holzhaus“ auch die Holzoberflächen zumindest teilweise sichtbar und damit für den Nutzer erlebbar zu lassen. Insbesondere sind oft unbedeckte Deckenuntersichten geplant und mit entsprechenden Kompensationsmaßnahmen auch ausgeführt worden.

Durch die Kapselung von Holzbauteilen soll verhindert werden, dass sich die Gebäudestruktur innerhalb der Schutzzeit am Brandgeschehen beteiligt, d. h. das gekapselte Holzbauteil soll sich innerhalb der ersten 60 Minuten wie ein entsprechendes Bauteil aus nichtbrennbaren Baustoffen verhalten. Auf diese Weise werden die Brandlasten aus der Tragstruktur nicht umgesetzt, es werden Hohlraumbrände behindert und die Brandausbreitung wird nicht beschleunigt.

Mit der Verwendung von unbedeckten Massivholzbauteilen werden zusätzliche immobile Brandlasten in das Gebäude eingebracht. Brennbar Bauteiloberflächen begünstigen eine erhöhte Brandausbreitungsgeschwindigkeit. Im Brandraum nicht umgesetzte Pyrolysegase entzünden sich unter Beimischung von Sauerstoff vor der Fassade, wodurch an dieser eine zusätzliche Beanspruchung zu erwarten ist. [13]

Eine mögliche Kompensationsmaßnahme kann daher die Verkleinerung der Nutzungseinheiten sein, damit in einem Brandabschnitt die Brandlasten annähernd gleich groß bleiben und so die Beherrschbarkeit für die Feuerwehr gegeben ist. [17] Die Holzbauteile selbst müssen in diesem Fall z. B. nach DIN EN 1995-1-2 für den Brandfall bemessen sein.

Automatische Löschanlagen ermöglichen den Nachweis der Einhaltung der bauordnungsrechtlichen Schutzziele aus technischer Sicht problemlos. Für übliche Wohnbauten ist de-

ren Einbau allerdings wirtschaftlich nicht vertretbar, da neben den Installationskosten auch hohe laufende Aufwendungen für die Wartung und Instandhaltung anfallen.

Voraussetzung ist in jeden Fall eine hohlraumfreie Bauweise, um schwer löschrbare Brände im Inneren und eine unkontrollierbare Brandweiterleitung zu vermeiden. Kritisch sind in diesem Zusammenhang z. B. Brettsperrholzelemente zu sehen, deren Bretter der inneren Lagen nicht hinreichend dicht aneinander liegend verklebt sind. (vgl. Abbildung 2-5) Die Entstehung von Glimmbränden und die Brandweiterleitung über die Fugen muss durch einen geeigneten Aufbau der Massivholzelemente vermieden werden. Dieser Aspekt ist bei der Auswahl der Brettsperrholzplatten unbedingt zu beachten.



Abbildung 2-5 dreilagiges unbelacktes Brettsperrholzelement im Brandversuch, deutlich zu erkennen ist der Rauchgasdurchtritt zwischen den inneren Lamellen

Anschlüsse zu gekapselten Bauteilen müssen so ausgeführt werden, dass keine Gefahr von Hohlraumbränden entsteht und die Kapselung des angrenzenden Bauteils vollständig erhalten bleibt.

Die teilweise Verwendung brennbarer Bauteiloberflächen ist bei Einplanung entsprechender Kompensationsmaßnahmen und gut ausgeführter Anschlussdetails kein besonderes Problem und kann als attraktives gestalterisches Merkmal von modernen Holzgebäuden auch in Kombination mit der Anwendung der M-HFHolzR ausgeführt werden. Die baurechtliche Verwendbarkeit ist immer für den Einzelfall im objektbezogenen Brandschutzkonzept nachzuweisen. Es handelt sich um eine Abweichung von Baurecht, die in der Regel durch die Anwendung geeigneter Kompensationsmaßnahmen begründet werden muss.

In den Konstruktionsdetails in Abschnitt 5.3 werden Vorschläge für Anschlüsse von unbekleideten an bekleidete Bauteile dargestellt.

2.1.4.2 Verwendung von bekleideten Massivholzbauweisen

Zu den Massivholzbauweisen zählen die Brettspertholz- und Brettstapelbauweise ebenso wie weitere spezifische Bauweisen, z. B. orthogonal miteinander durch Verdübelung oder Vernagelung oder besonders geartete Holz-Holz-Verbindungen verbundene Brett- oder Bohlenlagen.

Der Geltungsbereich der M-HFHolzR erstreckt sich nur auf die Holztafel-, Holzrahmen- und Fachwerkbauweise und schließt damit die Verwendung von Massivholzbauteilen wie Brettspertholz aus. In der Richtlinie als zulässige Massivholzbauweise genannt sind bisher ausschließlich Brettstapeldecken. Die verfügbaren Prüfzeugnisse für Kapselbekleidungen gehen teilweise ebenfalls nur von den genannten Bauweisen aus.

Nach heutigem Stand der Technik spricht allerdings nichts gegen die Verwendung von Massivholzbauweisen als Tragstruktur, da durch die Kapselung die brandschutztechnischen Eigenschaften nicht verschlechtert werden. Die Bauteileigenschaften hinsichtlich Tragfähigkeit, Raumabschluss und Isolation (R, E und I nach DIN EN 13501-2) werden nach allen bisherigen Kenntnissen tendenziell eher verbessert als verschlechtert.

Bei sinngemäßer Ausführung der sonstigen Konstruktion und Bekleidung kann auch Massivholz als Tragstruktur ohne Probleme verwendet werden.

Brandschutztechnisch relevant ist die ausreichend tragfähige und prüfzeugnisgerechte Befestigung der Bekleidung an der Tragstruktur. Ob hinter der Beplankung ein Massivholz- oder hohlraumhaltiges Rahmenbauteil eingebaut ist spielt in diesem Zusammenhang keine Rolle. Insoweit entspricht die Ausgrenzung von Massivholzbauweisen in der M-HFHolzR nicht dem Stand der Technik und Wissenschaft. In den Bauteildatenblättern und Konstruktionsdetails in Abschnitt 5 werden Vorschläge für die Verwendung von Massivholzbauweisen dargestellt.

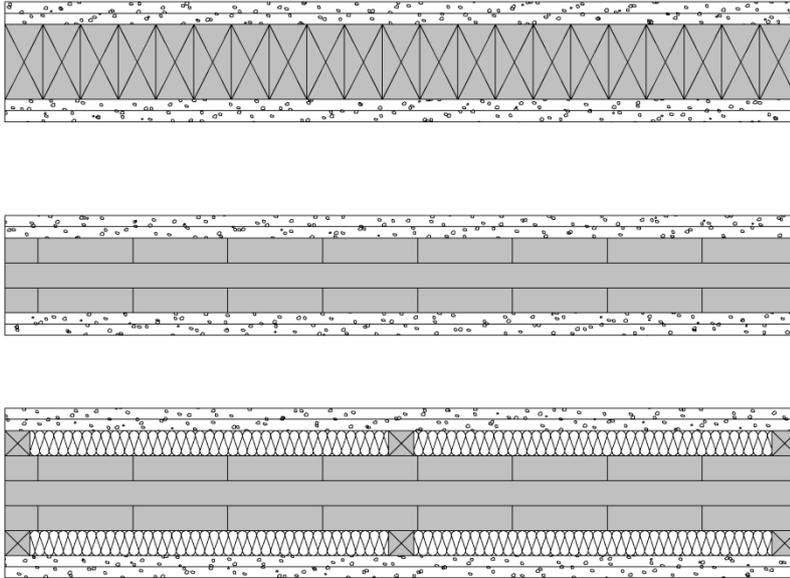


Abbildung 2-6 Beispiele für Wandbauweisen aus Massivholz (Massivholzwand, Brettsper Holz). Die Bauweisen sind nach M-HFHolzR nicht zulässig, da die Richtlinie nicht für Wandkonstruktionen aus Massivholz gültig ist.

2.1.4.3 Reduzierung der Kapselklasse

Aufgrund der in der Regel beidseitigen Kapselung und der oft auch aus Gründen des Schall- und Wärmeschutzes vorhandenen dicken Mineralwolldämmung erreichen hochfeuererhemmende Holzbauteile oft insgesamt Feuerwiderstände von weit über 60 Minuten und sind somit für die reine Feuerwiderstandsdauer überdimensioniert.

In vielen Beispielprojekten wurde die Kapselklasse im Rahmen von objektbezogenen Brandschutzkonzepten auf K_{230} oder K_{245} reduziert, im europäischen Ausland sind geringere Schutzzeiten in vielen Fällen generell üblich. An dieser Stelle besteht daher Potential zur Optimierung der Bauweise. Wenn geeignete Kompensationsmaßnahmen getroffen werden, bietet sich die Reduzierung der Kapselklasse durchaus an, um Kosten in der Bauausführung zu reduzieren. [17]

Bei der Entscheidung der Frage, ob eine Reduzierung der Kapselklasse möglich bzw. sinnvoll ist, sind auch die Möglichkeiten der Sanierung nach einem Brandereignis zu bedenken. Eine großflächig angebrannte und verkohlte Massivholzoberfläche lässt sich nur mit großem Aufwand instand setzen, während bei einer höheren Kapselklasse das Holz nach einem Brand im Idealfall gar nicht beschädigt ist und nur die Bekleidung ausgetauscht werden muss.

2.1.4.4 Anwendung von Holzbauweisen in Gebäudeklasse 5, Hochhäusern und Sonderbauten

Es gibt inzwischen etliche Beispiele für Holzbauten, welche die Klassifizierungsgrenzen der Gebäudeklasse 4 deutlich überschreiten, in letzter Zeit sind bereits Planungen und Studien für Bauwerke mit Holztragstruktur entstanden, die über die Hochhausgrenze hinausgehen. In den europäischen Nachbarländern wurden bereits Gebäude mit neun Geschossen und mehr realisiert. Es werden auch zunehmend Vorhaben in Holzbauweise geplant, die unter Sonderbauvorschriften fallen, wie Schulen und Hotels. Hier ist formal in den Bauordnung die Verwendung brennbarer Baustoffe ausgeschlossen, weshalb diese Projekte nicht konform mit den deskriptiven Vorgaben der einschlägigen Regelwerke erstellt werden können. Es ist daher immer in einen Brandschutzkonzept nachzuweisen, dass die grundlegenden Schutzziele für den jeweiligen Einzelfall eingehalten werden. Hierin liegt der wesentliche Unterschied zu Gebäudeklasse 4, wo die Verwendung von Holztragstrukturen formal kein objektbezogenes Sonderbrandschutzkonzept erfordert. Es kann hier vielmehr auch durch Einhaltung aller Vorschriften ohne besonderen Nachweis das geforderte Sicherheitsniveau erreicht und der Brandschutznachweis alleine auf Basis von geregelten bzw. durch bauaufsichtliche Prüfzeugnisse definierten Produkten geführt werden.

2.2 Bauteile und Bauteilanschlüsse

2.2.1 Verwendbarkeitsnachweise für flächige Bauteile

In der Bauregelliste A Teil 2 Nr. 2.44 wird der Verwendbarkeitsnachweis „P“ für die Brandschutzbekleidung gefordert. Notwendig ist also ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) einer durch das DIBt anerkannten Prüfstelle, in welchem zur Erfüllung der Anforderungen geeignete Bauteilaufbauten im Detail beschrieben werden. Derartige Prüfzeugnisse werden in der Regel von einzelnen Herstellern der Bekleidungsmaterialien oder von Herstellerverbänden bei den Prüfstellen beantragt. Die Prüfzeugnisse definieren den Aufbau der Bauteile in der Fläche für Wände und Decken, Ausbildungen von Bauteilanschlüssen und Installationen werden dort nicht beschrieben.

Die erforderliche Brandschutzklassifikation der Bekleidung ist in der M-HFHolzR wie folgt definiert:

„Die Brandschutzbekleidung muss eine Entzündung der tragenden einschließlich der austretenden Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen während eines Zeitraumes von mindestens 60 Minuten verhindern und als K₂60 nach DIN EN 13501-2 klassifiziert sein (brandschutztechnisch wirksame Bekleidung nach § 26 Abs. 2 Satz 2 Nr. 3 MBO).“

Es darf nach DIN EN 13501-2

- die mittlere Temperatur an der brandabgewandten Seite der Bekleidung oder auf der Trägerplatte die Anfangstemperatur im Mittel um nicht mehr als 250 °C, an einzelnen Stellen um nicht mehr als 270 °C überschreiten.
- kein verbranntes oder verkohltes Material an beliebiger Stelle der Trägerplatte oder unbeflammten Seite der Brandschutzbekleidung auftreten.
- kein Zusammenbrechen der Brandschutzbekleidung auftreten.

Formal betrachtet gelten diese Anforderungen sinngemäß auch an allen Bauteilstößen, Beplankungsstößen, Eckausbildungen, Durchdringungen und Ähnlichem. Exponierte Stellen wie Leibungsecken werden naturgemäß stärker beansprucht. Diskussionsgegenstand ist oft, inwieweit hier Temperaturüberschreitungen oder Verfärbungen des Holzes bis hin zu lokal verkohlten Stellen wie an Verbindungsmitteln als zulässig anzusehen sind. Untersuchungen hierzu wurden z. B. in [36] durchgeführt. Der Einfluss von metallischen Verbindungsmitteln auf das lokale Brandverhalten des umgebenden Holzes wurde in [49] umfangreich untersucht.

2.2.2 Vorfertigung und Montage

Die M-HFHolzR fordert einen „gewissen Grad“ der Vorfertigung und drückt sich damit unpräzise hinsichtlich der konkret erforderlichen Vorfertigung aus. Dessen ungeachtet ist eine möglichst weitgehende Vorfertigung der Bauteile sinnvoll, da die Arbeitsbedingungen in Werksarbeitsplätzen in der Regel deutlich besser sind als unter oft improvisiertem Randbedingungen und an ergonomisch nicht optimalen Arbeitsplätzen auf der Baustelle. Im Sinne einer hohen Qualität der Bauteile, aber auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten sowie im Hinblick auf eine schnelle Bauzeit wird empfohlen, die einzelnen Elemente weitestgehend vorzufertigen. Einzelne Anschlussbereiche etc. können auch nachträglich fertiggestellt werden. Ebenso ist es möglich, die zweiten Lagen der Brandschutzbekleidungen oder die Fassadenbekleidung bauseits zu montieren. Alle Bauteile sollten aber allseits geschlossen auf die Baustelle geliefert werden und zumindest eine Lage der Brandschutzbekleidung vormontiert enthalten. Mit abnehmendem Grad der Vorfertigung findet ein Übergang vom *Bauprodukt* zur *Bauart* statt. Eine nähere Erläuterung dieser Begrifflichkeiten ist in Abschnitt 1 enthalten.

2.2.3 Bauregelliste, Überwachung und Zertifizierung

Das Bauprodukt „hochfeuerhemmende Holzbauteile“ ist in der Bauregelliste A Teil 2 Nr. 2.44 gelistet. Vorgeschrieben wird dort ein Verwendbarkeitsnachweis in Form eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses (abP) und zur Sicherstellung der geforderten Eigenschaften ein Übereinstimmungszertifikat (ÜZ) durch eine anerkannte Prüfstelle.

Nach § 24 MBO ist ein Übereinstimmungszertifikat von einer Zertifizierungsstelle „zu erteilen, wenn das Bauprodukt [...] dem abP [...] entspricht und einer werkseigenen Produktionskontrolle sowie einer Fremdüberwachung [...] unterliegt.“ Die Fremdüberwachung ist von Überwachungsstellen nach § 25 MBO durchzuführen und „hat regelmäßig zu überprüfen, ob das Bauprodukt [...] dem abP entspricht.“

Überwachungs- und Zertifizierungsstellen nach § 25 MBO werden stellvertretend durch das DIBt von der obersten Bauaufsichtsbehörde anerkannt, „wenn die erforderlichen personellen und technischen Anforderungen erfüllt sind und die Gewähr dafür bieten, dass die Aufgaben den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechend wahrgenommen werden.“

Im Rahmen der Fremdüberwachung wird zunächst geprüft, ob die personelle, organisatorische, gerätemäßige und räumliche Ausstattung eine ordnungsgemäße Fertigung erwarten lässt. Während der Fertigung wird die Übereinstimmung der produzierten Bauteile mit den zugrundeliegenden technischen Regeln geprüft und dokumentiert.

Wenn also ein Holzbaubetrieb die Fertigung hochfeuerhemmender Bauteile in Holzbauweise beginnen möchte, muss er sich von einer anerkannten Prüf- und Zertifizierungsstelle fremdüberwachen und für die gefertigten Bauteile ein Übereinstimmungszertifikat ausstellen lassen. Erst dann dürfen die hochfeuerhemmenden Holzbauteile mit dem Ü-Zeichen versehen in Verkehr gebracht und in einem Gebäude eingebaut werden. Die M-HFHolzR fordert zudem die Überwachung und Bescheinigung der ordnungsgemäßen Bauausführung durch die Bauaufsichtsbehörde, bzw. einen von ihr beauftragten Prüfsachverständigen oder Prüfingenieur für Standsicherheit. Die rechtlichen und organisatorischen Zusammenhänge der Brandschutzplanung sind in Diagrammform im Anhang 8.1 dargestellt.

2.2.4 Verwendbare Baustoffe

2.2.4.1 Brandschutzbekleidungen

Grundsätzlich sind verschiedene Materialien und Arten von Plattenwerkstoffen für die Herstellung von Brandschutzbekleidungen möglich. Entscheidend ist der Nachweis der Eignung für die Erzielung der Kapselwirkung K_{260} nach DIN EN 13501-2 nach der Prüfung der Bauteile entsprechend DIN EN 14135. Das wesentliche Prüfkriterium ist, dass sich die Oberfläche der zu schützenden Tragkonstruktion auf nicht mehr als im Mittel 250 °C und lokal an einzelnen Stellen bis zu 270 °C über der Ausgangstemperatur erwärmen darf und damit noch unter der Zündtemperatur von Holz bleibt.

In Frage kommen vor allem gipsgebundene Bauplatten, grundsätzlich denkbar sind aber auch andere Werkstoffe. Baupraktisch üblich sind z. B. Gipsplatten der Typen Gipskartonfeuerschutzplatte (GKF) nach DIN 18180 (entspricht Gipsplatte Typ F nach DIN EN 520) und Gipsfaserplatte (GF) gemäß DIN EN 15283 für deren Anwendung als Kapselbekleidung verschiedene allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP) vorliegen. Diese sind bezüglich ihres Brandverhaltens nach DIN EN 520 als A2-s1, d0 klassifiziert, als nicht brennbar, ohne Rauchentwicklung, kein brennendes Abfallen/Abtropfen. Beide Plattentypen erhalten die gleiche Einstufung. Die Kapselwirkung kann auch durch andere Aufbauten erreicht werden, beispielhaft können Wärmedämmverbundsysteme auf Basis von Mineralwolle oder übliche Fußbodenaufbauten mit Estrich und Trittschalldämmung genannt werden. Derartige Aufbauten sind entweder bereits in abP enthalten oder ihre baurechtliche Verwendbarkeit wurde im Rahmen von Zustimmungen im Einzelfall auf Basis gutachterlicher Stellungnahmen nachgewiesen. Verschiedene Fußbodenaufbauten sind auch in der M-HFHolzR geregelt.

Die genaue Art, Dicke, Befestigung und Fugenausführung der flächigen Brandschutzbekleidung ist in den abP's definiert. Alle bekannten Hersteller von in Frage kommenden Bekleidungsmaterialien stellen entsprechende Unterlagen entweder frei zum Download oder auf

Anfrage zu Ihren Produkten zur Verfügung. Eine Übersicht der aktuell verfügbaren abP's für „K₂60“ Bauteile ist in Tabelle 2-2 dargestellt.

Im Planungsprozess sollte daher nach der Definition der Brandschutzanforderungen im Brandschutzkonzept eine Entscheidung für einen Gipsplattentyp getroffen und daraufhin die entsprechenden gültigen Prüfzeugnisse des jeweiligen Herstellers beschafft werden.

Die Biegetragwirkung von Gipskartonplatten beruht im Kaltzustand vorrangig auf der Aufnahme von Zugspannungen durch die beidseitig aufgetragenen Kartonschichten, bei Gipsfaserplatten werden Zugspannungen durch die über den gesamten Querschnitt verteilten Fasern aufgenommen. Im Brandfall verlieren die Kartondeckschichten bei Platten des Typs GKF relativ schnell ihre Festigkeit, Zugspannungsanteile werden dann von zusätzlich im Gipsquerschnitt enthaltenen mineralischen Fasern aufgenommen. Diese Fasern sorgen somit im Brandfall für den Gefügezusammenhalt, ihre Beimischung und weitere Additive bilden den wesentlichen Unterschied zu Gipskartonbauplatten (GKB).

Für die regelmäßig als Brandschutzbekleidung verwendeten Plattentypen GF und GKF sind ausgewählte spezifische Eigenschaften und Angaben aus den aktuell gültigen Prüfzeugnissen für Wände und Decken mit der Brandschutzklassifikation REI60-K₂60 in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 2-1 Übersicht über die technischen Eigenschaften von Gipsplatten der Typen GKF und GF in der Stärke 18 mm sowie der wesentlichen Angaben in den zugehörigen Prüfzeugnissen

Plattentyp/Eigenschaft	Gipskartonfeuerschutzplatte	Gipsfaserplatte
Flächengewicht	15,2 kg/m ²	21 kg/m ²
Biegefestigkeit parallel $f_{m,k}$	4,2 N/mm ²	3,6 N/mm ²
max. Achsmaß Deckenbalken	62,5 oder 100 cm	k. A.
max. Achsmaß Unterkonstruktion Decke	40 oder 50 cm	63 cm
max. Achsmaß Wandständer	62,5 cm	90 cm
max. Achsmaß Unterkonstruktion Wand	62,5 cm	90 cm
max. Klammerabstand 1./2. Lage Decke	150/80 oder 240/80 mm	300/150 mm
max. Klammerabstand 1./2. Lage Wand	80/80 oder 240/80 mm	300/150 mm
Fugenverspachtelung 1./2. Lage	gefordert/gefordert	nicht gefordert/nicht gefordert
Fugenversatz in der Fläche	immer gefordert	nicht gefordert
min. B x H Holzständer Wand	60/90	45/80
min. B x H Deckenbalken	80/200 oder 60/k. A.	45/k. A.

Soweit in Tabelle 2-1 mehrere Auswahlmöglichkeiten einzelner Werte angegeben sind, beziehen sich diese auf verschiedene Prüfzeugnisse.

Entscheidend für die Qualität einer Brandschutzbekleidung sind neben der Behinderung des Temperaturdurchgangs das Rissverhalten und die Entfestigung infolge Temperatureinwirkung. Das diesbezügliche Verhalten der GF/GKF Platten ist unterschiedlich, insbesondere im Hinblick auf Verformungen, Rissbildung, Abfallverhalten. (vgl. [48], [51], [52]) Die Unterschiede wirken sich jedoch erfahrungsgemäß kaum auf die Prüfzeugnisse aus.

Alle Details, Fugenausführungen, Eckgestaltungen, Installationsausführungen etc. in diesem Forschungsbericht sind identisch für beide Plattentypen geeignet. Die Unterschiede der Angaben in den Prüfzeugnissen, z. B. zu den Befestigungsabständen, spiegeln nur zum Teil konkrete technische Eigenschaften wider. Es ist vielmehr so, dass unterschiedliche Konstruktionen geprüft wurden und diese sich nun in den Prüfzeugnissen wiederfinden. Die Forderung „verspachtelte 1. Plattenlage“ für GKF-Bekleidungen resultiert z. B. nicht aus einem zwingenden technischen Erfordernis, sondern wurde aufgrund der geprüften Ausführung so übernommen.

Die Schalldämmwirkung der beiden Plattentypen kann nicht allgemein beurteilt werden, da es hier immer auf das Zusammenspiel verschiedener Komponenten eines Bauteilaufbaus ankommt. Zu beachten und schalltechnisch relevant ist das Flächengewicht und die Plattensteifigkeit. Hier bieten GF-Platten leichte Vorteile. Das höhere Flächengewicht der GF-Platten muss jedoch bei der Planung der verfügbaren Transportmöglichkeiten und Hebezeuge sowie in der statischen Berechnung berücksichtigt werden.

2.2.4.2 Dämmstoffe

Gemäß M-HFHolzR sind alle Bauteile hohlraumfüllend mit nichtbrennbarer Mineralwolle mit Schmelzpunkt $\geq 1000^\circ$ und einer Rohdichte von $\rho \geq 15 \text{ kg/m}^3$ auszufüllen. In verschiedenen Brandschutzprüfzeugnissen gibt es Abweichungen für Deckenkonstruktionen, hier muss die Dämmung teilweise nicht hohlraumfüllend eingebracht werden. In einzelnen Prüfzeugnissen kann die Anforderung an die Rohdichte der Dämmung abweichen, es gelten zudem ggf. andere Rohdichten für außen aufgebrachte Wärmedämmverbundsysteme. Der höchste in allen aktuell vorliegenden Prüfzeugnissen geforderte Wert der Rohdichte für Gefachdämmungen beträgt 35 kg/m^3 . Bei Verwendung dieser Rohdichte sind somit die Anforderungen aller Prüfzeugnisse ohne weiteres erfüllt. Baupraktisch üblich sind Mineralwollprodukte, insbesondere Steinwolle. Reine Glaswolle ist nicht geeignet, da sie einen niedrigeren Schmelzpunkt als 1000° C aufweist.

Für die Anwendung von biogenen Dämmstoffen gibt es aktuell keine Brandschutzprüfzeugnisse, da das Kriterium der Nichtbrennbarkeit nicht eingehalten werden kann. Das Brandverhalten biogener Dämmstoffe hinter Brandschutzbekleidungen wurde in [50] untersucht. Dort sind Vorschläge für speziell gestaltete Kapselbekleidungen in Verbindung mit der Verwendung biogener Dämmstoffe enthalten.

2.2.4.3 Holz und Holzwerkstoffe

Die M-HFH HolzR fordert die Verwendung von Bauschnittholz mindestens der Sortierklasse S10 nach DIN 4074-1: 2001-5. Die Richtlinie gilt nur für die Holztafel-, Holzrahmen- und Fachwerkbauweise und nicht für Holz-Massivbauweisen, ausgenommen Decken in Brettstapelbauweise. Über die Verwendbarkeit von Holzwerkstoffen und sonstigen holzbasierten Bauprodukten (z. B. Stegträger) wird keine Aussage getroffen.

Die in einem konkreten Bauteil verwendbaren Holzprodukte sind in den abP's geregelt, hier liegen je nach Prüfzeugnis teilweise Unterschiede vor. In einigen Prüfzeugnissen wird abweichend zur M-HFH HolzR die Verwendung von Konstruktionsvollholz gefordert.

Gemäß allen aktuell verfügbaren Prüfzeugnissen können Holzwerkstoffplatten unter der Brandschutzbekleidung zusätzlich eingebaut werden, beispielsweise zur Erhöhung der horizontalen Beanspruchbarkeit von Wandscheiben.

Massivholzbauweisen umfassen die Brettsperrholz-, Brettstapel und Massivholzwandbauweise. Die Verwendbarkeit dieser Holzprodukte ist in den aktuellen Brandschutzprüfzeugnissen (abP) für hochfeuerhemmende Bauteilaufbauten unterschiedlich geregelt.

2.2.5 Verwendbare Bauteilaufbauten

2.2.5.1 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 Beplankungsdicken mit Gipsplatten zu gering. Es lassen sich jedoch fast alle dieser Bauteile für die deutschen Regelungen anpassen, z. B. bei Ersatz der häufig üblichen 2 x 12,5 mm Gipsplatten durch eine Beplankung nach den Regelungen für eine „K₂60-Kapselung“. Hierzu sind die Regelungen in den Prüfzeugnissen und der M-HFHolzR 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.

Gute Beispiele für übliche Konstruktionen des Holz-Geschossbaus finden sich z. B. in den Publikationen der Holzforschung Austria, den schweizerischen Lignum-Dokumentationen, außerdem in den Broschüren und Infoheften des Informationsdienstes Holz. [8], [10], [11], [19], [20], [21], [22], [23]

2.2.5.2 Übersicht über die aktuellen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisse

Die verschiedenen existierenden Prüfzeugnisse für Bauteilaufbauten nach M-HFHolzR 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.

Die Prüfzeugnisse sind regelmäßigen Weiterentwicklungen und Änderungen unterworfen, Gültigkeiten laufen ab und im Laufe der Zeit kommen neue Prüfzeugnisse hinzu. Die in die-

sem Bericht zusammengestellte Auswahl ist daher nur als Beispiel für den aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Forschungsberichtes zu verstehen. Es ist grundsätzlich erforderlich, sich vor Beginn eines Bauvorhabens bei in Frage kommenden Herstellern über den aktuellen Stand zu informieren und ggf. die entsprechenden Unterlagen zukommen zu lassen.

Bisher verwendete Brandschutzbekleidungen bestehen i. d. R. aus 2 x 18 mm Gipsplatten (Typ GKF oder GF), es können gemäß der meisten Brandschutzprüfzeugnisse für „K₂60“ Bauteile alternativ auch 1 x 25 mm + 1 x 12,5 mm, 1 x 18 mm + 2 x 10 mm, 3 x 12,5 mm, 4 x 10 mm als Aufbau verwendet werden. Ein Prüfzeugnis [P4] beschreibt die Verwendung eines Wandaufbaus aus 15 mm + 20 mm herstellerspezifischer Gipsplatten. Praktische Anwendung haben nach Kenntnis der Verfasser dieses Berichts bisher ausschließlich Varianten mit zwei Bekleidungslagen gefunden.

Die Prüfzeugnisse [P7] und [P9] erlauben als alternativen Wandaufbau für Holzrahmenkonstruktionen auf der Außenseite ein WDVS aus Steinwolle-Dämmplatten und einem 10 mm dicken Silikatputz. Das WDVS wird dabei auf 12,5 mm dicke Gipsplatten der im jeweiligen abP spezifizierten Typen aufgebracht.

Zwei Prüfzeugnisse ([P8] und [P9]) für Wand und Deckenkonstruktionen, ausgestellt im Auftrag von Fermacell von der MFPA Leipzig, weichen im Punkt des Fugenversatzes von den Anforderungen der Richtlinie ab. Es wird in der Fläche kein Fugenversatz gefordert, außerdem darf auf die Verspachtelung verzichtet werden.

Zwei andere Prüfzeugnisse ([P6] und [P7]) für Wände und Decken erlauben abweichend zur M-HFHolzR zusätzlich die Ausführung der Unterkonstruktion als Holzmassiv-, Brettstapel- bzw. Stegträgerbauweise.

Das Prüfzeugnis [P4] erlaubt die Verwendung von Glaswolle als hohlraumfüllenden Dämmstoff und weicht in diesem Punkt von der M-HFHolzR ab.

Das Prüfzeugnis [P10] hat tragende und raumabschließende Wandkonstruktionen in Brettsperrholzbauweise mit einseitiger Beplankung aus Gipskartonfeuerschutzplatten der Feuerwiderstandsklasse REI 60-M und REI 90-M zum Gegenstand. Es bezieht sich auf Bauteile entsprechend BRL A Teil 3, lfd. Nr. 2.1. Anwendungsbereich von Konstruktionen entsprechend dieses Prüfzeugnisses sind insbesondere Treppenhauswände.

Wesentlich für die Wirksamkeit der Gipsplattenbeplankung in brandschutztechnischer Hinsicht ist die genaue Art der Befestigung an einer ausreichend tragfähigen Unterkonstruktion. Hierzu geben alle Prüfzeugnisse an, mit welchen Verbindungsmitteln, Befestigungsabständen, und Mindestquerschnitten der Unterkonstruktion gearbeitet werden muss. Bei hohlraumhaltigen Bauteilen werden außerdem Angaben über die Füllung dieser Hohlräume mit

Dämmstoffen gemacht. Diesen Vorgaben ist unbedingt genau zu folgen, da nur so eine Übereinstimmung mit dem Prüfzeugnis hergestellt und dieses dementsprechend als Verwendbarkeitsnachweis für die Konstruktion herangezogen werden kann.

Tabelle 2-2 Übersicht über aktuell verfügbare Prüfzeugnisse für K₂60 Brandschutzbekleidungen. Die Nummerierung dient zur Zuordnung zu den in Abschnitt 5 enthaltenen Bauteilaufbauten.

Nr.	Art	Dokumentnummer	Antragsteller	Anwendungstyp	gültig bis
[P1]	abP	P-3548/5456-MPA BS	DgfH	Decke REI60/K ₂ 60	30.07.2012
	Verlängerung	P-3548/5456-MPA BS	Saint-Gobain Rigips GmbH	Decke REI60/K ₂ 60	30.07.2017
[P2]	abP	P-3534/5316-MPA BS	DgfH	Wand REI60/K ₂ 60	30.07.2012
	Verlängerung	P-3534/5316-MPA BS	Saint-Gobain Rigips GmbH	Wand REI60/K ₂ 60	30.07.2017
[P3]	abP	P-3500/115/07-MPA BS	DgfH	Wand REI90M/K ₂ 60	30.07.2012
	Verlängerung	P-3500/115/07-MPA BS	Saint-Gobain Rigips GmbH	Wand REI90M/K ₂ 60	30.07.2017
[P4]	abP	P-SAC 02/III-615	Saint-Gobain Rigips GmbH	Wand REI60/K ₂ 60	18.11.2018
[P5]	abP	P-SAC 02/III-392	Knauf Gips KG	Wand REI60/K ₂ 60	08.05.2014
	abP	P-SAC 02/III-392	Knauf Gips KG	Wand REI60/K ₂ 60	08.05.2019
[P6]	abP	P-SAC 02/III-393	Knauf Gips KG	Decke REI60/K ₂ 60	08.05.2014
	abP	P-SAC 02/III-393	Knauf Gips KG	Decke REI60/K ₂ 60	08.05.2019
[P7]	abP	P-SAC-02/III-599	Knauf Gips KG	Wand REI60/K ₂ 60	12.12.2017
[P8]	abP	P-SAC 02/III-319	Fermacell GmbH	Decke REI60/K ₂ 60	02.01.2014
	Verlängerung	P-SAC 02/III-319	Fermacell GmbH	Decke REI60/K ₂ 60	01.04.2019
[P9]	abP	P-SAC 02/III-320	Fermacell GmbH	Wand REI60/K ₂ 60	02.01.2014
	Verlängerung	P-SAC 02/III-320	Fermacell GmbH	Wand REI60/K ₂ 60	01.04.2019
[P10]	abP	P-SAC-02/III-635	Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V.	Wand REI60-M und REI90-M	28.02.2019

In Abbildung 2-7 und Abbildung 2-8 sind Auszüge aus Prüfzeugnissen für REI60/K₂60 Konstruktionen wiedergegeben. In Abbildung 2-8 ist der hohe Detaillierungsgrad der Angaben gut zu erkennen, es werden für verschiedene Varianten genaue Angaben zu Befestigungsabständen, Materialstärken etc. gemacht.



MFGPA Leipzig GmbH
 Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für
 Baustoffe, Bauprodukte und Baustysteme
 Geschäftsbereich III - Baulicher Brandschutz
 Dr.-Ing. Peter Nause
 Arbeitsgruppe 3.2 - Brandverhalten von Bauarten und
 Sonderkonstruktionen
 Dipl.-Ing. (FH) Ek. Dorn
 Telefon +49 (0) 341 - 6552-144
 dorn@mfgpa-leipzig.de

Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis
 Nr. P-SAC-02/III-615

vom 18. November 2013
 1. Ausfertigung

Gegenstand: Tragende, raumabschließende und hochfeuerhemmende Wände der Feuerwiderstandsklasse REI 60 gemäß DIN EN 13501-2; 2010-02 mit einer allseitig brandschutztechnisch wirksamen und symmetrischen Beplankung / Bekleidung bestehend aus d = 15 mm dicker Rigidur H Gipsfaserplatte als innere Lage und d = 20 mm dicker Gipsplatte Rigips Die Dicker als äußere Lage der Klasse K₂60 gemäß DIN EN 13501-2; 2010-02 als beidseitige Beplankung / Bekleidung unter einer einseitigen Brandbeanspruchung.

entsprechend: BRL A, Teil 2, Ifd. Nr. 2.44, Ausgabe 2013/1 – Hochfeuerhemmende Bauteile, deren tragende, aussteifende und raumabschließende Teile aus Holz oder Holzwerkstoffen bestehen und die allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen haben.

Auftraggeber: Saint Gobain Rigips GmbH
 Schanzenstr. 84
 D-40549 Düsseldorf

Ausstellungsdatum: 18.11.2013

Geltungsdauer: 18.11.2018

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) E. Dorn

Auf Grund dieses allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses ist der oben genannte Gegenstand nach den Landesbauordnungen verwendbar.
 Dieses allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnis umfasst 17 Seiten und 1 Anlage.



Dieser Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung – auch auszugsweise – bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der MFGPA Leipzig GmbH. Als rechtsverbindliche Form gilt die deutsche Schriftform mit Originalunterschriften und Originalstempel des/der Zeichnungsberechtigten.

Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der MFGPA Leipzig GmbH.



Durch die DAKS GmbH nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren (in der Urkunde dokumentiert im „Zertifikat“). Die Urkunde kann unter www.mfgpa-leipzig.de eingesehen werden. Nach Bauproduktenverordnung (Nr. 800) zertifizierte PUZ-Baum.

Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH (MFGPA Leipzig GmbH)

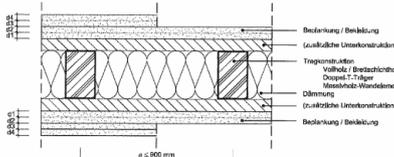
Stz.: Ilse-Weigel-Str. 76 - 04319 Leipzig/Germany
 Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. Frank Dorn
 Handelsregister: Amtsgericht Leipzig HRB 11718
 USt-Id.Nr.: DE 216000169
 Tel.: +49 (0) 341 - 6552-0
 Fax: +49 (0) 341 - 6552-133

Abbildung 2-7 Titelseite eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses für Wandkonstruktionen der Klassifikation REI60-K₂60

Tabelle 1.1: Tragende, raumabschließende Trennwandkonstruktion REI 60 (hochfeuerhemmend) unter Verwendung von FERMACELL Gipsfaser-Platten mit K₂60 Brandschutzbekleidung

Wandseite A ¹⁾					Tragkonstruktion / Dämmschicht				Wandseite B ¹⁾			
Beplankung / Bekleidung gemäß Abschnitt 2.3 ²⁾ Mindestdicke von FERMACELL Gipsfaser-Platten					Tragkonstruktion gemäß Abschnitt 2.2		Gefachdämmung gemäß Abschnitt 2.6		Beplankung / Bekleidung gemäß Abschnitt 2.3 ²⁾ Mindestdicke von FERMACELL Gipsfaser-Platten			
d ₄ [mm]	d ₃ [mm]	d ₂ [mm]	d ₁ [mm]		Querschnitt / Rippenabstand b x h [mm x mm] / a [mm]	zul. Ausnutzungsgrad / zul. Spannung α _r [%] / σ _r [N/mm ²]	Dicke h [mm]	Art	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d ₃ [mm]	d ₄ [mm]
-	-	18	18		≥ 45 x ≥ 80 / ≤ 900	≤ 0,8 / ≤ 2,0	≥ 80	3)	18	18	-	-
-	10	10	18						18	10	10	-
-	12,5	12,5	12,5		≥ 45 x ≥ 80 / ≤ 625	≤ 1,0 / ≤ 2,5	≥ 100	3)	12,5	12,5	12,5	-
10	10	10	10						10	10	10	10
-	-	18	18		≥ 60 x ≥ 100 / ≤ 900	≤ 1,0 / ≤ 2,5	≥ 100	3)	18	18	-	-
-	10	10	18						18	10	10	-
-	12,5	12,5	12,5		≥ 60 x ≥ 100 / ≤ 625				12,5	12,5	12,5	-
10	10	10	10						10	10	10	10

¹⁾ zu jedem gewählten Aufbau Wandseite A ist der Aufbau Wandseite B frei wählbar
²⁾ optional kann unter bzw. zwischen der Beplankung/Bekleidung eine zusätzliche Unterkonstruktion gemäß Abschnitt 2.3 angeordnet werden
³⁾ brandschutztechnisch nicht notwendige Dämmung, jedoch lt. Anforderungen der M-HFH-HolzR nichtbrennbar gemäß Abschnitt 2.6





Tragende, raumabschließende Trennwandkonstruktion mit FERMACELL Gipsfaser-Platten für eine Klassifizierung K₂60 nach DIN 13501-2

Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt
 für das Bauwesen Leipzig mbH
 Baulicher Brandschutz

Anlage 1, Seite 1/2
 zum AbP*)
 Nr.
P – SAC 02/III - 320
 vom 02.01.2009

Abbildung 2-8 Auszug aus einem abP für Wandkonstruktionen der Klassifikation REI60-K₂60.

2.2.5.3 Praktisch übliche Ausführungsvarianten

Bei Betrachtung der in Deutschland und den europäischen Nachbarländern bisher erstellten 4 bis 9-geschossigen Wohn- und Bürogebäude in Holzbauweise lassen sich die folgenden typischen Konstruktionsmerkmale erkennen:

- häufig werden Decken aus Brettsper Holz oder Brettstapelplatten verbaut, teilweise auch als Holz-Beton-Verbundplatten.
- Der Marktanteil „klassischer“ Balkendecken ist geringer.
- In mehreren Beispielen kamen Betondeckenplatten kombiniert mit Holztafelbauwänden zum Einsatz.
- Decken wurden bei fast allen der gebauten Beispiele mit zumindest teilweise sichtbaren Holzoberflächen ohne Brandschutzbekleidung ausgeführt.
- Wände bestehen zu etwa gleichen Anteilen aus Brettsper Holz und Ständerbaukonstruktionen.
- In den meisten Projekten außerhalb von Deutschland werden als Brandschutzbekleidung 2 x 12,5 mm GKF verwendet. (für REI60- oder REI90-Konstruktionen)
- In zahlreichen Projekten wurden Sonderkonstruktionen wie HBV-Rippenplatten, Hohlkastendecken, Holzrippendecken, Skelettstrukturen mit teilweise nichttragenden Ausfachungen verwendet.
- Treppenhäuser werden bisher vielfach aus Stahlbeton erstellt, im europäischen Ausland wurden inzwischen teilweise Treppenhäuser aus Brettsper Holz errichtet.
- Teilweise wurden außenliegende und selbstständig stehende Treppenhäuser aus Stahl oder Stahlbeton verwendet.

2.2.5.4 REI 60-K₂60 Konstruktionen

Tragende Bauteile aus brennbaren Baustoffen in GK4 müssen derzeit unter Berücksichtigung der folgenden Regelungen nach M-HFH HolzR gestaltet werden:

- Die Brandschutzklassifikation lautet REI60-K₂60
- Die Brandschutzbekleidung und der konstruktive Aufbau der Bauteile muss genau entsprechend einem abP ausgeführt werden.
- Details und Installationen aller Art sind nach M-HFH HolzR auszuführen.
- Bei Anschlüssen an nichttragende Bauteile mit geringerer Brandschutzklassifikation muss die Brandschutzbekleidung um das tragende Bauteil ungestört durchlaufen.

- Die Bauteile sind weitgehend im Werk vorzufertigen.

In den Abbildungen Abbildung 2-9 und Abbildung 2-10 sind typische Beispiele für Wandaufbauten und einen Deckenaufbau entsprechend der Regelungen nach M-HFHolzR und den jeweiligen Prüfzeugnissen dargestellt.

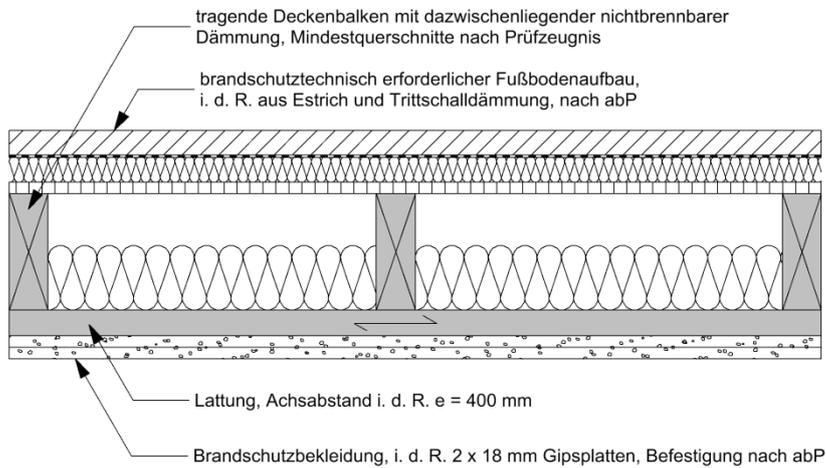
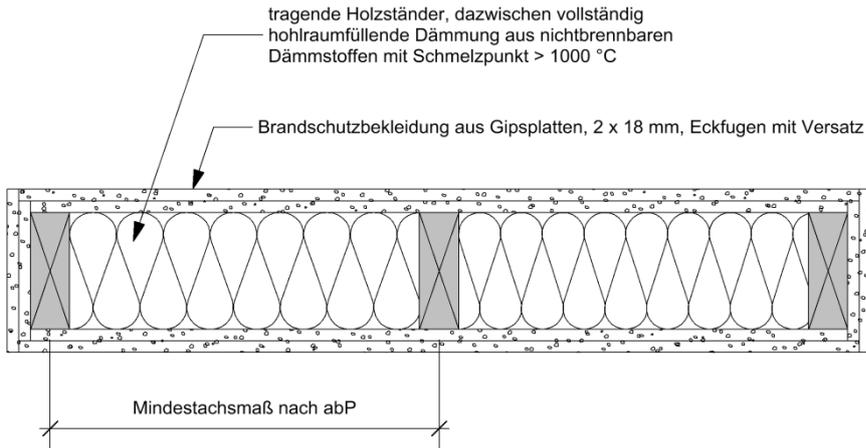


Abbildung 2-9 Standard-Balkendeckenaufbau nach M-HFHolzR (für die genaue Spezifikation der Bauteile siehe Bauteil TD 1 in Abschnitt 5)



Alternativen mit Stegträgerbauweise und zusätzlicher Unterkonstruktion

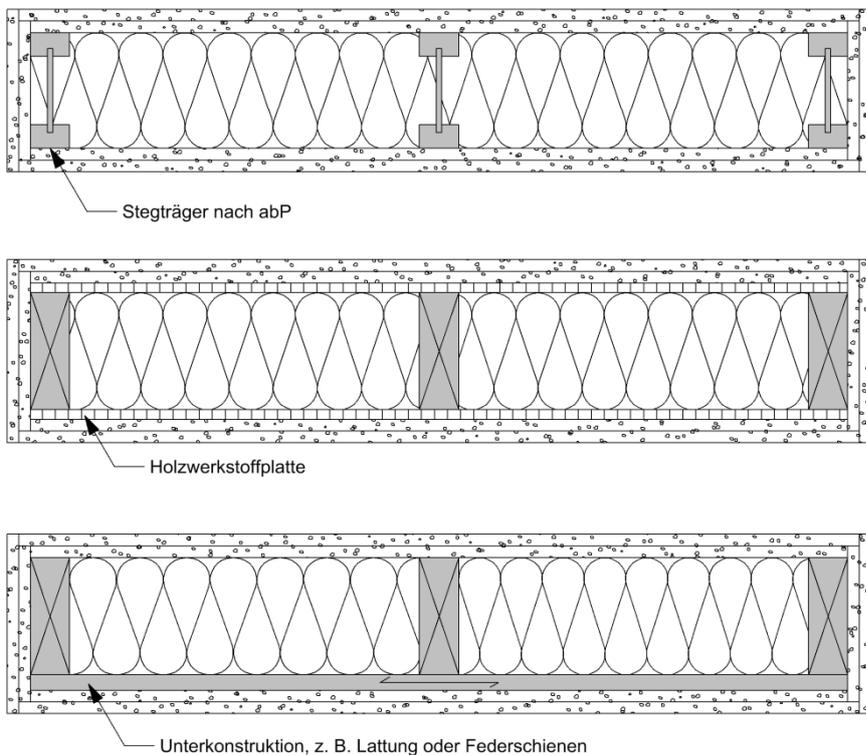


Abbildung 2-10 Standard-Wandaufbauten nach M-HFHolzR

2.2.5.5 Bauteile mit höheren Anforderungen

Für bestimmte Anwendungsfälle sind Konstruktionen erforderlich, die eine höhere Brandschutzklassifikation als REI60-K₂60 aufweisen. Das ist insbesondere für Treppenhäuser der Fall, hier muss zusätzlich eine mechanische Stoßbeanspruchung aufgenommen werden können. (REI 60-M/K₂60 bzw. REI 90-M/K₂60). Für solche Wandaufbauten liegt ein Prüfzeugnis für Ständerbaukonstruktionen vor ([P3]), außerdem eines für Wände mit Tragstruktur aus Brettspertholz ([P10]).

2.3 Haustechnische Installationen

2.3.1 Elektroinstallationen innerhalb flächiger Bauteile

In diesem Abschnitt werden die zur Zeit in Deutschland im Geltungsbereich der M-HFHolzR zulässigen Führungen von Installationen dargestellt. Übliche Lösungen in anderen Ländern, insbesondere Österreich und der Schweiz, weichen davon teilweise ab, bzw. werden die Fragestellungen dort anders bewertet und in der Praxis gehandhabt. Grund sind andere Beurteilungskriterien und Anforderungen, weshalb sie nicht direkt auf die Anwendung in Deutschland übertragbar sind. Diese abweichenden Lösungen wurden bei der Planung der eigenen Versuche berücksichtigt und sind in die Überlegungen zur Gestaltung der Versuchskörper eingeflossen.

Die M-HFHolzR enthält in Abschnitt 4 Angaben über den Einbau von Installationen in hochfeuerhemmende Holzbauteile. Sie führt zunächst grundsätzlich aus:

„Installationen (Leitungs- und Lüftungsanlagen) dürfen nicht in hochfeuerhemmenden Bauteilen geführt werden.“

Von dieser Aussage werden im Unterabschnitt 4.2 Ausnahmen zugelassen für *Elektrische Leitungen*:

„Abweichend von Abschnitt 4.1 Satz 1 dürfen einzelne Leitungen oder einzelne Hüllrohre aus nichtbrennbaren Baustoffen mit bis zu drei Leitungen, die zur Versorgung des angrenzenden Raumes innerhalb derselben Nutzungseinheit dienen, innerhalb von Wänden und Decken geführt werden.“

„Abweichend von Abschnitt 4.1 Satz 1 dürfen einzelne Hohlwanddosen zum Einbau von Steckdosen, Schaltern und Verteilern eingebaut werden, wenn der Abstand zum nächsten Holzständer bzw. zur nächsten Holzrippe mindestens 150 mm beträgt. Gegenüberliegende Hohlwanddosen müssen gefachversetzt eingebaut werden.“

Die Art und der Querschnitt der Leitungen werden nicht spezifiziert, unterschiedliche technische Eigenschaften verschiedener Leitungstypen finden keine Berücksichtigung. Es werden keine Aussagen getroffen, wie viele „einzelne Hohlwanddosen“ in einem Gefach eingebaut werden dürfen, bzw. welche Abstände diese untereinander haben müssen. (Abbildung 2-12)

Es wird keine Aussage über eine mögliche Vorgehensweise getroffen wenn Installationen verwendet werden sollen, die den genannten Umfang überschreiten. In der Praxis wurden bisher häufig hilfweise gekapselte Aussparungen und Kabelschächte eingebaut. Diese

Kästen und Schächte müssen den gleichen Schutzgrad wie die flächige Bekleidung aufweisen, außerdem sind Ecken mit Stufenversatz auszuführen. (Abbildung 2-11)



Abbildung 2-11 Praxisbeispiele für zusätzliche Gipsplattenkästen zum Einbau von Elektroinstallationen

Es werden keine Aussagen zum Einbau von Installationen in Massivholzbauteile getroffen, da diese nicht von der Richtlinie abgedeckt sind. Da in diesem Fall außerdem das Kriterium „Abstand zum Holz größer 150 mm“ nicht eingehalten werden kann, ist bisher davon abzugehen, dass ein Einbau von Dosen in Massivholzbauteile nicht abgedeckt ist, außer die Installation wird vollständig in „gekapselte“ Aussparungen eingebaut. Diese Kapselung muss dann die gleichen Eigenschaften wie in der Fläche aufweisen.



Abbildung 2-12 unzulässige Bauweisen: Installation in Aussparungen im Brettsperrholz, Mehrfach-Elektroinstallationsdosen, Einbau von Elektrodosen zu dicht am Holzständer

2.3.2 Rohrleitungsinstallationen innerhalb flächiger Bauteile

Der Einbau sonstiger Installationsarten ist nach Abschnitt 4.1 der M-HFHolzR grundsätzlich ausgeschlossen. Praxisrelevant sind insbesondere Rohrleitungen für Wasser, Abwasser und Heizung sowie teilweise Lüftungsleitungen.

Derartige Installationen müssen daher bisher in jedem Fall in gekapselte Kästen und Aussparungen eingebaut werden, so dass sie außerhalb des brandschutztechnisch relevanten Bauteilquerschnitts liegen (vgl. Abbildung 2-11).

2.3.3 Typische Installationslösungen in der Praxis

Die vorhandenen Angaben für Installationsführungen sind für eine praktische Anwendung unvollständig, außerdem berücksichtigen sie nicht die vorhandenen technischer Unterschiede verschiedener Leitungsarten.

Aufgrund dieser Sachverhalte sind die Angaben interpretationsfähig und interpretationsbedürftig, was in der Praxis oft zu Unklarheiten, unterschiedlichen Auffassungen und Meinungen der beteiligten Personen und daraus resultierenden Planungsunsicherheiten führt. Es existieren diverse Sonderlösungen, die jeweils in Zusammenarbeit von Planern und Ausführungsfirmen projektspezifisch entwickelt wurden. Diese beruhen oft auf Erfahrungswerten und „gefühlsmäßigen“ Konstruktionsarten, was keine Planungssicherheit für regelmäßige Anwendung bietet.

Die nach Ansicht der Verfasser unter Beachtung der Richtlinie möglichen Installationsarten sind in den folgenden beiden Zeichnungen beispielhaft dargestellt:

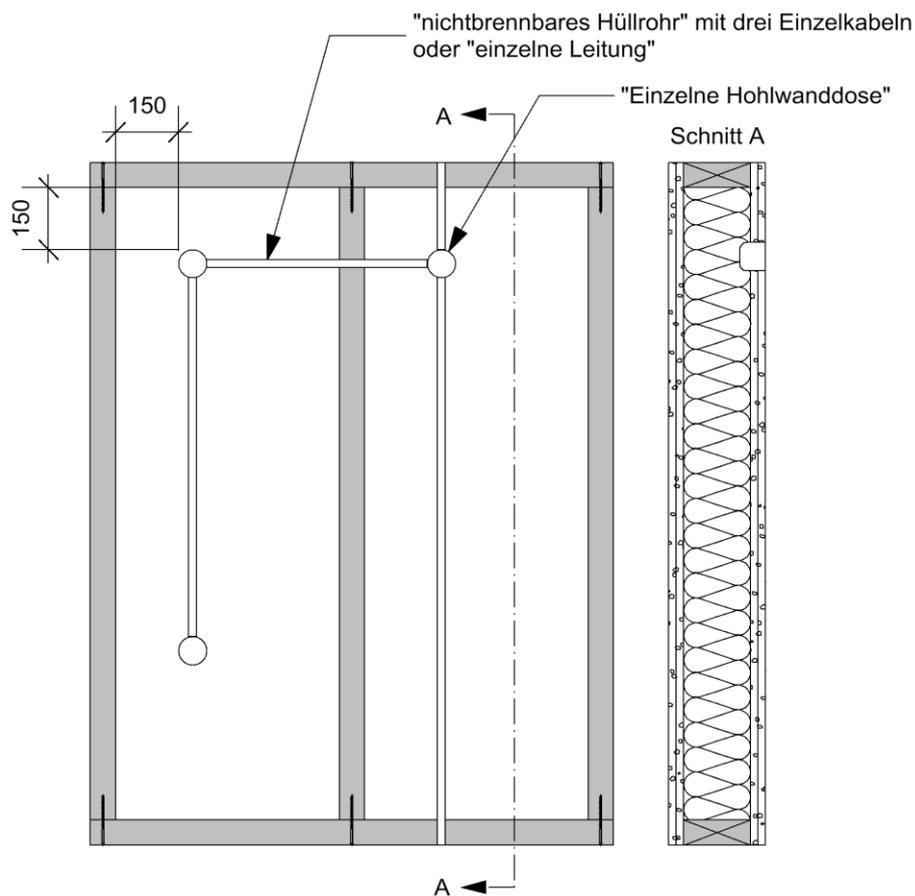


Abbildung 2-13 M-HFHolzR-konforme Ausführung von Elektroinstallationen in Ständerbauelementen

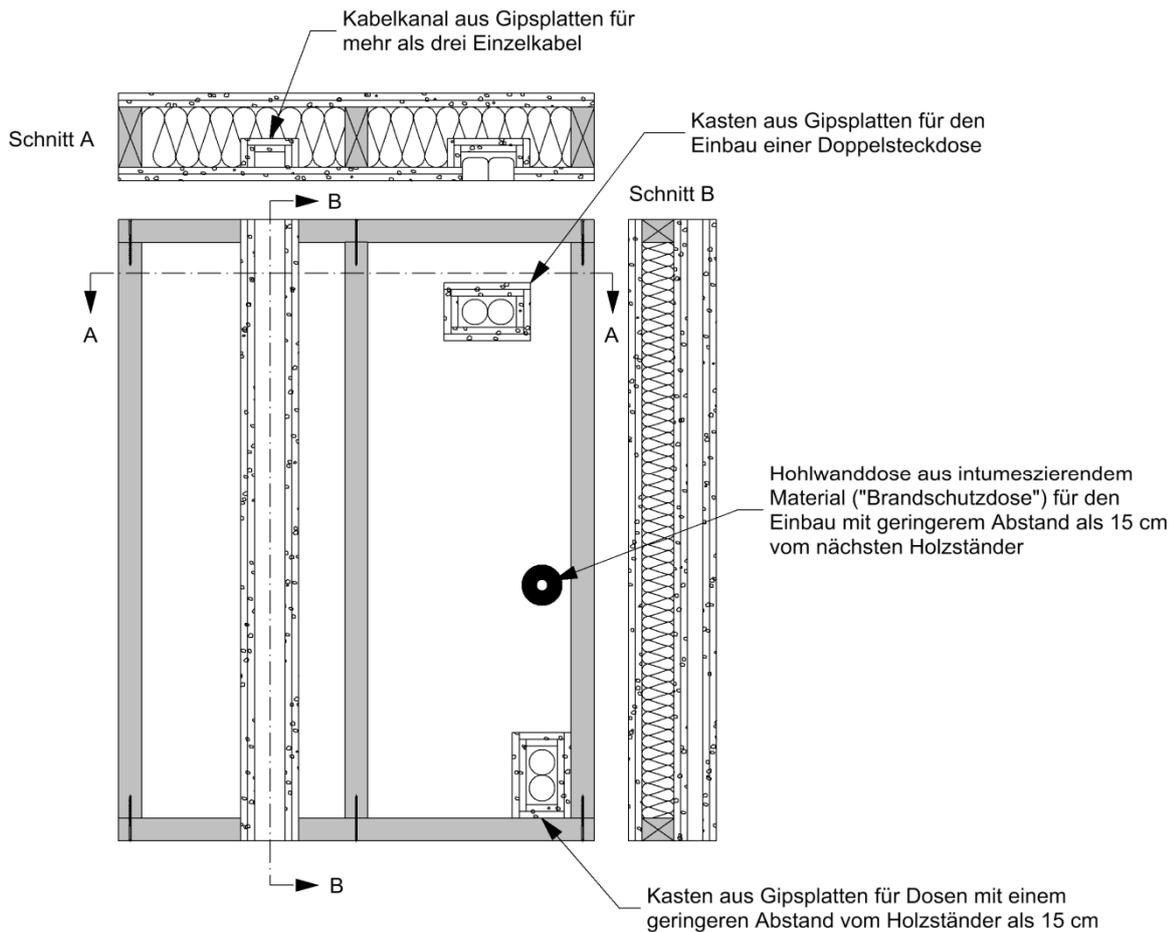


Abbildung 2-14 Ausführung von Elektroinstallationen mit Gipskästen bei Überschreitung der Begrenzungen nach M-HFHolzR

2.3.4 Durchdringungen

2.3.4.1 MPA Braunschweig

Es wurden im Jahr 2006 an der MPA Braunschweig Brandversuche mit in REI60 - K₂60 Wände und Decken eingebauten Brandabschottungen durchgeführt. [31], [32] Verwendet wurden handelsübliche Kabel- und Kombiabschottungen der Hersteller COGNIS Deutschland GmbH und der svt Brandschutz Vertriebsgesellschaft mbH:

- Kabelabschottung „PYRO-SAFE Flammotectschott COMBI S90“ der Feuerwiderstandsklasse S90 nach DIN 4102-9:1990-05 mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-19.15-1334 der „svt BRANDSCHUTZ“ Vertriebsgesellschaft mbH International, Seevetal
- Kombiabschottung der Feuerwiderstandsklasse S90 nach DIN 4102-9:1990-05 gemäß dem Prüfbericht Nr. 3070/2053-CM der MPA Braunschweig vom 12.07.2004, ausgestellt auf die Cognis Deutschland GmbH, Illertissen.

Die Ausführung der Laibungen erfolgte nach M-HFHolzR in Verbindung mit einem entsprechenden Prüfzeugnis für die Kapselbekleidung aus 2 x 18 mm GKF. Es wurde abweichend zur M-HFHolzR ein „vereinfachter Stufenversatz“ im Bereich der Laibungen verwendet. Die Brandbeanspruchung nach ETK erfolgte von der Unterseite.

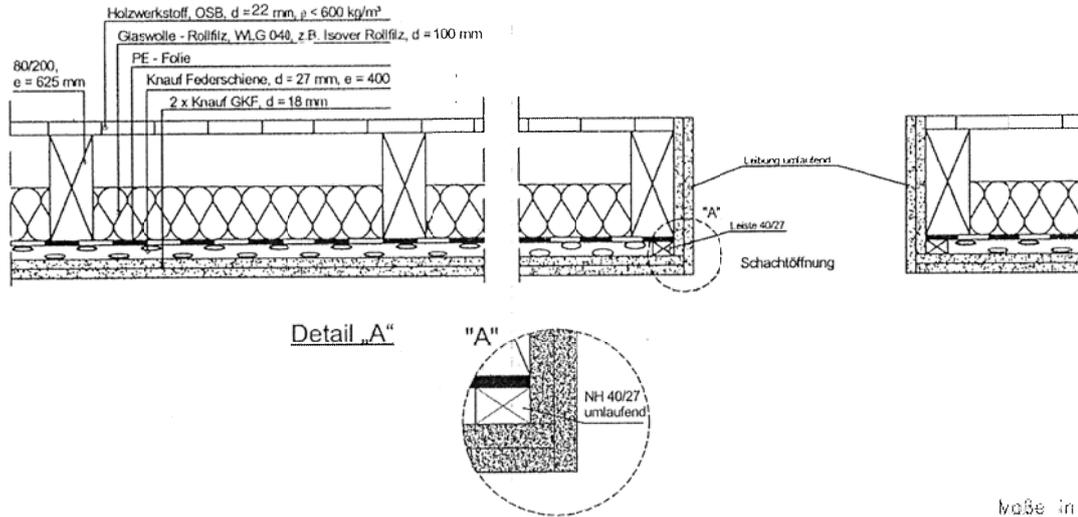
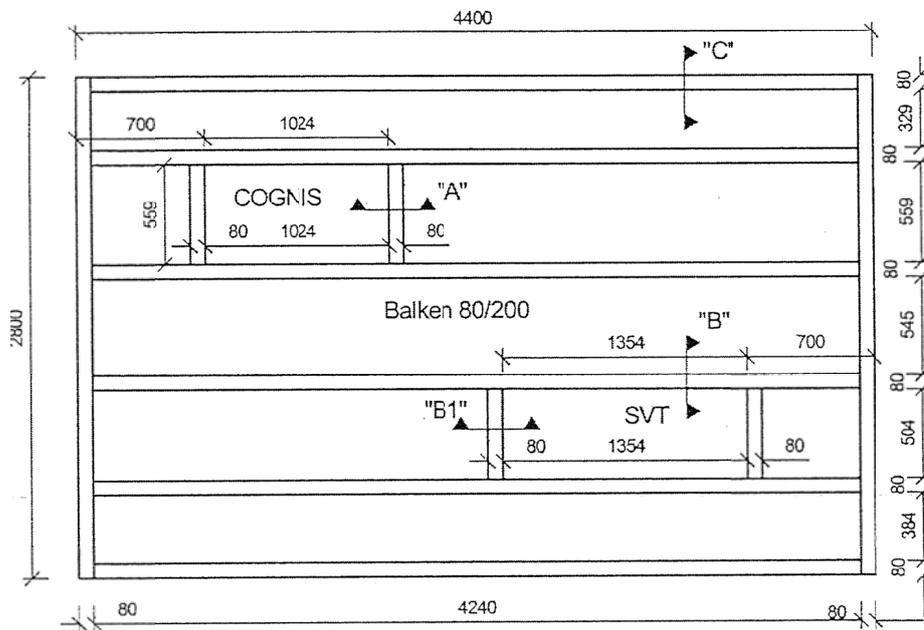


Abbildung 2-15 Querschnitt durch die Leibungsausführung zum Einbau des Brandschutzschottes Fabrikat Cognis, Auszug aus [31]

Grundriss Holzkonstruktion K60
(Balkenlage)



Balkenlage: 80/200

Abbildung 2-16 Grundriss des Prüfkörpers mit der Balkenlage, Auszug aus [31]

Es wurde eine leichte bräunliche Verfärbung der Holzleisten in der Unterkonstruktion im Eckbereich der Laibungen festgestellt. Es fand kein unzulässiger Rauch- und Wärmedurchgang durch das Bauteil statt. Alle geprüften Konstruktionen haben die gestellten Anforderungen eingehalten. Die grundsätzliche Eignung der geprüften Abschottungen für den Holzbau konnte nachgewiesen werden.

Die partielle Verfärbung der Holzleisten ist als zulässig zu akzeptieren, da die stärkere Erhitzung im Eckbereich auf die zweiseitige Brandbeanspruchung an Ecken generell zurückzuführen ist und nicht mit dem Einbau des Schotts zusammenhängt. In den im Rahmen dieses Forschungsberichts durchgeführten Brandversuchen konnte zudem die Eignung des gewählten „vereinfachten Versatzes“ nachgewiesen werden. (vgl. Abschnitt 3.1.8)

Die verwendeten Abschottungen waren in Ihrer Leistungsfähigkeit nicht beeinträchtigt und die Schutzwirkung der Brandschutzbekleidung wurde nicht negativ beeinflusst. Die geprüfte Ausführung kann daher uneingeschränkt für den mehrgeschossigen Holzbau mit hochfeuerhemmenden Bauteilen empfohlen werden. Für zukünftige Prüfungen ähnlicher Abschottungen anderer Fabrikate kann das hier gewählte Konstruktionsprinzip als Grundlage zur Planung der Versuchsaufbauten dienen.

2.3.4.2 FireInTimber

Im Rahmen des europäischen Forschungsvorhabens „FireInTimber“ [30] wurden 2009 an der TU München Brandversuche über 30 und 90 Minuten mit Abschottungssystemen in Holzmassiv- und Ständerbauweisen durchgeführt. Die Versuchskörper waren teilweise mit Gipsbekleidungen versehen, allerdings nicht mit „K₂60“ Ausführung. Einige Versuche waren mit OSB-Platten als Beplankung auf der Brandraumseite ausgeführt.

Die Ergebnisse sind daher nur eingeschränkt auf K₂60-Konstruktionen übertragbar, können aber als Orientierung herangezogen werden. Es zeigte sich, dass die Abschottungen auch bei Einbau in Holzbauteile einwandfrei funktionieren und keine Leistungsbeeinträchtigung gegenüber mineralischen Massivbauumgebungen vorliegt.

Als Empfehlung wurde ausgesprochen, zur Einhaltung des Kapselkriteriums eine Leibungsbekleidung entsprechend den Prinzipien der M-HFHolzR mit doppeltem Stufenversatz an den Eckfugen auszuführen. Die Bekleidung in der Bauteilfläche soll mit einer Mindestbreite von 100 mm umlaufend an Ober- und Unterseite angebracht werden. (Abbildung 2-17)

Außerdem wurden in diesen Vorhaben verschiedene Ausführungsarten von direkten Durchdringungen in Holzständer- und Massivholzwänden untersucht (Abbildung 2-18). Hier konnte für mehrere Systeme nachgewiesen werden, dass die Anforderungen bezüglich des Raumabschlusses und der Isolation auch für Holzbaukonstruktionen mit üblichen Abschottungssystemen erfüllt werden können.

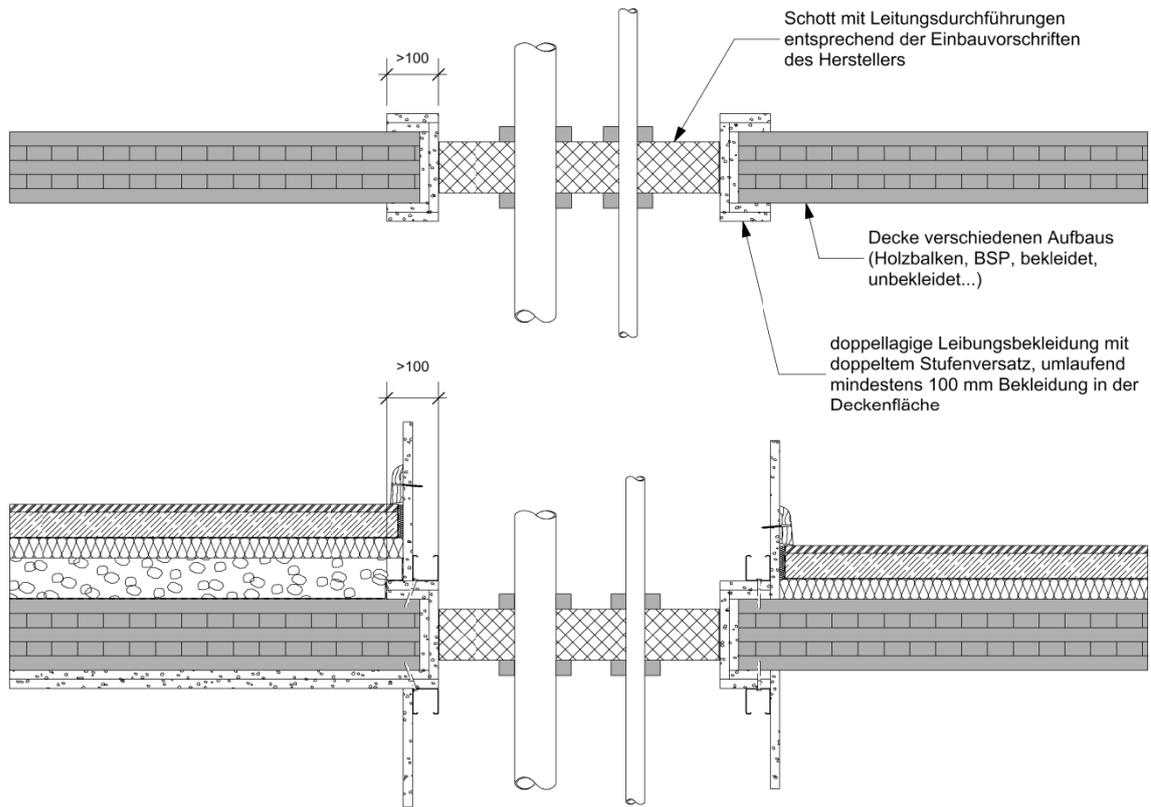


Abbildung 2-17 Einbau von Abschottungen entsprechend der Empfehlungen des „Fire in Timber“ Projektes. Vorgeschlagen wird eine doppellagige Leibungsbekleidung mit doppelttem Stufenversatz. Oben Prinzipdarstellung, unten Umsetzung für praxisübliche Deckenaufbauten aus Brettsper Holz

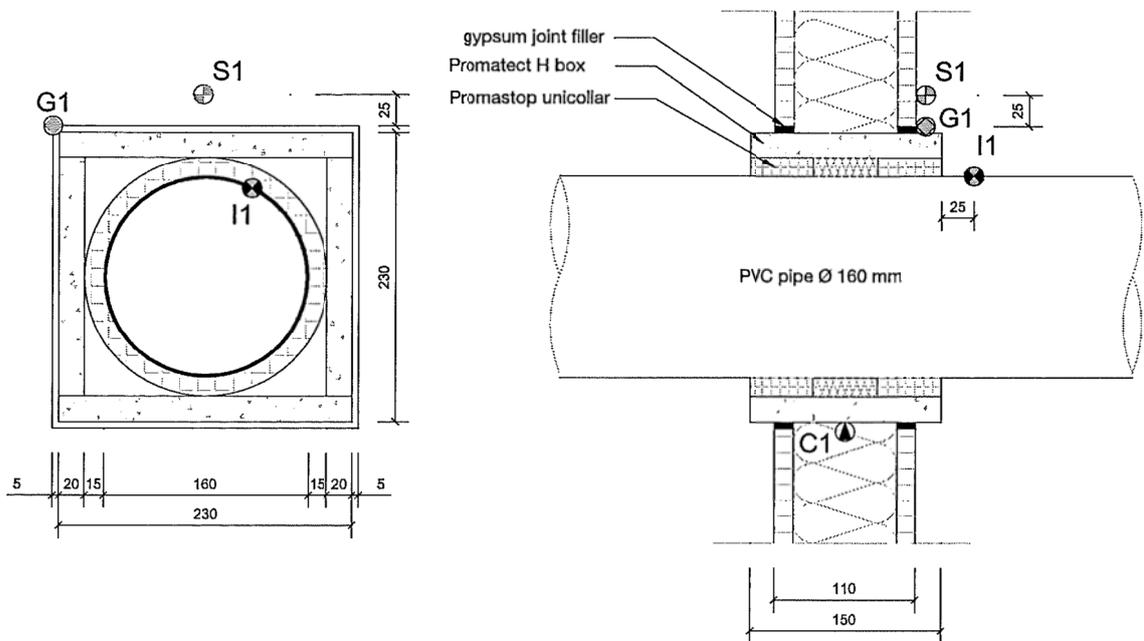


Abbildung 2-18 Direkte Durchdringung einer Holzständerwand mit einem PVC-Rohr, Auszug aus [30]

2.3.4.3 Holzforschung Austria

Von der Holzforschung Austria wurde 2012 die Broschüre „*Brandabschottung im Holzbau*“ [9] herausgegeben. Zur Erarbeitung der dort abgegebenen Empfehlungen wurden u. a. mehrere Großbrandversuche an Wänden und Decken durchgeführt.

Für die Versuche wurden 97 mm dicke Brettsperrholzelemente mit beidseitiger zweilagiger 12,5 mm GKF Beplankung verwendet. Eingebaut wurden verschiedene Kombiabschottungen aus Mineralfaserplatten sowie Rohrleitungsdurchführungen und Elektroinstallationen. Die Versuche wurden mit 100 bzw. 105 Minuten ETK Einwirkung durchgeführt.

Zusammenfassend wurden die folgenden Schlüsse gezogen:

- Alle eingebauten Abschottungen, Rohrdurchführungen und Elektroinstallationen erfüllten das geforderte EI 90 Kriterium.
- Weichschotts können auch ohne Leibungsbekleidung eingebaut werden.
- Die diversen verbauten Brandschutzmanschetten und Ringspaltabdichtungen funktionieren auch beim Einbau bzw. der Befestigung im oder am Brettsperrholz.

Abgeleitet von diesen Versuchen wurden Konstruktionslösungen abgeleitet und in der Broschüre dargestellt. Sie beziehen sich im Wesentlichen auf Brettsperrholz, es werden aber auch abgeleitete Varianten für Holzrahmenbaukonstruktionen vorgestellt. Es sind umfangreiche Konstruktionsdetails und Beispiele dargestellt.

Ein erheblicher Unterschied zu den deutschen Regelungen ergibt sich daraus, dass nach den österreichischen Vorschriften kein Kapselkriterium gefordert ist. Maßgebende Prüfanforderung waren die Kriterien E und I, die für alle untersuchten Bauteile eingehalten wurden. Aufgrund des fehlenden Kapselkriteriums sind die Vorschläge daher nach der aktuellen baurechtlichen Situation in Deutschland nicht direkt übertragbar.

Bei den empfohlenen Konstruktionen kommt es wegen dem Verzicht auf eine Bekleidung bzw. deren geringeren Schutzwirkung zu einem mehr oder weniger starken Einbrand in die tragenden Holzbauteile. Hierbei besteht grundsätzlich auch die Gefahr des Auftretens von Hohlraumbränden. So ist beispielsweise bei der Balkendecke in Abbildung 2-20 zu erwarten, dass bei den Wechselbalken an der Leibungsecke eine mehr oder weniger starke pyrolytische Zersetzung auftritt.

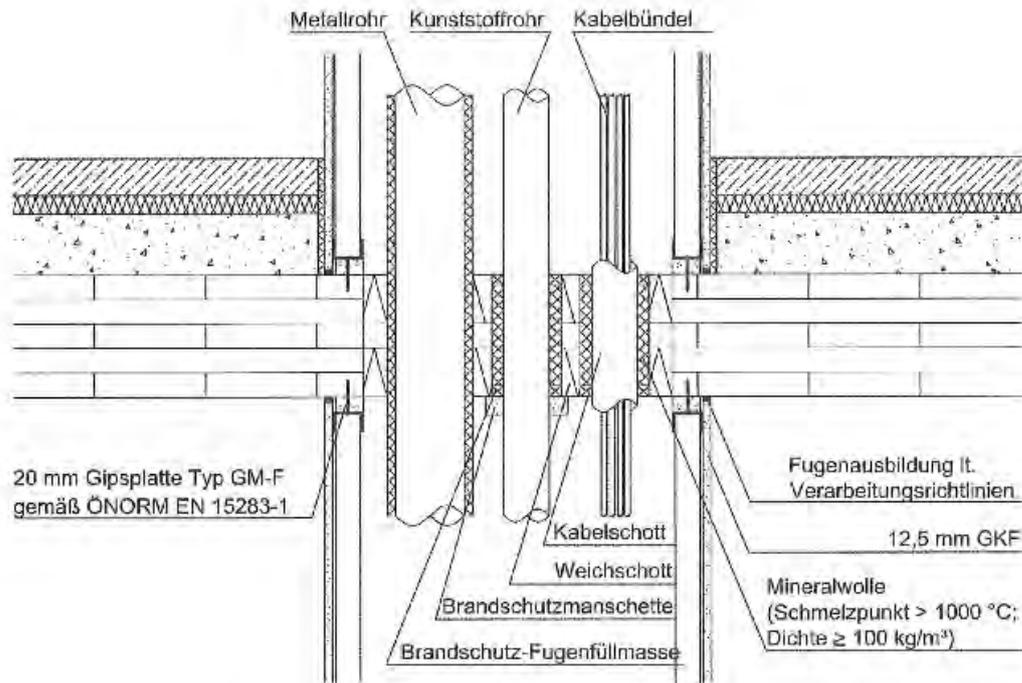


Abbildung 2-19 Einbau von Abschottungen in unbeladete Massivholzdecken gemäß Holzforschung Austria. Auszug aus [9]

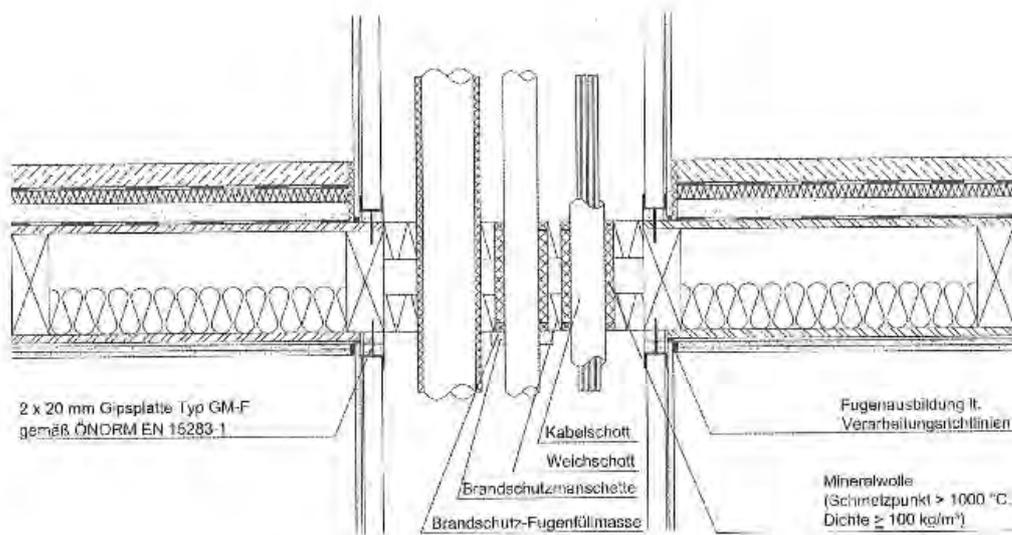


Abbildung 2-20 Einbau von Abschottungen in Holzbalkendecken gemäß Holzforschung Austria. Auszug aus [9]

2.3.4.4 LIGNUM Dokumentationen, Schweiz

Für den mehrgeschossigen Holzbau in der Schweiz sind die LIGNUM Dokumentationen maßgebend und als Stand der Technik anerkannt. Die Dokumentation „Haustechnik – Installation und Abschottungen“ [4] enthält weitreichende und detailgenaue Empfehlungen zum Einbau von haustechnischen Installationen und geeigneten Abschottungslösungen.

Wesentlicher Unterschied zu den deutschen Anforderungen ist ähnlich zur Situation in Österreich das Fehlen des Kapselkriteriums. Es wird unterschieden zwischen brennbaren und nichtbrennbaren Bauteiloberflächen, wobei nichtbrennbare in der Regel mit 2 x 12,5 mm Gipsbauplatten bekleidet werden.

Es wird für Bauteile mit brennbaren Oberflächen empfohlen, einen „Kragen“ aus Gipsplatten um die Öffnung anzuordnen, Fugen sollen dabei mit Versatz ausgeführt werden. Die Mindestbreite des Kragens wird mit 50 mm angegeben. Es darf auf den Kragen auch verzichtet werden, wenn die Leibungsbekleidung gegen das Holz mit Brandschutzdichtbändern abgedichtet wird.

Alle dargestellten Bauweisen sind anwendbar für Massivholz- und Rahmenbauvarianten.

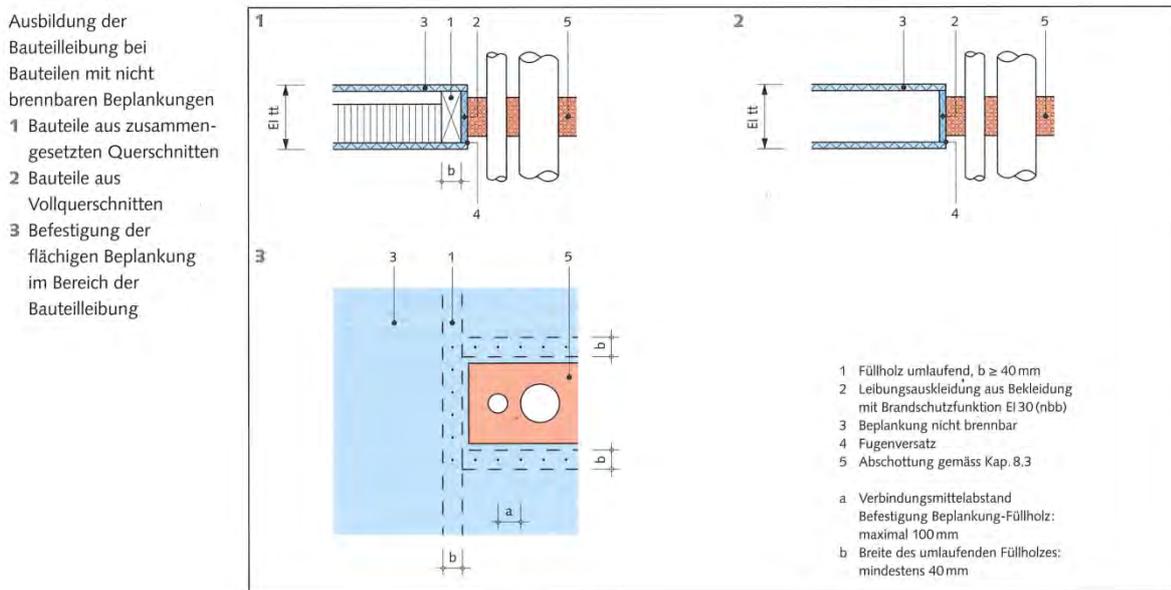


Abbildung 2-21 Einbau von Abschottungen in Bauteile mit nichtbrennbarer Bekleidung gemäß LIGNUM Dokumentation, Auszug aus [4]

Leibungsauskleidung ohne Kragen

Ist es nicht möglich, bei der Auskleidung der Bauteilleibung den erforderlichen Versatz mit nicht brennbaren Beplankungen oder einem Kragen herzustellen, werden zwei VKF-erkannte Brandschutzdichtungsbänder zwischen Bauteilleibung und Auskleidung eingelegt. Die Brandschutzdichtungsbänder müssen für eine Anwendung auf das Material der Auskleidung geeignet sein (Abb. 842-2).

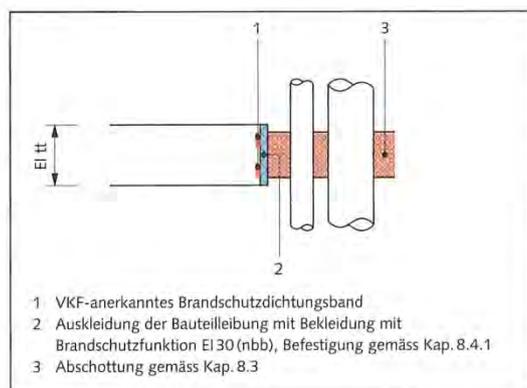


Abbildung 2-22 Einbau von Abschottungen in Bauteile mit brennbarer Oberfläche ohne Leibungsbekleidung und ohne Leibungskragen. Auszug aus [4]

Ausbildung der Bauteilleibung bei Bauteilen mit brennbaren Oberflächen

- 1 Bauteile aus zusammengesetzten Querschnitten
- 2 Bauteile aus Vollquerschnitten
- 3 Befestigung der flächigen Beplankung und des Kragens im Bereich der Bauteilleibung

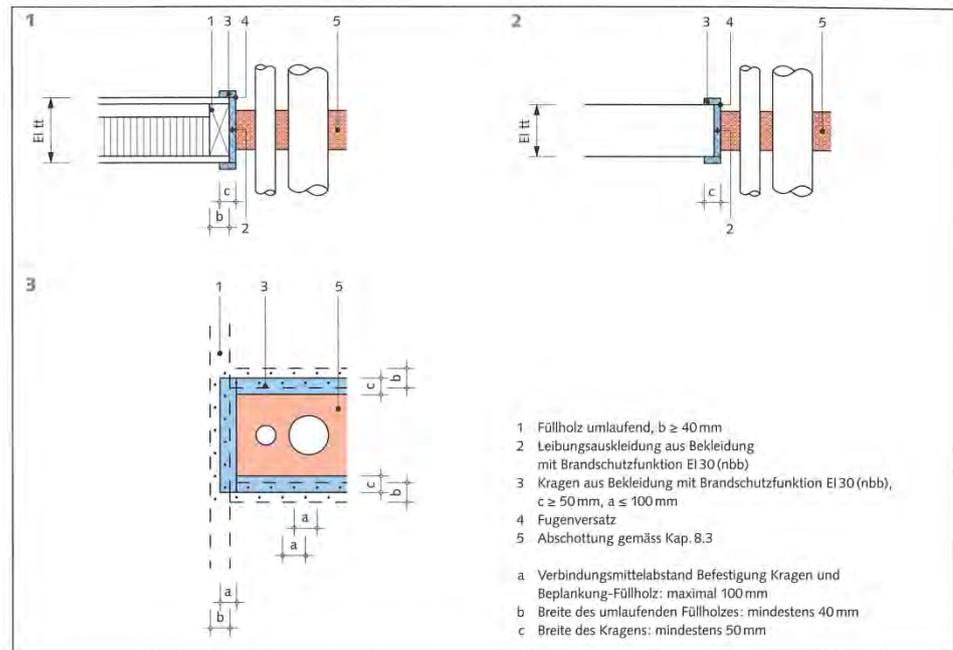


Abbildung 2-23 Einbau von Abschottungen in Bauteile mit brennbarer Oberfläche mit Leibungsbekleidung und Leibungskragen. Auszug aus [4]

2.3.4.5 Sonstige Ausführungsempfehlungen

Die bekannten Hersteller von Abschottungssystemen und sonstigen Brandschutzprodukten bieten teils umfangreiche und ausführliche Informationen zu ihren Produkten an, in vielen Fällen enthalten diese Unterlagen auch Informationen zu Leitungsführungen und Einbauprinzipien von Installationen im Allgemeinen. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Forschungsberichts gab es nach Kenntnis der Verfasser jedoch keine derartigen Informationen speziell zu den Besonderheiten und Anforderungen im mehrgeschossigen Holzbau in Deutschland. Die vorliegenden Unterlagen bieten daher teilweise sehr gute allgemeine Informationsgrundlagen, es fehlen jedoch direkt umsetzbare Beispiele mit entsprechenden Produktinformationen für den hier betrachteten Anwendungszweck. Zwei dieser Firmenbrochüren werden im Folgenden genannt, die Aufzählung erhebt aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit, es wird damit auch keine Empfehlung für einzelne Hersteller abgegeben. Für die Zukunft ist es dringend wünschenswert, dass durch die Hersteller von Brandschutzprodukten entsprechende Informationsunterlagen auch für die Anwendung im mehrgeschossigen Holzbau erarbeitet und herausgegeben werden. Dieser Forschungsbericht kann dazu eine Basis bilden, indem konstruktionsseitig klare Empfehlungen angegeben werden. Mit diesem Hintergrund können vorhandene Systeme und Lösungen auf die Anwendung im mehrgeschossigen Holzbau angepasst und entsprechende baurechtliche Verwendbarkeitsnachweise erstellt werden.

Von Lippe und Wachs wurde 2010 der „*Brandschutzleitfaden für Leitungsanlagen in Verbindung mit Rigips-Systemlösungen nach MLAR 2005*“ in Zusammenarbeit mit Saint-Gobain Rigips herausgegeben [40]. Er bietet einen guten Überblick über Möglichkeiten des Einbaus von Installationen und Installationsabschottungen in Holz- und Trockenbaukonstruktionen, bezieht sich aber nur an wenigen Stellen auf die Besonderheiten von Bauteilen entsprechend M-HFHolzR. Der Leitfaden ist jedoch gut geeignet zur Information über allgemein anzuwendende Grundlagen zum Einbau von Installationen. Viele der dargestellten Beispiele können sinngemäß unter Beachtung der besonderen Anforderungen an hochfeuerhemmende Holzbauteile angepasst bzw. übertragen werden.

Die Geberit Vertriebs GmbH bietet die Broschüre „*Brand- und Schallschutz – Schnell und sicher zur richtigen Lösung*“ (2013) an [39]. Es werden umfangreiche Informationen und Einbaubeispiele zu Leitungsführungen im Allgemeinen und zu den Produkten des Herausgebers erläutert und dargestellt. Hier gilt dasselbe wie im vorangegangenen Absatz genannt: Die Informationen sind umfassend und decken einen großen Bereich der praktisch vorkommenden Installationsarten ab. Sie gehen allerdings nicht speziell auf die Besonderheiten von hochfeuerhemmenden Holzbauteilen ein, weshalb die Darstellungen als Grundlageninformation gut geeignet sind, aber für die konkrete Anwendung auf die hier betrachteten Konstruktionen einer entsprechenden Anpassung bedürfen.

2.4 Wärme-, Feuchte- und Holzschutz

Die Bauteile des Bauteilkataloges in Abschnitt 5.2 wurden auf ihre Eigenschaften hinsichtlich des Wärme- und Feuchteschutzes sowie des Holzschutzes untersucht. In diesem Kapitel werden die wesentlichen Randbedingungen, technischen Regeln und Berechnungsverfahren dargestellt.

2.4.1 Wärmeschutz

Im Hinblick auf den Wärmeschutz wurde das Ziel formuliert, dass die Außenbauteile dem Passivhaus-Standard entsprechen sollen. Zum Passivhaus führen beim Entwurf eines Gebäudes im Wesentlichen vier Grundprinzipien: exzellente Wärmedämmung der opaken Bauteile, hochwertige Fenster, optimale solare Gewinne durch günstige Orientierung sowie eine hocheffiziente Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Beim Nachweis des Energiebedarfs gemäß EnEV bzw. DIN V 18599 führt dann die Kombination dieser Einzelprinzipien zum Zielwert eines rechnerischen Heizenergiebedarfs von maximal 15 kWh/(m²a).

Ein wichtiges Element für das Erreichen des Passivhaus-Standards ist also die exzellente Wärmedämmung der opaken Bauteile. Dabei existieren keine festen Vorgaben für die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte). Jedoch beträgt der übliche Ziel-U-Wert für eine Passivhaus-Außenwand $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Außenwände im Bauteilkatalog wurden entsprechend dieser Anforderung wärmetechnisch dimensioniert.

Die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz der Außenwände gemäß DIN 4108-2 sind mit der Orientierung am Passivhaus-Standard naturgemäß eingehalten. Dies gilt ebenso für die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz im Bereich der Anschlussdetails, die wärmebrückenfrei oder wärmebrückenoptimiert gestaltet wurden. Die Schimmelpilzfreiheit an der Innenoberfläche, in DIN 4108-2 mit dem Kriterium $\theta_{si} \geq 12,6 \text{ °C}$ definiert, wird von allen Anschlussdetails problemlos eingehalten.

Eine weitere wichtige Anforderung zum Erreichen des Passivhaus-Standards ist die luftdichte Gebäudehülle. Es sollte immer ein Blower-Door-Test gemäß DIN EN 13829 (Differenzdruckverfahren) ausgeführt werden, möglichst mit Leckageortung, um eventuelle Undichtigkeiten zu lokalisieren und daraus entstehende Feuchteschäden zu vermeiden. Der gemessene Luftwechsel sollte in einem Passivhaus den Wert $n_{50} = 0,6/\text{h}$ nicht überschreiten.

Außerdem ist bei einem geplanten Passivhaus die wärmebrückenfreie oder wärmebrückenreduzierte Ausführung der Anschlussdetails von entscheidender Bedeutung, da diese vor allem bei sehr gut gedämmten Gebäudehüllen einen großen Anteil am Transmissionswärmeverlust bilden.

2.4.2 Berechnung und Berücksichtigung von Wärmebrücken

Als Wärmebrücken werden linien- oder punktförmige Anschlussdetails bezeichnet, an denen zusätzliche Wärmeverluste gegenüber den Regelbauteilen stattfinden oder stattfinden können. Dabei ist eine Wärmebrücke nach DIN EN ISO 10211 als Teil der Gebäudehülle definiert, wo der ansonsten gleichförmige Wärmedurchlasswiderstand durch

- eine vollständige oder teilweise Durchdringung der Gebäudehülle durch Baustoffe mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit und/oder
- eine Änderung der Dicke der Bauteile und/oder
- eine unterschiedlich große Differenz zwischen Innen- und Außenfläche, wie sie bei Wand-, Fußböden- und Decken-Anschlüssen auftritt und somit deutlich verändert wird.

Linienförmige Wärmebrücken treten am Stoß von zwei oder mehr Bauteilen auf, z.B. bei Anschlüssen von Außenwänden an Dach und Boden oder bei Anschlüssen von Fenstern. Punktförmige Wärmebrücken treten meist an Durchdringungen der wärmedämmenden Ebene auf, z.B. an Zugankern bei Wärmedämmverbundsystemen.

Wärmebrücken werden beim Nachweis nach EnEV durch den Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} [$W/(m^2 \cdot K)$] berücksichtigt; für seine Ermittlung gibt es prinzipiell drei Möglichkeiten:

- a) Berücksichtigung durch pauschalen Zuschlag auf den U-Wert:

$$\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$$

Dieser Fall wird gewählt, wenn keine besonderen Maßnahmen zur Wärmebrückenoptimierung getroffen wurden. Aufgrund des relativ hohen Werts wird der pauschale Zuschlag quasi nicht mehr verwendet. Im Holzbau, insbesondere beim Passivhaus-Standard, kann er in der Praxis ausgeschlossen werden.

- b) Nachweis der Gleichwertigkeit der Wärmebrücken mit den Details aus DIN 4108 Beiblatt 2:

$$\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$$

Wenn die Anschlussdetails den Details aus DIN 4108 Beiblatt 2 entsprechen, darf der pauschale Wärmebrückenzuschlag halbiert werden. Hier ist aber zu beachten, dass alle Details eines Gebäudes (Gebäudekanten, Fenster- und Türenanschlüsse, Decken und Wandanschlüsse, Deckenaufleger) den Ausführungen in DIN 4108 Beiblatt 2 entsprechen müssen. Dabei dürfen, was i.d.R. der Fall ist, gemäß EnEV §7 auch solche Konstruktionen in die Gleichwertigkeit einbezogen werden, die einen niedrigeren Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) aufweisen.

c) Berücksichtigung durch detaillierte Berechnung:

Im Fall von wärmebrückenoptimierten Anschlussdetails ist eine detaillierte Berechnung zu empfehlen. Sie führt im Holzbau i.d.R. zu einem Wärmebrücken-Zuschlag ΔU_{WB} zwischen 0 und 0,03 W/(m²·K). Die Berechnung muss entsprechend den Festlegungen und Randbedingungen aus DIN EN ISO 10211 durchgeführt werden. Der Wärmebrückenzuschlag ergibt sich bei der detaillierten Berechnung wie folgt:

$$\Delta U_{WB} = \frac{\sum \chi_i + \sum \psi_j \cdot l_j}{A_{ges}} \quad \text{mit:} \quad \begin{array}{l} \chi_i \text{ punktbezogener Wärmedurchgangskoeffizient [W/K]} \\ \psi_j \text{ linearer Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m·K)]} \\ l_j \text{ Anschlusslänge von } \psi_j \text{ [m]} \\ A_{ges} \text{ Gebäudehüllfläche [m}^2\text{]} \end{array}$$

Da die punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten aufgrund des i.d.R. verhältnismäßig geringen Einflusses im EnEV-Nachweis nicht berücksichtigt werden müssen, reduziert sich die Berechnung zu:

$$\Delta U_{WB} = \frac{\sum \psi_j \cdot l_j}{A_{ges}}$$

Im Rahmen des dieses Forschungsprojekts wurden für die wichtigsten Anschlussdetails des Konstruktionskatalogs detaillierte Berechnungen der linearen Wärmedurchgangskoeffizienten durchgeführt, mit deren Hilfe in einem konkreten Fall der Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} berechnet werden kann.

Der lineare Wärmedurchgangskoeffizient (ψ -Wert) ist sowohl von der Qualität der Anschlusskonstruktion als auch von den U-Werten der angrenzenden Regelbauteile und von dem gewählten Maßbezug abhängig. Wenn Wärmebrücken bspw. durch vergrößerte Abmessungen (wie bei Außenecken) bereits kompensiert sind, führt dies zu negativen ψ -Werten bei der Wärmebrückenberechnung.

Die Berechnung der linearen Wärmedurchgangskoeffizienten ψ muss außenmaßbezogen durchgeführt werden, wenn - wie im Regelfall - auch der wärmeschutztechnische Nachweis nach EnEV außenmaßbezogen ist.

2.4.3 Wärmebrückenminimiertes Konstruieren

Wärmebrückenminimierte Anschlussdetails lassen sich durch konsequente Umsetzung weniger Konstruktionsprinzipien erreichen, nach DIN 4108 Beiblatt 2 und [1]:

Der Baukörper sollte eine kompakte Form aufweisen, wodurch Anzahl und Länge der Wärmebrücken bereits minimiert werden.

Die Wärmedämmung der Gebäudehülle sollte keine Unterbrechungen aufweisen.

Konstruktiv unvermeidbare Unterbrechungen (z.B. Anschlüssen von Balkonbodenplatten) sollten thermisch getrennt ausgeführt werden.

Fenster sollten möglichst in der Dämmebene eingebaut und/ oder im Rahmenbereich umlaufend überdämmt werden.

2.4.4 Feuchteschutz, Holzschutz

Für alle Außenbauteile muss ein feuchtetechnischer Nachweis entsprechend DIN 4108-3 in Verbindung mit DIN 68800-2 vorliegen. Ziel im Forschungsvorhaben war die Einordnung der Holzbauteile in Gebrauchsklasse (GK) 0, um auf chemischen Holzschutz verzichten zu können. Die untersuchten Außenwände wurden dahingehend feuchtetechnisch dimensioniert.

Gemäß DIN 68800-2 darf die Einbaufeuchte im Fall von GK 0 maximal 20 M% (bzw. max. 18 M% bei Holzwerkstoffplatten) betragen.

Die Außenwände müssen entweder den Konstruktionsbeispielen aus DIN 68800-2, Abschnitt 7 („Konstruktionsprinzipien für Außenbauteile, bei denen die Bedingungen der Gebrauchsklasse GK 0 erfüllt sind“) entsprechen oder es muss ein hygrothermischer Nachweis gemäß DIN 4108-3 (Glaser-Verfahren) oder eine hygrothermische Simulation gemäß DIN EN 15026 durchgeführt werden. Bei beiden Nachweisverfahren sind die Bestimmungen von DIN 68800-2 einzuhalten; z.B. ist eine rechnerische Trocknungsreserve nachzuweisen, womit Feuchtebelastungen durch Leckagen (konvektiver Feuchteintritt) berücksichtigt werden.

2.5 Schallschutz

Öffentlich-rechtliche Anforderungen an den baulichen Schallschutz

Für typische Konstruktionsbeispiele von Bauteilen des mehrgeschossigen Holzbaus wurden durch die MFPA Leipzig Schallschutzkennwerte messtechnisch bestimmt bzw. abgeschätzt, wie in Abschnitt 3.4 beschrieben. Zur Einschätzung der schalltechnischen Eignung der betrachteten Bauteile für den Wohnungsbau werden die Schallschutzanforderungen des derzeit geltenden öffentlichen Baurechts in Deutschland herangezogen und mit den in Abschnitt 3.4 ermittelten Bauteil-Schallschutzkennwerten verglichen.

Die öffentlich-rechtlichen Anforderungen an den Schallschutz in der Bundesrepublik Deutschland sind derzeit in [s1] geregelt. Nachfolgend werden die typischen Anforderungen an den Luft- und Trittschallschutz innerhalb von Geschosshäusern mit mehr als 2 Wohnungen gemäß [s1], Tab. 3 genannt.

Wohnungstrennwände

erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß: **erf. $R'_w \geq 53$ dB**

Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren¹

erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß: **erf. $R'_w \geq 52$ dB**

Wohnungstrenndecken²

erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß: **erf. $R'_w \geq 54$ dB**

erforderlicher bewerteter Norm-Trittschallpegel: **erf. $L'_{n,w} \leq 53$ dB**

Decken unter Hausfluren^{2,3}

erforderlicher bewerteter Norm-Trittschallpegel: **erf. $L'_{n,w} \leq 53$ dB**

Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenträumen unter Aufenthaltsräumen^{2,3}

erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß: **erf. $R'_w \geq 52$ dB**

erforderlicher bewerteter Norm-Trittschallpegel: **erf. $L'_{n,w} \leq 53$ dB**

Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen

erforderlicher bewerteter Norm-Trittschallpegel: **erf. $L'_{n,w} \leq 53$ dB**

Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen

erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß: **erf. $R'_w \geq 53$ dB**

erforderlicher bewerteter Norm-Trittschallpegel: **erf. $L'_{n,w} \leq 53$ dB**

¹ Für Wände mit Türen gelten besondere Bedingungen, siehe [s1], Tab. 3, Z. 13, Sp. 5.

² Weichfedernde Bodenbeläge dürfen bei dem Nachweis der Anforderungen an den Trittschallschutz nicht angerechnet werden.

³ Die Anforderungen an die Trittschalldämmung gelten nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume, ganz gleich ob sie ihn waagerechter, schräger oder senkrechter (nach oben) Richtung erfolgt.

Gegenüber Außenlärm bestehen öffentlich-rechtliche Anforderungen gemäß [s1], Abschn. 5. Der Schallschutzanforderungswert, den die Schalldämmung eines Außenbauteils mindestens erreichen muss, hängt vom konkreten maßgeblichen Außenlärmpegel des jeweiligen Fassadenbereichs, der Nutzungsart des dahinterliegenden Raumes und der Raumgeometrie ab, wie aus [s1], Tab. 8 und 9 hervorgeht.

Die öffentlich-rechtlichen Anforderungen gemäß [s1] als Mindestniveau des Schallschutzes haben das Ziel, Menschen in Aufenthaltsräumen vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragungen zu schützen. Aufgrund der festgelegten Anforderungen kann nicht erwartet werden, dass Geräusche von außen oder aus benachbarten Räumen nicht mehr wahrgenommen werden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit gegenseitiger Rücksichtnahme durch Vermeidung unnötigen Lärms. Die Anforderungen setzen voraus, dass in benachbarten Räumen keine ungewöhnlich starken Geräusche verursacht werden.

Als Kritik hinsichtlich Trittschallschutz im Holzbau ist anzumerken, dass auch bei Einhaltung der öffentlich-rechtlichen Anforderungswerte je nach Verhalten der Decken im tieffrequenten Bereich unter 100 Hz Trittschallgeräusche durch Bewohner häufig als besonders belästigend empfunden werden.

Wird von den jeweiligen Projektbeteiligten ein erhöhter Schallschutz über das gesetzliche Mindestniveau hinaus gewünscht, kann ein erhöhter Schallschutz vertraglich vereinbart werden. Vereinbarungen zu erhöhten Schallschutzanforderungen sind im Wohnungsbau heute weit verbreitet. Empfehlungen bzw. Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz sind z.B. in [s3] und speziell für den Wohnungsbau in [s7] enthalten.

Das derzeit gültige Regelwerk für schallschutztechnische Bemessung von Bauteilen in Gebäuden bei der Planung ist [s2]. Als eine Nachweismöglichkeit aus der Fachliteratur speziell für den Holzbau ist [20] zu nennen. Als Ausblick für die Zukunft kann auf die Nachweisverfahren gem. [s5] verwiesen werden.

3 Experimentelle und theoretische Untersuchungen

3.1 Brandversuche

3.1.1 Einleitung und typische Fragestellungen aus der Praxis

In der praktischen Planung und Realisierung von Gebäuden mit Tragstruktur aus Holz in GK4 zeigen sich aus geführten Gesprächen mit ausführenden Unternehmen immer wieder typische Problemstellungen zu Detailpunkten. Die Anforderungen aus der Bauordnung, Bauregelliste, Holzbaurichtlinie, den Prüfzeugnissen und ggf. weiteren anzuwendenden Regelwerken sind zwar formal ausreichend definiert, vermehrt treten jedoch Unsicherheiten in der Auslegung auf. Des Weiteren sind ein Teil der Regelungen nicht mit einer wirtschaftlichen und konkurrenzfähigen bzw. effizienten Bauweise vereinbar. So sind z. B. in der M-HFHolzR Details enthalten, die zwar aus Sicht des Brandschutzes sinnvoll sein mögen, aber mit den Prinzipien der Vorfertigung und des Schallschutzes schlecht vereinbar sind. Die ermittelten Fragestellungen liegen insbesondere in den folgenden Punkten:

1) Fugen an Bauteilstößen und Ecken sind laut M-HFHolzR immer mit Versatz und „dicht verspachtelt“ auszuführen.

Das Prinzip der Vorfertigung macht es erforderlich, Bauteile mit ausreichenden planmäßigen Fugen und Toleranzen zu fertigen, damit sie auf der Baustelle montiert werden können. Beplankungen aller Art müssen daher teilweise, insbesondere am Wand-Deckenstoß, mit ausreichend Spiel zur Montage ausgeführt werden.

Aus Gründen des Schallschutzes sind elastisch abgehängte Bekleidungen sinnvoll, sie sollten auch an den Anschlüssen zu benachbarten Bauteilen elastisch verbunden werden.

Die Ausführung von verspachtelten versetzten Fugen ist prinzipiell möglich, führt aber zu einem erheblichen Zusatzaufwand in der Fertigung. Werksbesichtigungen und Gespräche mit Vertretern von Ausführungsbetrieben haben diese Problematik mehrfach gezeigt und bestätigt. Die Frage ist daher, inwieweit eine versetzte Fuge tatsächlich unbedingt erforderlich ist und ob evtl. abgewandelte Ausführungen möglich sind und wie diese gestaltet werden können.

Zur Beantwortung wurden verschiedene Ausführungen von Leibungsfugen im Brandversuch untersucht, es werden auf den Versuchsergebnissen basierte Konstruktionsempfehlungen in Abschnitt 5 angegeben.

2) Die M-HFH HolzR beschränkt den Einbau von haustechnischen Installationen sehr stark, es fehlen präzise Angaben für den Fachplaner hinsichtlich der genauen Ausführung.

Die Einschränkung auf „*einzelne (Elektro-)Leitungen*“ oder „*Hüllrohre aus nichtbrennbaren Baustoffen mit bis zu drei Leitungen*“ ist hinderlich, es werden typischerweise für übliche Installationen in Wohn- und Bürogebäuden mehr Leitungen benötigt. „Nichtbrennbare Hüllrohre“ sind sehr kostenintensiv, und sollten dementsprechend nach Möglichkeit vermieden werden.

Die Formulierung „*einzelne Hohlwanddosen*“ dürften eingebaut werden ist unpräzise, da sie die Größe der Dosen nicht spezifiziert. Für „*einzelne Dosen des üblichen Typs für Schalter und Steckdosen*“ ist diese Regelung nicht anwendungsgerecht. Der minimale Abstand solcher Dosen untereinander ist nicht definiert. Der Abstand von Elektrodosen zu Holzbauteilen soll 150 mm betragen. Dieser Abstand erweist sich in der Praxis oft als zu groß, da z. B. Lichtschalter direkt neben Türen erwünscht sind. Andere Installationen wie Rohrleitungen sind generell nicht gestattet.

Wenn Installationen nicht entsprechend der Formulierungen in der M-HFH HolzR ausgeführt werden können, müssen sehr aufwendige zusätzliche Kästen und Kabelschächte aus Gipsplatten eingebaut werden. Diese sind in der Fertigung umständlich, aufwendig und teuer. (Abbildung 2-14 und Abbildung 2-11)

Diese Unklarheiten und sehr stark einschränkende Regelungen führen in der Praxis oft zu Schwierigkeiten in der Ausführung und in der Abstimmung mit Überwachungsstellen und Baubehörden. Die Anforderungen sind daher zu hinterfragen, außerdem sind präzisere anwendungsorientierte Regelungen erforderlich.

Die vorgestellten Problemstellungen sind stark in die Gestaltung der durchgeführten Brandversuche eingeflossen, auf den Versuchsergebnissen basierte verbesserte Regelungen und Einbaumöglichkeiten werden in den Kapiteln 4 und 5 dargestellt.

3) Die M-HFH HolzR fordert generell versetzte Fugen der Beplankungslagen in der Bauteilfläche. Einzelne Prüfzeugnisse für Brandschutzbekleidungen erlauben davon abweichend nicht versetzte Fugen.

Es war zu klären, woher dieser Unterschied kommt und welche Regelungen maßgebend sind.

Die Prüfzeugnisse werden entsprechend den konkret geprüften Bauteilen ausgestellt. Wenn ein Bauteil ohne Fugenversatz erfolgreich geprüft wurde, findet sich diese Tatsache in der Regel auch im Prüfzeugnis wieder. Normative Vorgaben wie aus der M-HFHolzR geben den Sachstand zum Zeitpunkt ihrer Erstellung wieder. Die Ausführung mit unversetzten Fugen bildet eine Weiterentwicklung gegenüber diesen Vorgaben, da sich auch mit unversetzten Fugen die Anforderungen erfüllen lassen. Dieser Sachverhalt ist aber erst nach Erstellung der Richtlinie untersucht worden, weshalb hier nun unterschiedliche Angaben vorliegen. An dieser Stelle stellen die Prüfzeugnisse den neueren Stand der Technik dar und sind daher für die Ausführung als maßgeblich heranzuziehen.

4) Einige Prüfzeugnisse fordern „dicht verspachtelte“ Fugen auch in der ersten Bekleidungsphase, andere tun dies nicht und erlauben unverspachtelte Fugen.

Es war zu klären, woher dieser Unterschied kommt und wie damit umzugehen ist.

Dieser Unterschied hat ähnliche Gründe wie unter 3) erläutert. Gegenstand des Prüfzeugnisses ist die geprüfte Konstruktion, soweit hier nicht verspachtet wurde erscheint dies auch nicht im Prüfzeugnis. Es liegt im Aufgaben- und Interessenbereich der Hersteller der Bekleidungsmaterialien, möglichst optimierte Aufbauten für ihre Produkte zu entwickeln und entsprechende Prüfzeugnisse zur Verfügung zu stellen.

5) Es werden häufig unbekleidete Deckenuntersichten verwendet, auch an anderen Bauteilen wird die Brandschutzbekleidung bisweilen weggelassen. Die baurechtlich Verwendbarkeit der flächigen Bauteile wurde in diesen Fällen in objektbezogenen Brandschutzkonzepten nachgewiesen, es bestehen aber teilweise Unklarheiten, wie Anschlüsse zu bekleideten Bauteilen auszuführen sind.

Es war zu klären, wie solche Anschlüsse brandschutztechnisch unter Einhaltung der gestellten Schutzziele korrekt ausgeführt werden können.

Diese Frage ist in die Gestaltung der Brandversuche eingeflossen, es wurden Lösungen erarbeitet und in Kapitel 4 und 5 dargestellt.

6) Es treten in der Praxis Fragen auf, wie Brandabschottungen in Holzbauteilen baurechtlich und fachlich korrekt ausgeführt werden können

Diese Frage konnte auf Basis von Literaturrecherchen und eigenen Untersuchungen zu Leibungsausführungen beantwortet werden. Ausführungsempfehlungen werden in Kapitel 4 und 5 dargestellt.

7) Es werden teilweise von den Vorgaben der Prüfzeugnisse abweichende Bodenaufbauten bei Holzdecken verwendet, z. B. durch Einfügen einer brennbaren Dämmschicht unter dem Estrich zur Unterbringung von Installationsleitungen.

Teilweise wurde in ausgeführten Beispielen unter den brandschutztechnisch erforderlichen Lagen des Bodenaufbaus (Estrich und Trittschalldämmung aus Mineralwolle) eine Lage brennbarer EPS-Schaum zur Unterbringung von Installationsleitungen eingebaut. Es gab kontroverse Diskussionen, ob dies zulässig sei.

Formal-rechtlich ist diese Bauart nicht zulässig, es ist grundsätzlich das zugrunde gelegte abP und die M-HFHolzR zu beachten. In beiden Dokumenten wird der Einsatz brennbarer Dämmstoffe ausgeschlossen. Es handelt sich somit um eine wesentliche Abweichung vom baurechtlichen Verwendbarkeitsnachweis sowie von den eingeführten technischen Baubestimmungen. Notwendig ist daher eine Zustimmung im Einzelfall der obersten Bauaufsichtsbehörde.

3.1.2 Konzeption der Brandversuche

Auf Basis der in Abschnitt 3.1.1 definierten Fragestellungen wurden verschiedene Brandversuche konzipiert, entsprechende Versuchskörper hergestellt und in der Brandversuchsstelle der Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH untersucht. Alle Versuche fanden in einem kombinierten Wand- und Deckenprüfstand mit einer 60-minütigen ETK-Einwirkung statt.

Um die Anzahl der notwendigen Versuche soweit wie möglich zu reduzieren wurden jeweils verschiedene Konstruktionen zur Beantwortung mehrerer Fragestellungen in einen Versuchskörper zusammengefasst. Alle Brandversuchskörper bestanden jeweils aus einem oder zwei Wandelementen und einem Deckenelement, welche L- bzw. U-förmig zusammengesetzt waren. Untersucht wurden auf diese Weise verschiedene Ausführungen von

Eckfugen, außerdem unterschiedliche Arten und Anordnungen von Installationen in Rahmenbau- und Massivholzwänden.

Grundsätzlich wurden alle Versuchskörper mit Thermoelementen zur Messung der Temperaturen im Inneren der Bauteile an verschiedenen Stellen ausgestattet. Grundlage der Beurteilung der Versuchsergebnisse war das Kapselkriterium nach DIN EN 13501-2. Bei teilweise unvermeidlichen geringfügigen Verfärbungen, verkohlten Stellen, lokal begrenzt überschrittenen Temperaturen wurden die Ergebnisse gesondert diskutiert und bewertet. Typische Beispiele hierfür sind das thermische Verhalten von Eckstößen der Brandschutzbekleidung oder geringfügige Verfärbungen im Bereich von Verbindungsmitteln.

Es wurde zur Planung der Versuche ein Fragenkatalog erstellt. Dazu wurden die zu klärenden Punkte in einzeln zu beantwortende Positionen aufgegliedert und jeweils auf Basis von vorhandenen Erfahrungen, vorangegangenen Prüfungen und Literaturquellen eine Lösungsmöglichkeit erarbeitet, die voraussichtlich zu einem erfolgreichen Versuchsverlauf führt. Anschließend wurde der Versuch durchgeführt und ausgewertet. In einigen Fällen wurden Versuchsergebnisse auf die Gestaltung der nachfolgenden Prüfkörper angewendet, um zu nochmals verbesserten Konstruktionen zu kommen. Diese Vorgehensweise betrifft z. B. die Untersuchungen zum notwendigen Abstand von Elektrodosen zu Holzbauteilen.

Die wichtigsten Fragestellungen sind im Folgenden zusammengefasst:

- Welcher Mindestabstand Dose/Durchdringung/Leitung – Holzbauteil ist bei Ständerbauweisen notwendig?
- Wie groß darf der maximale Durchmesser einer durchdringenden Leitung/eines Kabelbündels sein?
- Wie groß muss der ausgedämmte Abstand zwischen Installationsbauteil und angrenzendem Holz/Brandschutzbekleidung sein?
- Wie groß muss der Abstand von nebeneinanderliegenden einzelnen Leitungen/Dosen sein?
- Wie groß muss der Abstand von gegenüberliegenden einzelnen Dosen/Leitungen in einem Gefach sein, damit der Raumabschluss erhalten bleibt? Ist eine Bauweise mit gegenüberliegenden Dosen überhaupt möglich?
- Wie groß ist maximal eine „einzelne Elektrodose“?
- Wie können Elektroleitungen in Brettsperrholzbauteilen brandschutztechnisch korrekt eingebaut werden, ohne dass die vereinbarten Schutzziele unterlaufen werden?

- Können sich Kabelisoliermaterialien mit „verbessertem Brandverhalten“ nach DIN VDE 0100-482 früher als Holz entzünden, bzw. ist die Kapseleigenschaft auch für diese Materialien ausreichend?
- Können sich Installationsmaterialien aus Kunststoff früher als Holz entzünden?
- Wie können Wand-Deckenfugen in der Beplankung unter Berücksichtigung der Anforderungen an Brandschutz, Schallschutz, Montierbarkeit, Wirtschaftlichkeit sinnvoll gestaltet werden?
- Wie können Leibungsecken z. B. an Fenster- oder Türöffnungen und zum Einbau von Brandabschottungen optimiert gestaltet werden?

Basierend auf diesen Fragen wurden vier Brandversuche (V1, V2a, V3, V4) geplant und durchgeführt. Nach Durchführung des ersten Versuches zeigte sich an einigen Stellen, dass die ausgewählten Varianten nicht geeignet waren die Anforderungen zu erfüllen. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse wurden der zu diesem Zeitpunkt bereits geplante Versuch V2 entsprechend abgeändert und erhielt die Bezeichnung V2a.

Die grundsätzliche Frage, ob Fugen verspachtelt ausgeführt werden müssen und inwieweit Fugenversätze in der Fläche erforderlich sind, wurde nicht explizit in die Versuchsplanung aufgenommen. Dies ist abhängig von den Verarbeitungsrichtlinien der einzelnen Hersteller. Um hier im Einzelfall Änderungen zu bewirken, sind die Plattenhersteller aufgefordert, ggf. optimierte Varianten für Bekleidungen in der Bauteilfläche anzubieten und entsprechend prüfen zu lassen.

3.1.3 Übersicht über die untersuchten Konstruktionen

3.1.3.1 Materialien für die Versuchsaufbauten

Die genauen Bezeichnungen und Materialeigenschaften sind in den Versuchsberichten zu den Brandversuchen [33], [34] ausführlich erläutert. Die wichtigsten Materialtypen werden nachfolgend genannt:

Brandschutzbekleidungen

Es wurden bei den Versuchen V1 bis V3 Gipsfaserplatten des Typs GF als Brandschutzbekleidung verwendet, bei dem Versuch V4 Gipskartonfeuerschutzplatten des Typs GKF. Soweit Fugen gemäß den Prüfzeugnissen verspachtelt werden mussten, wurden die vom jeweiligen Hersteller vorgesehenen Spachtelmassen verwendet.

Holz und Holzwerkstoffe

Für alle Rahmenhölzer wurde KVH der Qualität C24 und Brettsper Holz GI 24h verwendet. Lattungen wurden aus üblichem Fichtenvollholz hergestellt. Als Holzwerkstoffplatten kamen in einigen Versuchen OSB/3-Platten zum Einsatz.

Verbindungsmittel

Als Verbindungsmittel zur Befestigung der Brandschutzbekleidung wurden Schrauben gewählt, da sich diese leicht und ohne Zerstörung der Bauteile nach den Versuchen entfernen lassen. Auf diese Weise können die Versuchskörper besser zerlegt und untersucht werden. Die Verschraubungen wurden jeweils entsprechend den Angaben in den zugehörigen Prüfzeugnissen ausgewählt und dimensioniert.

Sonstige Verbindungsmittel für die Holzbauteile wurden konstruktiv oder wie baupraktisch üblich angeordnet.

Dämmstoffe

Als Dämmstoff wurde nichtbrennbare Mineralwolle mit Schmelzpunkt ≥ 1000 °C und einer Rohdichte von mindestens 35 kg/m^3 verwendet.

Sonstige, Brandschutzmassen, Installationsmaterial

Materialien für Installationseinbauten wurden wie handelsüblich beschafft. Im Versuch V4 kamen halogenfreie Elektroinstallationsmaterialien spezifiziert für den Einbau in brennbarer Umgebung zum Einsatz. In den vorhergehenden Versuchen wurden übliche Elektroinstallationsmaterialien mit PVC-Isolierung verwendet.

In Versuch V3 wurde ein Elastomerlager der Fa. ESZ Wilfried Becker GmbH entsprechend Zulassung Nr. Z-16.32-195 am Wand/Deckenstoß eingebaut. Als Brandschutzprodukte wurden Brandschutzschaum, Brandschutzacryl, intumeszierende Materialien, Brandschutzanstrich und Brandschutz-Elektrodosen verwendet. Die genauen Produktspezifikationen sind nachfolgend genannt:

Brandschutzschaum:

Würth Brandschutzschaum 2K Kombi intumeszierend, Z-19.11-1717

Brandschutzacryl:

Würth Brandschutzfugenmasse Acryl, Prüfzeugnis P-3786/243/11-MPA BS

Intumeszierende Materialien:

Promat PROMASIL-Streifen Z-19.11-249

Brandschutzanstrich:

Würth Brandschutzmasse DBU Dispersion, ETA-13/0165

Brandschutz-Elektrodosen:

KAISER GmbH Gerätedose HWD90, Z-19.21-1788

Auf Dichtungsfolien aller Art wurde verzichtet, da diese nicht als notwendiger Bestandteil der Aufbauten in den jeweils verwendeten Prüfzeugnissen enthalten sind. Nach M-HFHolzR sind derartige normalentflammbare Materialien ohne Nachweis in der üblichen bzw. bestimmungsgemäßen Weise verwendbar.

3.1.3.2 Verwendete flächige Aufbauten

Es wurden Wand- und Deckenelemente in Brettsperrholzbauweise und Holzständerbauweise untersucht. Die Brettsperrholzkonstruktionen für Deckenbauteile wurden teilweise ohne Brandschutzbekleidung ausgeführt, alle anderen Aufbauten wurden mit „K₂60“ Bekleidungen gemäß aktueller Prüfzeugnisse der Plattenhersteller versehen. Alle Brandschutzbekleidungen wurden in der Stärke 2 x 18 mm aus Gipskartonfeuerschutz- bzw. Gipsfaserplatten ausgeführt. Die jeweils verwendeten Prüfzeugnisse sind in den Versuchsbeschreibungen genannt.

3.1.3.3 Wand/Deckenfugen

Es wurden mehrere Alternativausführungen von Wand/Deckenfugen zu der in der M-HFHolzR geforderten Bauweise sowie ein Anschluss einer bekleideten Wand an eine unbekleidete Massivholzdecke untersucht. Ansatz bei der Entwicklung verbesserter Fugenausführungen waren folgende Überlegungen:

- Die Fuge soll keine „starre“ Verbindung der Wand- und Deckenbekleidung aufweisen, damit bei elastisch befestigten Bekleidungen die Flankenübertragung von Körperschall behindert wird.
- Die Fuge soll leicht montierbar sein, es müssen ausreichende Montagetoleranzen eingeplant werden. Betrachtet wurde insbesondere der Vorgang des Einhebens von vormontierten Deckenelementen auf bereits stehende Wände.
- Die Fuge soll eine optisch ansprechende Fertigoberfläche haben, diese soll leicht herstellbar sein.
- Das Kapselkriterium soll auch im Bereich der Fuge eingehalten werden.
- Die Fuge soll ausreichend dicht sein, um unerwünschte Luftströmungen durch den Fugenspalt weitgehend zu behindern.

Die drei untersuchten Grundtypen von Fugenausführungen sind in Abbildung 3-1 dargestellt. Die Ausführungen wurden in den einzelnen Versuchsaufbauten der Versuche V1 bis V4 durch Verwendung unterschiedlicher Fugenstärken und Füllmaterialien des Fugenspaltes variiert.

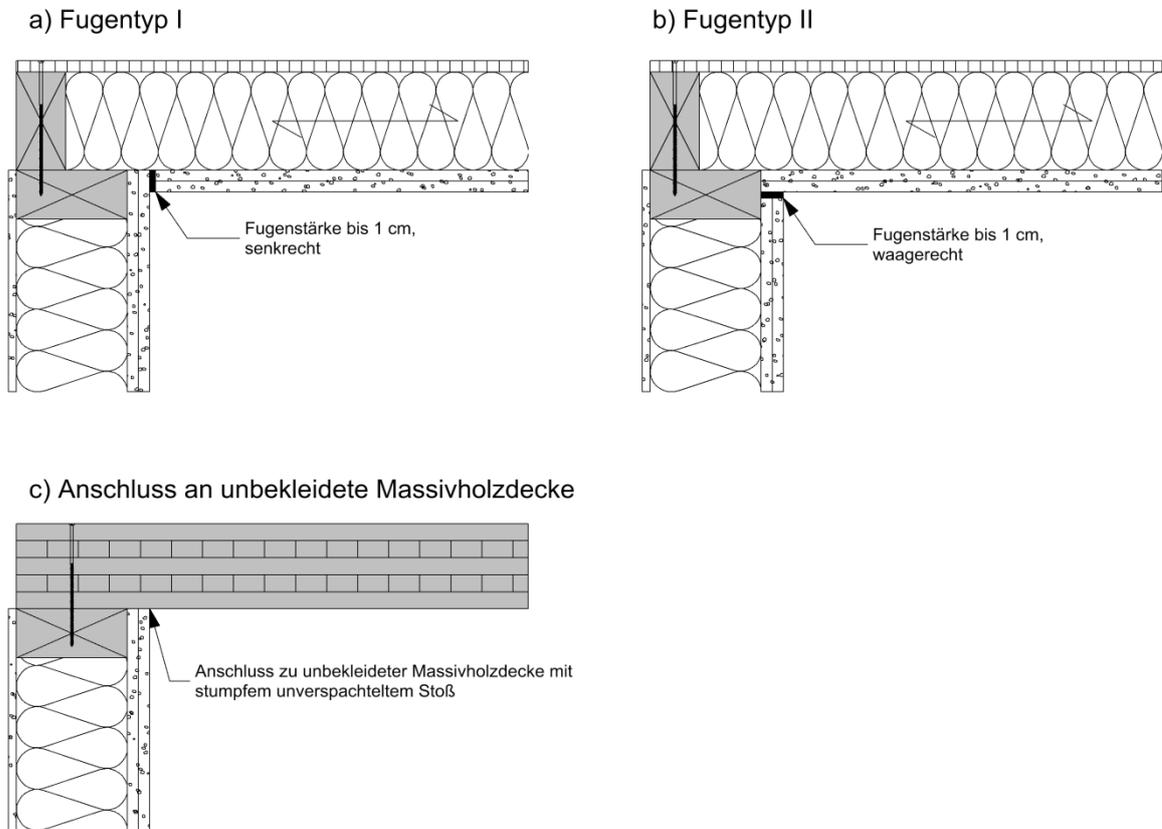


Abbildung 3-1 Untersuchte Fugentypen für Wand/Deckenfugen. Die Stärken der Fugen Typ I und II wurden mit 7 und 10 mm ausgeführt. Die Füllung des Fugenspaltes erfolgte mit Brandschutzschaum oder fest verstopfter Mineralwolle je nach Versuchsaufbau. Die Fugen nach Typ II wurden in Versuch V4 zusätzlich raumseitig mit nichtbrennbarer Spachtelmasse oder Brandschutzacryl verspachtelt.

3.1.3.4 Elektroinstallation im Holzständerbau

Es wurden unterschiedliche Größen, Formen und Anordnungen von Aussparungen für Elektrodosen untersucht. Die Aussparungen in der Kapselbekleidung wurden teilweise eckig und teilweise rund und mit verschiedenen Abständen zu den Holzständern ausgeführt. An einigen Stellen wurden die Öffnungen direkt angrenzend an Holzbauteile angeordnet, in diesen Fällen wurden die Holzteile neben der Dose mit Gipsplatten bekleidet. Es wurden verschiedene Kabel, Kabelbündel und Hüllrohre eingebaut, teilweise zwischen den Dosen, teilweise auch zwischen Austritten in der Kapselenebene. Bei den Versuchen V1 bis V3 kamen übliche PVC-isolierte Leitungen zum Einsatz, bei Versuch V4 wurden halogenfreie Installationsmaterialien verwendet.

3.1.3.5 Elektroinstallation im Holzmassivbau

Es wurden Schlitz- und runde Aussparungen für Elektroboxen in Brettsperrholzplatten eingefräst und in diese Kabel, Hüllrohre und Hohlwandboxen eingebaut. Die Installation wurde anschließend durch einen Standardaufbau der Kapselbekleidung abgedeckt. Ziel war die Vermeidung eines Einbrandes in das Brettsperrholz, dazu wurden verschiedene Maßnahmen zur Abdichtung der Kabelkanäle und Boxenaussparungen getroffen und deren Wirksamkeit beurteilt. Verwendet wurden vordimensionierte, in die Boxenaussparungen eingelegte Streifen aus intumeszierenden Materialien, außerdem kamen intumeszierende Brandschutzanstriche zum Einsatz. An einigen Stellen wurden Brandschutzboxen der Fa. KAI-SER GmbH eingebaut.

3.1.3.6 Rohrinstallation im Ständerbau

Es wurden verschiedene praxisübliche Rohrtypen in die Versuchskörper eingebaut, teilweise mit Durchdringung der Kapselebene, teilweise mit Führung der Rohre innerhalb des Bauteils. Ziel war wie bei den Elektroinstallationen die Vermeidung eines Einbrandes in die Holzbauteile bei gleichzeitiger Einhaltung der Kriterien E und I. Bei brennbaren Rohrwerkstoffen sollte ein selbsttätiges Weiterbrennen nach Ende der Versuchsdauer vermieden werden.

3.1.3.7 Eckfugen an Leibungen

Im Versuch V4 wurden unterschiedliche Ausführungen von Ecken in der Brandschutzbekleidung untersucht und bewertet. Verwendet wurden Ausführungen mit „doppeltem Stufenversatz“ gemäß M-HFHolzR und eine Variante mit einfachem Versatz. Beide Versionen wurden jeweils einmal mit und ohne Verspachtelung ausgeführt.

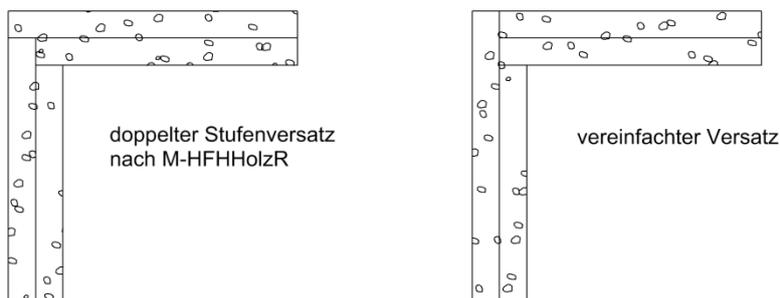


Abbildung 3-2 Ausführungsarten von Eckfugen in der Brandschutzbekleidung, beide Varianten können als Innen- und Außenecke verwendet werden

3.1.4 Aufbau des Prüfofens und Ablauf der Versuchsdurchführung

Die Versuche wurden in einem Wand/Deckenprüfstand durchgeführt. Der Brandraum wurde mit Ölbrennern über 60 Minuten nach ETK beheizt. Die Temperatursteuerung des Ofens

erfolgte manuell über die Regelung der Brennerleistung und des Abluftvolumens nach dem mittleren Messwert geeignet im Ofen angeordneter Thermoelemente. Für Einzelheiten hierzu wird auf die Versuchsberichte [33] und [34] verwiesen. Während der Versuchszeit wurden die Versuchskörper auf den brandabgewandten Seiten beobachtet, um eventuelle Leckagen und Rauchgasdurchtritte festzustellen. Durch ein Sichtfenster im Ofen bestand die Möglichkeit, das Verhalten des Prüfkörpers auch auf der Innenseite zu beobachten und so z. B. das Abfallen von Plattenteilen festzustellen. In allen Prüfkörpern wurden an relevanten Stellen Thermoelemente des Typs K eingebaut und deren Messwerte alle 10 Sekunden aufgezeichnet. Wichtige Messpunkte waren insbesondere die Umgebungen der eingebauten Installationen sowie an den Holzbauteilen hinter Leibungsecken und Wand/Deckenfugen.

Nach dem Ablauf der Versuchszeit wurde die Brennstoffzufuhr abgeschaltet, die Gebläse aber zunächst noch weiterlaufen gelassen, um den Brandraum abzukühlen. Nach Abtrennen der Messleitungen wurden die Versuchskörper herausgehoben, soweit notwendig oberflächlich abgelöscht und im Freien aufgestellt. Nach weitgehender Abkühlung wurden sie anschließend zerlegt und visuell begutachtet. Dabei wurden Abbrand- bzw. Einbrandtiefen aufgenommen und Verfärbungen dokumentiert.

Die gewonnenen Messwerte der Ofentemperaturen, Temperaturen im Prüfkörper und Druckbedingungen im Brandofen wurden ausgewertet und grafisch in Form von Diagrammen aufbereitet. Die wichtigsten dieser Diagramme sind im Anhang 8.2 wiedergegeben.



Abbildung 3-3 Gesamtansicht des Brandversuchstandes mit eingebautem Prüfkörper. Der Brenner befindet sich am linken Bildrand, der Schornsteinanschluss rechts, der Prüfkörper wird längs von links nach rechts von Heizgasen durchströmt. Links unten im Bild ist die Messtechnik zur Aufzeichnung der Temperaturmesswerte zu erkennen.

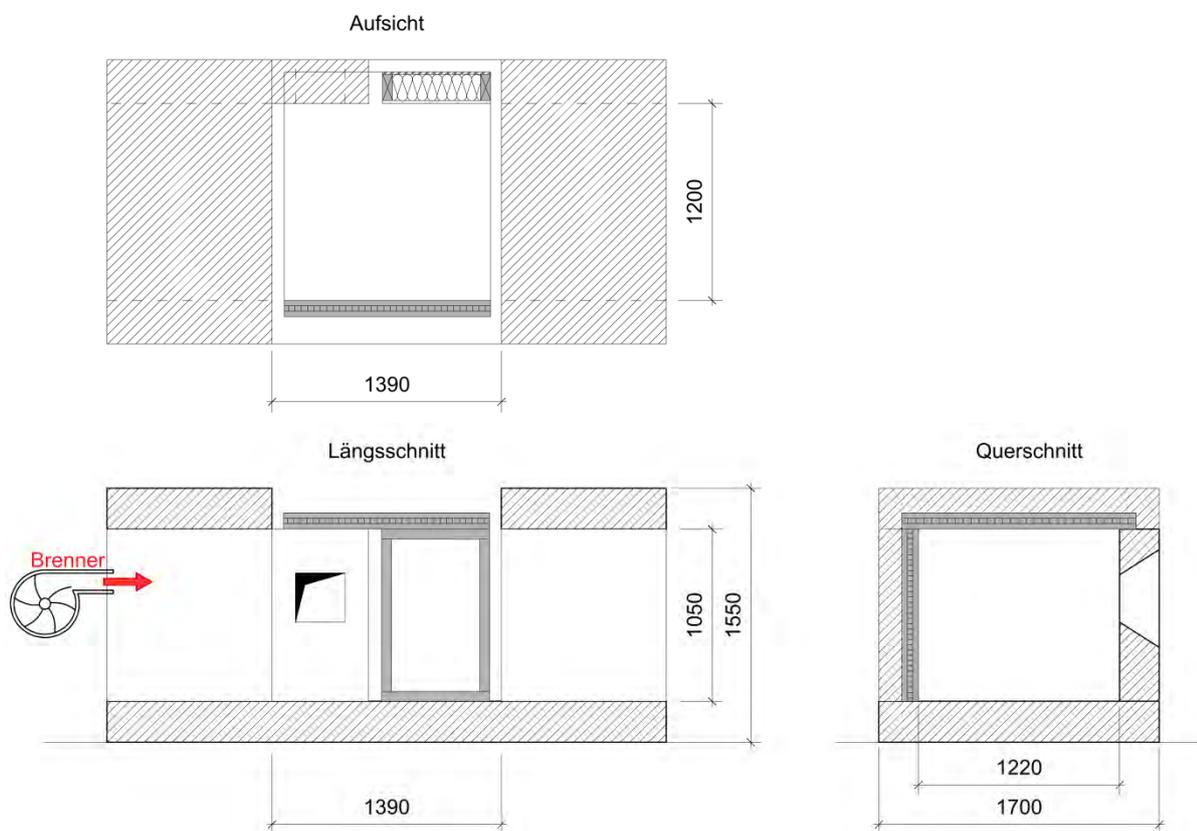


Abbildung 3-4 Zeichnung des verwendeten Brandprüfstandes mit beispielhaftem Prüfkörper. Alle Maße in mm.



Abbildung 3-5 Ansicht des Prüfstandes ohne Prüfkörper, mit eingebauten Thermoelementen zur Messung der Ofentemperatur.

3.1.5 Versuch V1

Holzständerbauwand mit Elektroinstallationen, Holzbalkendecke mit Lattung, Wand/Deckenfuge Typ I, halbseitig mit Brandschutzschaum abgedichtet

3.1.5.1 Aufbau

Der Versuchskörper war aus einem Wand- und einem Deckenelement in Holzständer- bzw. Balkenbauweise aufgebaut und zu einem L-förmigen Prüfkörper zusammengefügt. In das Wandelement waren Elektroinstallationen eingebaut, die Kapselbekleidung wurde mit mehreren Aussparungen versehen.

Die Kapselbekleidungen wurden ansonsten entsprechend den Prüfzeugnissen P-SAC 02/III-319 und P-SAC 02/III-320 aus Gipsfaserplatten ausgeführt. Als Verbindungsmittel wurden die vom Hersteller vorgesehenen Gipsfaserplattenschrauben verwendet. Die Bekleidung wurde an dem Wandelement direkt auf den Ständern befestigt, am Deckenelement wurde eine zusätzliche Lattung eingebaut.

Die Wand/Deckenfuge wurde entsprechend Typ I mit einer Spaltbreite von 7 mm ausgeführt, der Spalt wurde zur Hälfte offengelassen und zur Hälfte mit Brandschutzschaum verschlossen. (Abbildung 3-8 rechts)

Die Aussparungen in der Brandschutzbekleidung waren bis auf eine Ausnahme rechteckig ausgeführt und entsprachen in der Größe üblichen Dreifach-Installationsdosen. Als Elektroinstallationsmaterialien wurden PVC-Hüllrohre und Kabel mit PVC-Isolierung eingebaut.

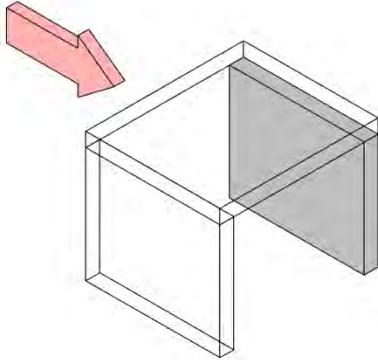


Abbildung 3-6 Isometrische Übersichtsdarstellung des Prüfkörpers V1 Die Durchströmungsrichtung der Heizgase ist durch den roten Pfeil symbolisiert, die grau hinterlegte Wand ist eine gemauerte Ofenwand.

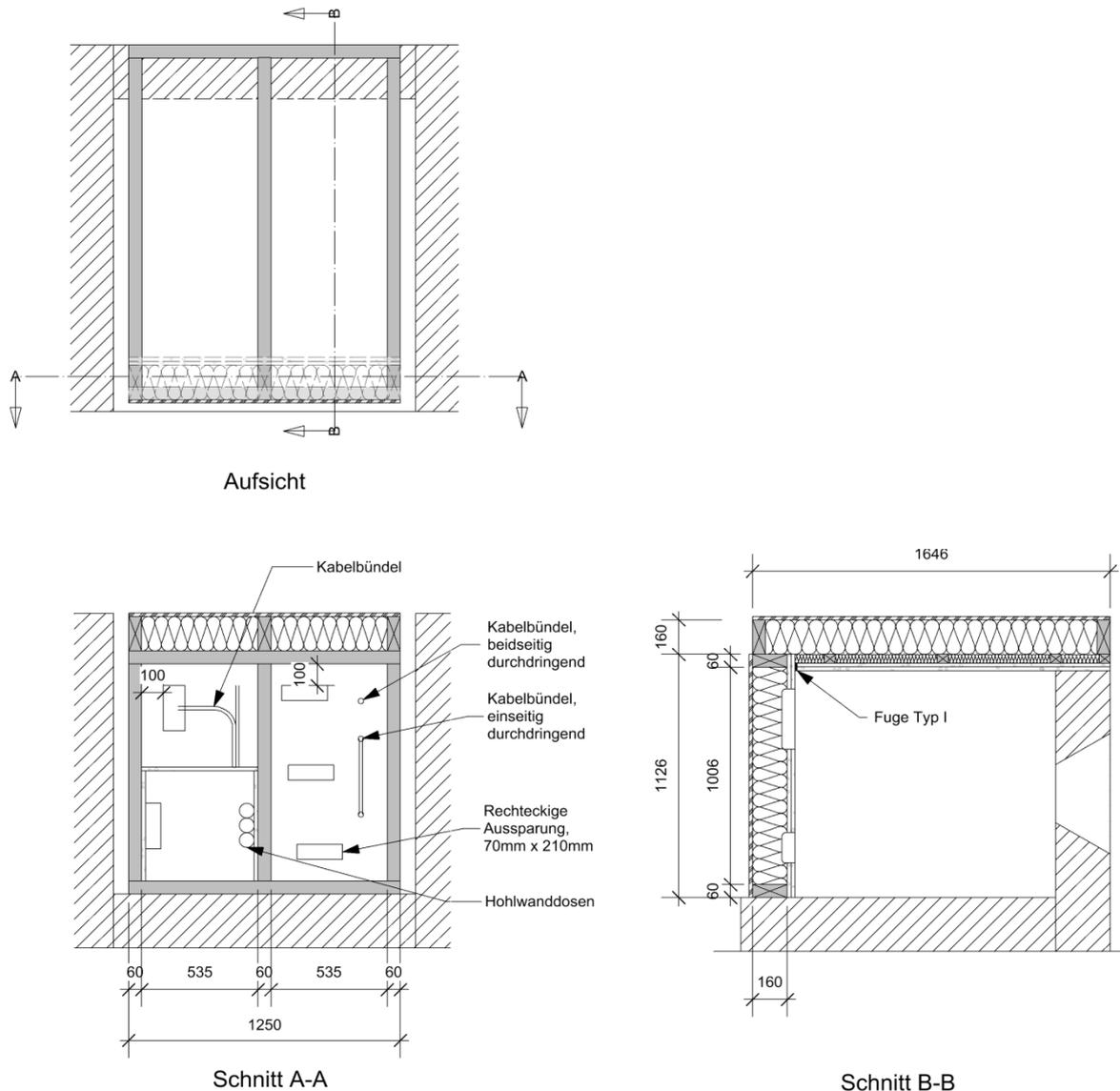


Abbildung 3-7 Zeichnung des Versuchskörpers V1 in Aufsicht und zwei Schnitten. Alle Maße in mm.



Abbildung 3-8 Versuchskörper Brandversuch V1 Gesamtansicht und Fugendetail

3.1.5.2 Versuchsablauf

Nach rund 20 min entstanden ausgehend von den Ecken der rechteckigen Aussparungen Rissbildungen, welche schnell anwuchsen und im weiteren Verlauf zusammenhängende grobe Risse bildeten.

Nach 30 min entstand ein grober Riss in der brandraumseitigen (zweite) Lage der Deckenbekleidung, nach 35 min hingen Teile der Deckenbekleidung stark nach unten. Nach 40 min war die zweite Lage der Deckenbekleidung weitgehend abgefallen, nach 45 min hatte auch die erste Lage erhebliche Risse.

Nach rund 35 min war in der zweiten Lage der Wandbekleidung ein zusammenhängendes Rissbild aus bis zu ca. 5 mm breiten Rissen zu erkennen. Diese hatten die typische Form von Schrumpfungsrissen ausgehend von den Ecken der Aussparungen. Entsprechende Risse begannen sich auch in der ersten Lage zu bilden.

Beim Herausheben des Prüfkörpers aus dem Prüfofen waren Flammen innerhalb der Konstruktion zu sehen. Infolge leichter Erschütterungen beim Herausheben des Prüfkörpers sind weitere Plattenstücke abgefallen.



Abbildung 3-9 V1: links Blick in den Prüfofen nach ca. 30 Minuten Versuchszeit mit deutlich sichtbaren Schrumpfungsrissen in der Bekleidung ausgehend von den Ecken der Aussparungen, rechts der Prüfkörper unmittelbar nach Ende der Versuchszeit, es sind Flammen von brennenden Holzbauteilen erkennbar.



Abbildung 3-10 Versuchskörper V1 nach dem Herausheben aus dem Prüfofen. Die Bekleidung zeigte grobe Risse und ist teilweise abgefallen. Die Holzteile waren erheblich verkohlt, das Kapselkriterium wurde nicht eingehalten.

3.1.5.3 Ergebnisse

- Das Kapselkriterium wurde an nahezu allen Stellen des Prüfkörpers nicht eingehalten, es kam zu starken Einbränden in die Holzbauteile. Nach Ende der Versuchszeit brannten einige Holzbauteile mit sichtbaren Flammen und mussten nach Herausheben des Prüfkörpers gelöscht werden. (Abbildung 3-10 und Abbildung 3-10)
- Die Bekleidungen an der Decke sind zu großen Teilen bereits während der Versuchsdauer abgefallen, an der Wand haben sich grobe Risse in der ersten und zweiten Bekleidungslage gebildet und großflächig ausgebreitet.
- Sämtliche Elektroinstallationsmaterialien wurden stark pyrolytisch zersetzt, teilweise sind sie vollständig verbrannt.

- Der Brandschutzschaum in der Wand/Deckenfuge konnte die Fuge gut abdichten, die Messwerte sind trotzdem nicht aussagekräftig, da die Beschädigungen des Prüfkörpers insgesamt zu groß waren und es zu großflächigen Hinterströmungen der Bekleidung mit Brandgasen gekommen ist. (Abbildung 3-10)
- Im Bereich der Fuge ohne Brandschutzschaum sind die Temperaturen bereits kurz nach Versuchsbeginn stark angestiegen.
- Es kam zu ungewollten Einflüssen aus seitlichem Einbrand in den Prüfkörper, dieser Effekt wurde in die Planung der folgenden Versuche aufgenommen und durch entsprechende Maßnahmen verhindert.

3.1.5.4 Bewertung

- Die Größe der Aussparungen war zu „optimistisch“, gleichzeitig waren die Abstände zwischen den Einzelnen Aussparungen zu klein. Durch die geringen Abstände der Aussparungen und deren Größe kam es zu Hinterströmungen der Bekleidung mit heißen Brandgasen, was eine mehrseitige Beanspruchung der Platten zur Folge hatte. Aus diesem Grund kam es zu einer beschleunigten Erwärmung der Platten und dadurch zu einer vorzeitigen Zermürbung des Gefüges. Es kann abgeleitet werden, dass die Aussparungen kleiner und mit größeren Abständen voneinander ausgeführt werden müssen.
- Die rechteckige Form der Aussparungen ist ungünstig. An den Ecken bilden sich Spannungsspitzen infolge des Schrumpfens des Plattenmaterials, was zu einer beschleunigten Rissbildung führt. Abgeleitet werden kann, dass runde Öffnungen besser geeignet sind.
- Die Abdichtung der Wand/Deckenfuge mit Brandschutzschaum ist prinzipiell gut geeignet, um die Fugen abzudichten.
- Die Ausführung der Fuge ohne Abdichtung ist in keinem Fall zu empfehlen.

3.1.6 Versuch V2a

Holzständerbau mit Elektro- und Rohrinstallation, bekleidete Brettsperrholzdecke, Wand/Deckenfuge Typ II mit Brandschutzschaum abgedichtet

3.1.6.1 Aufbau

Der Versuchskörper bestand aus einem Decken- und zwei Wandelementen, welche U-förmig zusammengesetzt waren. Das Deckenbauteil bestand aus Brettsperrholz und war mit einer Brandschutzbekleidung an der Unterseite versehen. Es wurden Installationen eingebaut. Die Wandbauteile waren als Holzständerbau ausgeführt, eines der beiden Bauteile

hatte die halbe Breite, so dass ein Fenster in der verbleibenden Ofenwand eingebaut werden konnte. Die Kapselbekleidungen wurden entsprechend den Prüfzeugnissen P-SAC 02/III-319 und P-SAC 02/III-320 aus Gipsfaserplatten ausgeführt. Das „kleine“ Wandelement war mit Rohrleitungsinstallationen ausgestattet, das „große“ mit Aussparungen für Elektroinstallationen. Elektroinstallationsmaterialien wurden nicht eingebaut. Als Rohrmaterialien wurden Alu-Kunststoff-Verbundrohre Durchmesser 25 mm, PVC-Abwasserrohre NW50 und Stahlrohre 1“ verwendet. Die Rohre wurden als Durchdringung der Wand ausgeführt oder im Inneren der Wand geführt. Die Ringspalten zwischen Rohr und Bekleidung wurden mit 2 mm Spiel gebohrt, es wurde keine Abdichtung in den Ringspalt eingebaut. Die Anordnung der Rohre wurde so gewählt, dass überall zwischen Rohr und nächstgelegenen Holzbauteil ein Abstand von mindestens 100 mm vorlag. Ein Gefach im großen Wandelement wurde mit einer zusätzlichen Holzwerkstoffplatte hinter der Kapselbekleidung sowie einer auf 80 mm verringerten Dämmstoffdicke ausgeführt. Das Deckenelement bestand aus Brettsper Holz, es wurde mit einer Fuge Typ II an die Wand angeschlossen. Die Fugen wurden mit den Stärken 7 mm und 10 mm ausgeführt und mit Brandschutzschaum ausgefüllt.

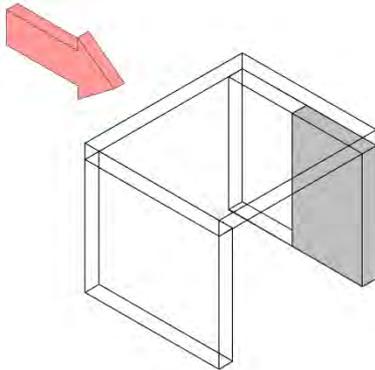


Abbildung 3-11 Isometrische Übersichtsdarstellung des Prüfkörpers V2a. Die Durchströmungsrichtung der Heizgase ist durch den roten Pfeil symbolisiert, die grau hinterlegte Wand ist eine gemauerte Ofenwand.



Abbildung 3-12 Versuchskörper V2a

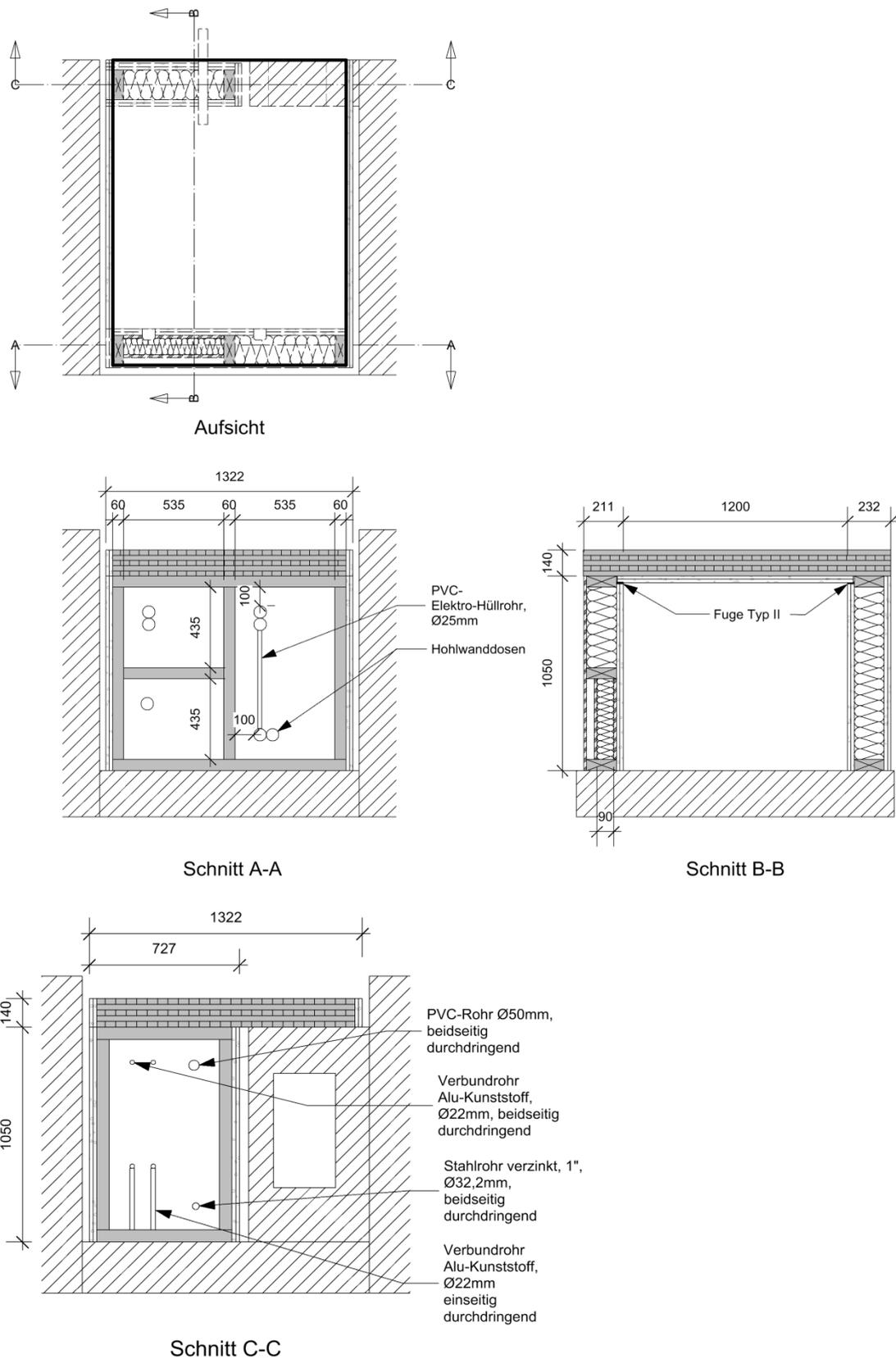


Abbildung 3-13 Zeichnung des Versuchskörpers V2a in Aufsicht und drei Schnitten. Alle Maße in mm.

3.1.6.2 Versuchsablauf

Nach rund 20 min waren erste feine Rissbildungen rund um die Aussparungen der Kapselbekleidung zu erkennen. Diese breiteten sich im weiteren Versuchsablauf radial weiter aus. Nach rund 30 min hatten die Risse eine Breite von bis zu 8 mm und vergrößerten sich weiter leicht auf bis zu ca. 10 mm.

Während der gesamten Versuchsdauer sind keine Plattenteile abgefallen. Nach dem Versuchsende waren keine Löschmaßnahmen erforderlich, es gab keine erkennbare Rauchentwicklung. Die erste Bekleidungslage wies einen durchgehenden Riss zwischen den beiden Installationsaussparungen auf. (Abbildung 3-14)



Abbildung 3-14 Versuch V2a nach dem Herausheben aus dem Prüfofen (links) und dem Abnehmen der zweiten Bekleidungslage des großen Wandbauteils (rechts)

3.1.6.3 Ergebnisse

- Es sind keine Teile der Bekleidung innerhalb der Versuchszeit abgefallen.
- Das Kapselkriterium wurde an allen Stellen des Prüfkörpers eingehalten (Diagramm 8-1).
- Bis auf leichte Braunfärbungen im Bereich der Verbindungsmittel sind nirgends Verfärbte oder pyrolytisch zersetzte Stellen im Holz aufgetreten (Abbildung 3-15).
- Die Holzwerkstoffplatte hinter der Kapselbekleidung ist im Bereich unmittelbar an der Aussparung verkohlt, es fand aber kein fortschreitendes Glimmen oder weiterbrennen statt (Abbildung 3-15).
- Beide Fugenstärken der Wand/Deckenfuge wurden vom Brandschutzschaum vollständig ausgefüllt und abgedichtet. Es sind keine verfärbten bzw. verkohlten Stellen an den angrenzenden Holzbauteilen aufgetreten (Abbildung 3-16).

- Die verwendeten PVC- und Kunststoffverbundrohre zeigten keine Brandweiterleitung über den direkten Einwirkungsbereich der Öffnung in der Kapselbekleidung hinaus (Abbildung 3-15).



Abbildung 3-15 Versuch V2a nach dem Abnehmen der Bekleidungs- und PVC-Schichten, es sind keine Verkohlungen am Holz sichtbar



Abbildung 3-16 Versuch V2a: Ansicht des Fugenbereichs nach der Versuchsdurchführung. Es sind nirgends verfärbte/verkohlte Stellen aufgetreten, der Brandschutzschaum hat die Fuge vollständig ausgefüllt.

3.1.6.4 Bewertung

- Die gewählte Form, Größe und Anordnung der Aussparungen für Elektroinstallationen ist geeignet zur Einhaltung des Kapselkriteriums und zur Verhinderung von Hohlraumbränden.
- Der Typ und die Einbauart der verwendeten Rohrinstallationen sind geeignet zur Einhaltung des Kapselkriteriums und zur Verhinderung von Hohlraumbränden.

- Die Ausführung der Wand/Deckenfuge Typ II mit einer Fugenstärke von 7 mm und 10 mm und einer Abdichtung mit Brandschutzschaum ist geeignet zur Einhaltung des Kapselkriteriums und der Anforderungen an die Rauchdichtheit.
- Die Anordnung einer zusätzlichen Holzwerkstoffplatte hinter der Kapselbekleidung führt auch im Bereich von Aussparungen für Installationseinbauten nicht zu einer Erhöhung der Gefahr von Hohlraumbränden.
- Eine ausgedämmte Wandstärke von 80 mm ist auch im Bereich von Aussparungen groß genug, um an der der Aussparung gegenüberliegenden Bekleidungsfläche das Kapselkriterium einzuhalten.

3.1.7 Versuch V3

Bekleidete Brettsperrholzwand mit eingefrästen Schlitzern und Elektroinstallation, teilweise bekleidete Brettsperrholzdecke, Fugentyp „unbekleidete Decke an bekleidete Wand mit Elastomerlager“

3.1.7.1 Aufbau

Der insgesamt L-förmige Versuchskörper bestand aus einem Wand- und einem Deckenelement, welche beide aus Brettsperrholz hergestellt wurden. Die Kapselbekleidungen wurden entsprechend den Prüfzeugnissen P-SAC 02/III-319 und P-SAC 02/III-320 aus Gipsfaserplatten ausgeführt. Die Decke war teilweise bekleidet, im Anschlussbereich an die Wand jedoch nicht. Dort wurde eine Fuge „bekleidete Wand an unbekleidete Decke“ ausgeführt, wobei in der Fuge ein Elastomerlager der Fa. ESZ eingebaut wurde. Die Platten der Wandbekleidung wurden stumpf an das Brettsperrholz der Decke gestoßen. Auf der Hälfte der Fugenlänge wurde die Eckfuge zwischen Holz und Gipsfaserplatte mit Brandschutzacryl verspachtelt, auf der anderen Hälfte wurde die Gipsfaserplatte bündig „trocken“ ohne Abdichtung gegen das Holz gestoßen. In das Wandelement wurden Schlitz- und runde Aussparungen für Elektro-Installationsdosen eingefräst. In diese Schlitz- und Aussparungen wurden Kabel mit PVC-Isolierung, Elektro-Hüllrohre aus PVC und Hohlwanddosen eingebaut. In einigen dieser Aussparungen wurden passend zugeschnittene Stücke aus intumeszierenden mattenförmigen Werkstoffen zwischen Holz und Hohlwanddose eingelegt, in einer Aussparung wurde eine Brandschutzdose aus intumeszierendem Material eingebaut. (Abbildung 3-19, Abbildung 3-20, Abbildung 3-21)

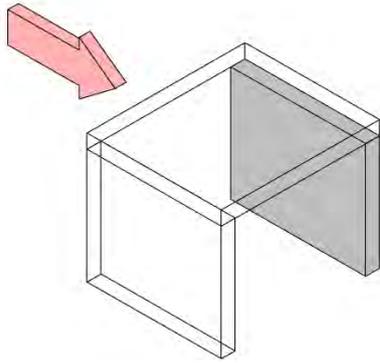
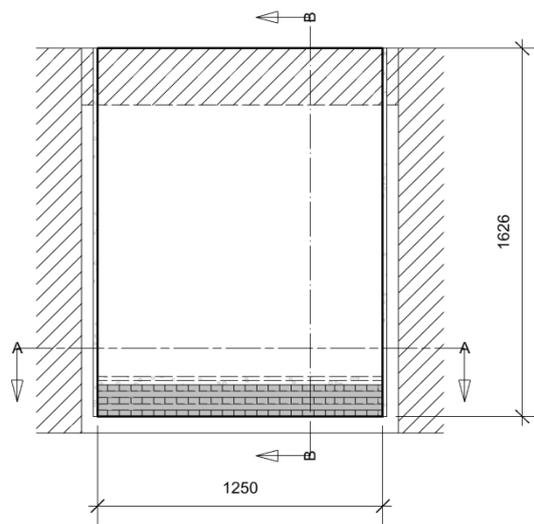
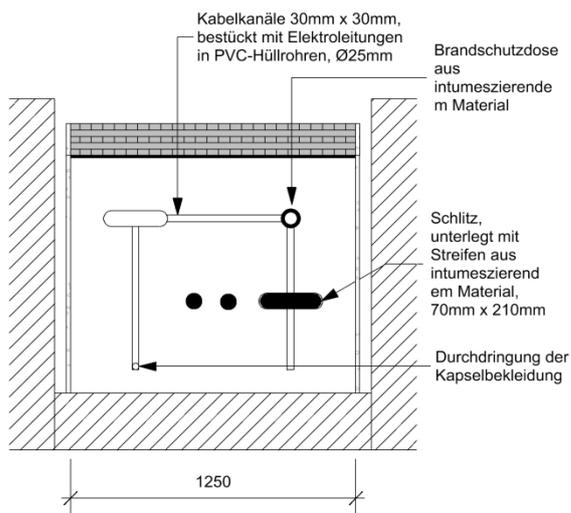


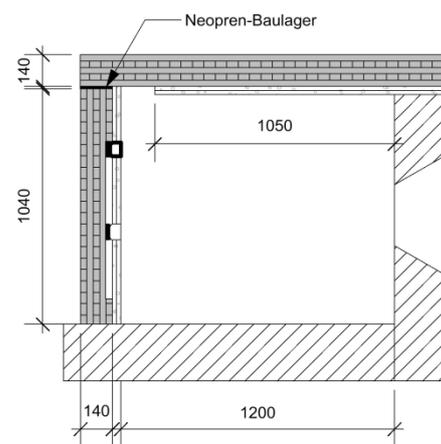
Abbildung 3-17 Isometrische Übersichtsdarstellung des Prüfkörpers V3. Die Durchströmungsrichtung der Heizgase ist durch den roten Pfeil symbolisiert, die grau hinterlegte Wand ist eine gemauerte Ofenwand.



Aufsicht



Schnitt A-A



Schnitt B-B

Abbildung 3-18 Zeichnung des Versuchskörpers V3 in Aufsicht und zwei Schnitten. Alle Maße in mm.

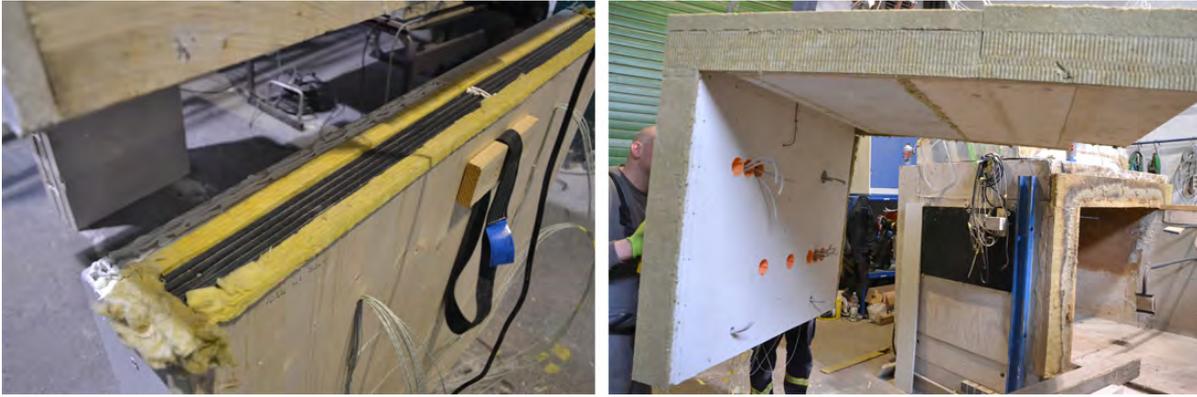


Abbildung 3-19 Deckenfuge mit Elastomerlager, zusammengesetzter Prüfkörper beim Einbau in den Prüfofen



Abbildung 3-20 Wandelement des Versuchskörpers V3 mit Elektroinstallationen



Abbildung 3-21 Einbau von intumeszierenden Brandschutzmaterialien

3.1.7.2 Versuchsablauf

Es sind wie bei den vorhergehenden Versuchen radial von den runden Aussparungen ausgehend Schrumpfungsrisse in den Bekleidungsplatten aufgetreten. Diese wurden nach ca. 20 min deutlich sichtbar und vergrößerten sich bis zum Versuchsende in ihrer Breite auf bis zu ca. 10 mm. Es sind während der Versuchszeit keine Plattenteile abgefallen, jedoch war die zweite Lage der Bekleidung am Ende so zermürbt, dass bei den Erschütterungen bei Ausbau aus dem Ofen Stücke abgefallen sind.

Es wurde ein deutliches Aufschäumen der intumeszierenden Materialien beobachtet, dieses setzte jedoch bei den Ausführungsvarianten mit mattenförmigen Werkstoffen erst nach 15 bis 20 min deutlich sichtbar ein.

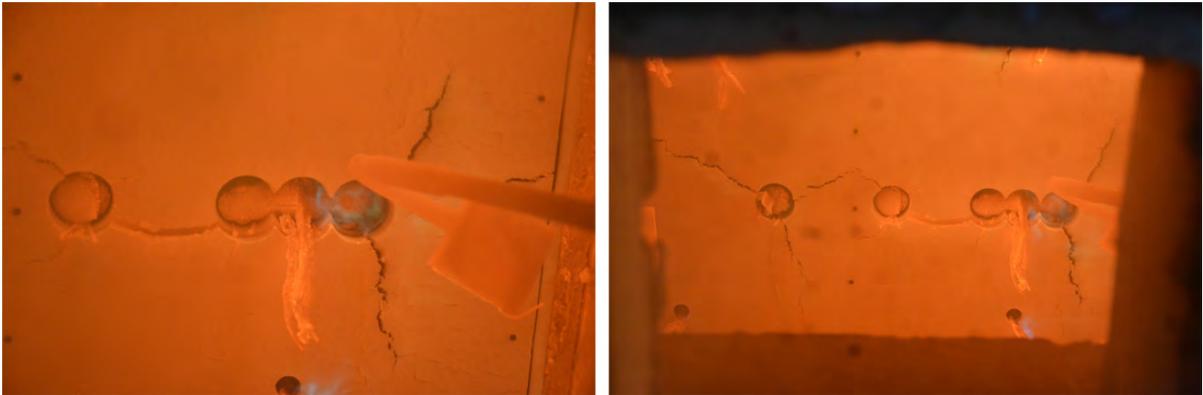


Abbildung 3-22 V3 während des Versuches nach ca. 30 Minuten, deutlich zu erkennen sind die radialen Schrumpfrisse in der Brandschutzbekleidung. Die Aussparungen sind nur teilweise mit intumesziertem Material gefüllt.

3.1.7.3 Ergebnisse

- In der Fläche wurde das Kapselkriterium eingehalten, bis auf die Bereiche um die Verbindungsmittel wurden keine Braunfärbungen beobachtet. (Diagramm 8-2)
- Es kam zu erheblichen Einbränden in die Kabelkanäle, die eingebauten Kabel und Hüllrohre wurden stark pyrolytisch zersetzt. Das Holz in den Kabelkanälen war in Bereichen von ca. 200 mm ausgehend von den Dosenöffnungen stark verfärbt bzw. verkohlt (Abbildung 3-24). Die Messungen mit Thermoelementen in den „Böden“ der Kanäle und Dosen (Abbildung 3-20 rechts) ergaben Temperaturen unterhalb der Grenzen des Kapselkriteriums. Eine Ausnahme sind die beiden Messpunkte an der ungeschützten Dase, hier wurden Temperaturen von bis zu 430 °C gemessen (Diagramm 8-2).
- Anhand von Brandgasspuren und Verfärbungen auf der Innenseite der Platten der ersten Bekleidungslage kann auf einen erheblichen konvektiven Brandgasstrom innerhalb der Kabelkanäle geschlossen werden (Abbildung 3-23 und Abbildung 3-24).
- Die intumeszierenden Mattenwerkstoffe sind zeitlich stark verzögert aufgeschäumt, weshalb sie zumindest zu Beginn des Versuches den Brandgaseintritt in die Kanäle nicht verhindern konnten (Abbildung 3-22).
- Die Brandschutzdose konnte einen Einbrand in das Holz ihrer Umgebung nicht verhindern, da sich ausgehend von der runden Aussparung in der Kapselbekleidung radiale Schrumpfrisse gebildet haben und sich die Platten vorwölbten. (Abbildung 3-24).

- Der stumpfe Stoß der Wandbekleidung gegen die unbedeckte Decke führte nicht zu einem Hohlraumbrand und fortdauernden Glimmen im Anschlussbereich. Am Elastomerlager waren keine Brandspuren erkennbar (Abbildung 3-23 links).



Abbildung 3-23 Begutachtung nach dem Versuch, Wand/Deckenfuge und Wandelement nach Entfernen der zweiten Bekleidungsstufe



Abbildung 3-24 Wandelement nach Entfernen der Bekleidung, rechts Detailaufnahme

3.1.7.4 Bewertung

- Das Aufschäumen der mattenartigen Einlagen in den Dosenausparungen war nicht stark genug und setzte zeitlich verspätet ein, aus diesem Grund kam es zu Einbränden in den Kabelkanälen und rund um die Hohlraum Dosen. Es erscheint generell als problematisch, intumeszierendes Material nur in den „Boden“ der Ausfräsungen einzubauen, da es hier zu lange dauert, bis das Material ausreichend erwärmt wird um aufzuschäumen und damit die angrenzenden Kabelkanäle zu verschließen. Hier sind verbesserte Lösungen erforderlich.
- Die alleinige Verwendung von Brandschutzdosen des Fabrikats „KAISER“ kann in der hier untersuchten Konfiguration nicht uneingeschränkt zur Einhaltung des Kapselkriteriums empfohlen werden.

- Als wichtig erscheint, einen konvektiven Brandgasdurchgang durch eingefräste Kabelkanäle bereits frühzeitig zu Beginn der Brandeinwirkung zu verhindern.
- Die Ausführung der Wand/Deckenfuge in beiden hier untersuchten Varianten ist geeignet zur Einhaltung der gestellten Schutzziele.

3.1.8 Versuch V4

Bekleidete Brettsperrholzwand mit eingefrästen Schlitzten und Elektroinstallation, Ständerbauwand mit Fensterrahmeneinbau und Elektroinstallation, bekleidete Brettsperrholzdecke, Fugentyp II mit Abdichtung aus Mineralwolle

3.1.8.1 Aufbau

Der Versuchskörper bestand aus zwei Wandelementen und einem Deckenelement, welche U-förmig zusammengesetzt wurden. Eines der Wandelemente wurde aus bekleidetem Brettsperrholz mit eingebauten Elektroinstallationen ausgeführt, das andere als Holzständerbau. Das Deckenelement bestand aus Brettsperrholz und wurde brandraumseitig mit einer Bekleidung versehen. Alle Kapselbekleidungen wurden entsprechend den Prüfzeugnissen P-SAC 02/III-392 und P-SAC 02/III-393 aus Gipskartonfeuerschutzplatten (GKF) ausgeführt. Bilder des Versuchsaufbaus sind in Abbildung 3-27 und Abbildung 3-28 dargestellt.

In das Holzständerbau-Wandelement wurde ein Holzrahmen ähnlich eines Fensterrahmens eingebaut. Der Rahmen aus Fichten-Vollholz hatte den Querschnitt 80 mm x 80 mm, zwischen Rahmen und Riegel, bzw. Ständer des Elementes wurde eine einfache Bekleidung aus 18 mm GKF eingebaut. Die Leibungsecken wurden mit doppeltem Stufenversatz und einfachem Versatz ausgeführt, jeweils einmal mit Verspachtelung in beiden Lagen und einmal mit Verspachtelung nur in der äußeren Lage der Bekleidung. An unteren Riegel des Elementes wurde eine Doppel-Installationsdose direkt am Riegel anliegend eingebaut, das Holz wurde hierbei durch eine Lage 18 mm GKF Platte geschützt. Zusätzlich wurden in diesem Gefach verschiedene halogenfreie Elektroinstallationsmaterialien unter der Bekleidung eingebaut, um deren Verhalten bei Temperaturbeanspruchung zu untersuchen. Die Wand/Deckenfuge dieses Elementes wurde nach Typ II mit einer Fugenstärke von 7 mm ausgeführt und fest mit Mineralwolle verstopft. Äußerlich wurde die Mineralwollverstopfung ca. 5 mm dick mit Brandschutzacryl verspachtelt. (Abbildung 3-29)

Das Wandelement aus Brettsperrholz wurde ähnlich zu dem aus Versuch V3 aus Brettsperrholz mit eingebauter Elektroinstallation ausgeführt. Es wurden hierzu halogenfreie Elektroinstallationsmaterialien mit „verbessertem Brandverhalten“ verwendet. An einigen

Stellen wurden handelsübliche elektrische Betriebsmittel in die Hohlwanddosen eingebaut (Schalter und Steckdosen) und mit den zugehörigen Abdeckblenden versehen. Der Schutz des Holzes im Bereich der Installationen wurde mit einem Brandschutzanstrich realisiert. Hierzu wurde in den runden Aussparungen für die Hohlwanddosen und im Umkreis von ca. 100 mm darum die Holzoberfläche mit zwei Anstrichen eines intumeszierenden Anstrichmaterials versehen. Der Anstrich rund um die Dosen auf der Brettsperrholzoberfläche wurde gewählt, um Einbrände in das Holz infolge von radialen Rissen in der Bekleidung zu vermeiden. Außerdem war aufgrund der vorangegangenen Versuche zu erwarten, dass sich die Platten im Bereich der Aussparungen leicht vorwölben. Der dabei entstehende Spalt zwischen Holz und Bekleidung sollte durch den flächigen Anstrich geschlossen werden. Beide Lagen der Bekleidung der Brettsperrholzwand wurden vertikal in den Drittelpunkten stumpf gestoßen und die Fuge verspachtelt. Die Wand/Deckenfuge wurde nach Fugentyp II mit einer Stärke von 7 mm ausgeführt und wie oben beschrieben mit Mineralwolle fest verstopft. Auf der Hälfte der Fugenlänge wurde die Fuge zusätzlich mit einer nichtbrennbaren Spachtelmasse mit einer Stärke von ca. 5 mm verspachtelt.

Das Deckenelement bestand aus Brettsperrholz mit einer Brandschutzbekleidung gemäß dem verwendeten Prüfzeugnis. Hier waren keine Installationen oder sonstige Einbauten vorhanden.

Die Elemente wurden mit baupraktisch üblichen Holzbauschrauben miteinander verbunden und dann gemeinsam als zusammenhängender Prüfkörper in den Brandofen eingebaut.

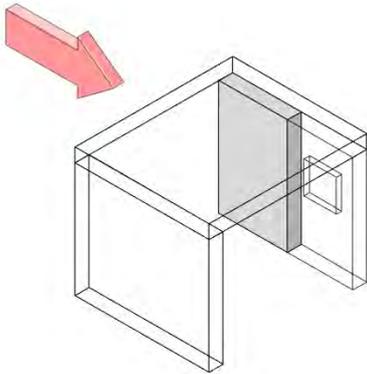


Abbildung 3-25 Isometrische Übersichtsdarstellung des Prüfkörpers V4. Die Durchströmungsrichtung der Heizgase ist durch den roten Pfeil symbolisiert, die grau hinterlegte Wand ist eine gemauerte Ofenwand.

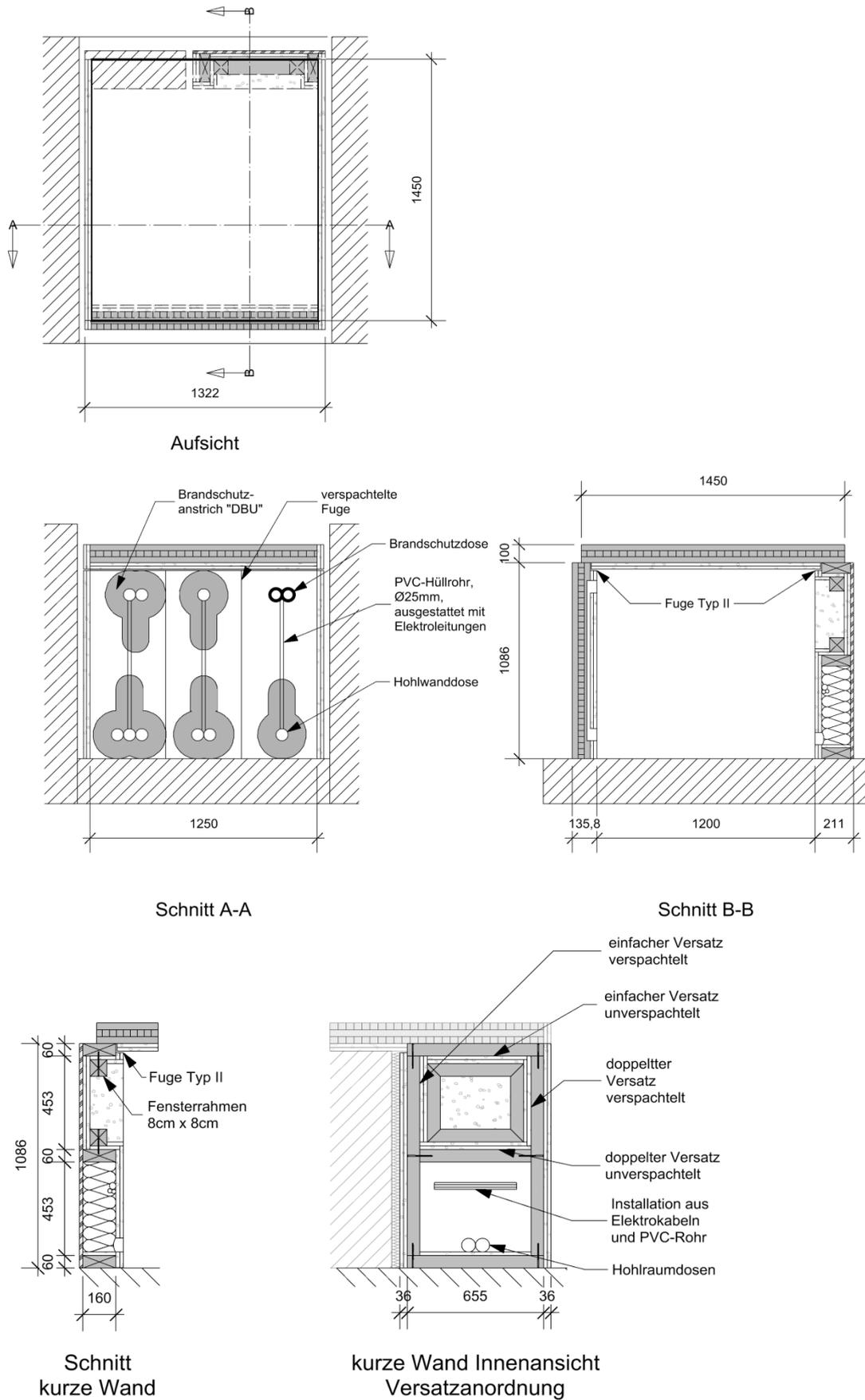


Abbildung 3-26 Zeichnung des Versuchskörpers V4 in Aufsicht, drei Schnitten und einer Detailansicht. Alle Maße in mm.

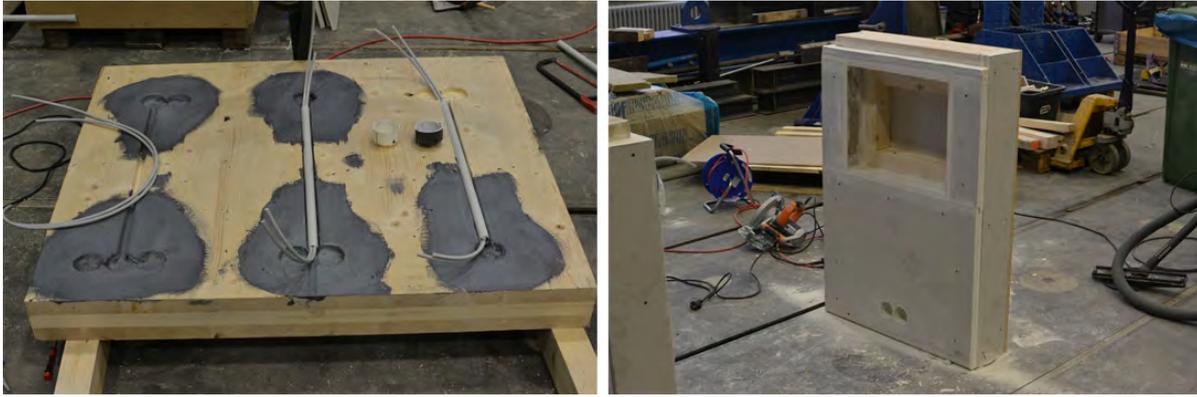


Abbildung 3-27 V4: links das Wandelement aus Brettsperrholz mit Brandschutzanstrich und Elektroinstallationen, rechts das Holzständerwandelement mit dem eingebauten Holzrahmen



Abbildung 3-28 V4: Wandelement aus Brettsperrholz mit Bekleidung, zusammengebauter Prüfkörper vor dem Einbau in den Prüfofen

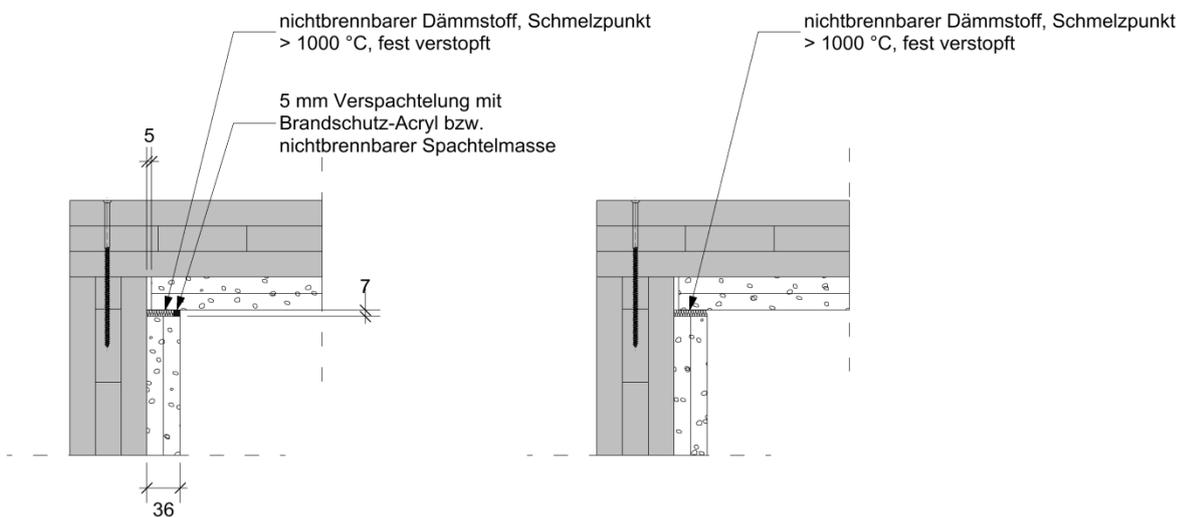


Abbildung 3-29 Detailausführung der Fugen Typ II mit Verstopfung aus Mineralwolle, links Variante mit zusätzlicher Verspachtelung, rechts ohne Verspachtelung, Maße in mm

3.1.8.2 Versuchsablauf

Nach ca. 20 min zeigten sich erste feine Risse in der Bekleidung des Brettsperrholzbauteils, diese waren gleichmäßig über die gesamte Fläche verteilt und im Wesentlichen in der Herstellungsrichtung der Platten orientiert. Diese Risse verdichteten sich zum Ende Versuchsdauer

etwas, blieben aber insgesamt wesentlich dünner als bei den vorangegangenen Versuchen. Radiale Schrumpfrisse konnten nicht festgestellt werden. Nach rund 15 min waren alle Dosenöffnungen vollständig mit Schaum gefüllt, teilweise quoll dieser aus den Öffnungen heraus. Die Bekleidungsplatten wölbten sich im Bereich der Dosenöffnungen um bis zu ca. 20 mm vor.

Es sind während der gesamten Versuchsdauer und beim anschließenden Herausheben und Abkühlen des Versuchskörpers keine Plattenstücke abgefallen. (Abbildung 3-30)

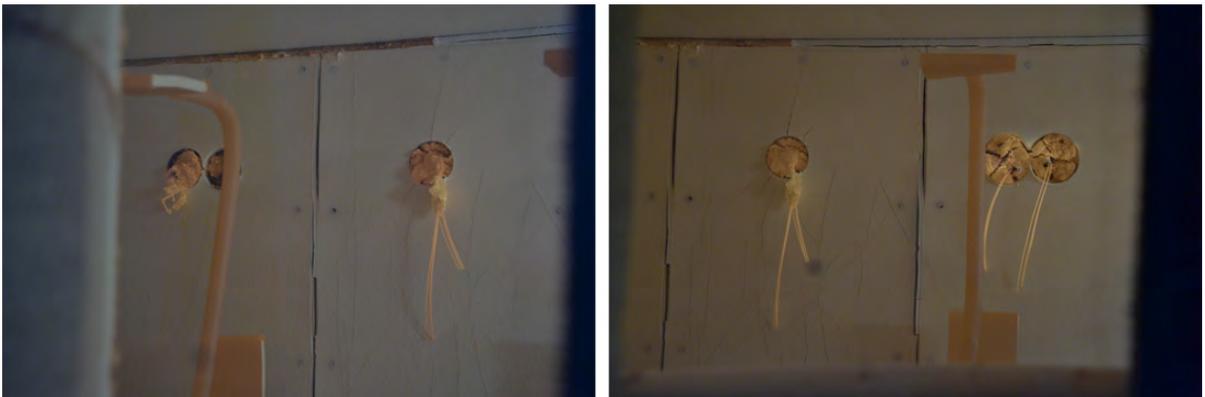


Abbildung 3-30 links: V4 während der Brandprüfung nach rund 30 min, rechts gegen Ende der Versuchszeit. Es sind keine größeren Risse in der Bekleidung aufgetreten. Deutlich erkennbar sind die Dosenaussparungen mit intumeszierendem Brandschutzanstrich.



Abbildung 3-31 V4 unmittelbar nach der Prüfung (links), rechts das kleine Wandelement nach Abbau der Bekleidung, es sind Verkohlungen im Bereich der Eckfugen sichtbar.



Abbildung 3-32 rechts das Wandelement aus Brettsperrholz nach Abbau der Bekleidung, die schwarzen Verfärbungen stammen von Resten des aufgeschäumten Brandschutzanstriches. Links ein horizontaler Schnitt durch den Prüfkörper im Bereich einer Dosenaussparung. Es sind keine Verkohlungen aufgetreten, der Anstrich konnte die Dosenlöcher selbst sowie die Kabelschlitze gut abdichten.

3.1.8.3 Ergebnisse

Wandelement aus Brettsperrholz

- Der intumeszierende Anstrich hat alle Dosenöffnungen und Schlitze im Brettsperrholz sehr gut verfüllt und abgedichtet, auch bei Verwendung von Hüllrohren mit mehreren Einzelkabeln. In der Fläche ist das Material ca. einen Zentimeter aufgeschäumt und hat dabei die GKF-Platten leicht von der Brettsperrholzplatte weggedrückt. Die Wirkung setzte bereits wenige Minuten nach Versuchsbeginn ein. (Abbildung 3-32)
- Beide Schlitzabmessungen von $30 \times 30 \text{ mm}^2$ und $15 \times 15 \text{ mm}^2$ zeigten ähnlich gute Ergebnisse. In beiden Fällen wurden die Schlitze vollständig und zügig verfüllt, auch bei Verwendung von Hüllrohren und mehreren Einzelkabeln.
- Die Brandschutzdose aus intumeszierendem Material konnte einen leichten Einbrand in den Schlitz und das die Dose umgebende Brettsperrholz nicht verhindern. (Abbildung 3-32 links)
- Der Einbau von elektrischen Betriebsmitteln und den zugehörigen Kunststoff-Abdeckblenden hatte keinen erkennbar positiven oder negativen Einfluss. Die Kunststoffbauteile schmelzen bzw. verbrennen in den ersten Minuten der Brandeinwirkung, weshalb nachfolgend kein Einfluss auf das Brandverhalten festzustellen war.
- Das verwendete Kabelmaterial bewährte sich gut, es wurden keine Tendenzen zu einer Brandausbreitung bzw. einem „Zündschnureffekt“ festgestellt. In den durch den aufschäumenden Anstrich geschützten Bereichen der Kabelschlitze waren keine Brandeinwirkungen, Verfärbungen oder pyrolytische Zersetzungen des Kabel- und Hüllrohrmaterials erkennbar.

- Die Fugenabdichtungen der Wand/Deckenfuge mit Mineralwolle bzw. Mineralwolle und Uniflott-Spachtelmasse waren beide geeignet, das Kapselkriterium einzuhalten. Es ist in den Messwerten der Thermolemente hinter der Fuge nahezu kein Unterschied zwischen verspachtelter und unerspachtelter Fuge feststellbar. (Diagramm 8-4)
- Hinter den vertikalen Trennfugen in den GKF-Platten an der Brettsperrholzwand ohne Fugenversatz waren keine erhöhten Verfärbungen oder Verkohlungen des Holzes feststellbar. Es ist daher zu vermuten, dass diese Ausführungsart geeignet ist, das Kapselkriterium einzuhalten. (Abbildung 3-32)

Wandelement aus Holzständerbau

- An der Elektroinstallationsdose im Holzständerbauelement direkt anliegend am Holzriegel war eine leichte Schwarzfärbung an der Ecke des Riegels feststellbar. Der verfärbte bzw. verkohlte Bereich beschränkte sich jedoch auf einen kleinen Bereich rund um die Dosenaustragung, es fand kein fortschreitendes Glimmen oder eine weitere Brandausbreitung statt. Die Verkohlungstiefe betrug ca. 3 mm. (Abbildung 3-31 rechts und Diagramm 8-6)
- Die Hölzer im Bereich der Leibungsfugen rund um das „Fenster“ zeigten alle eine oberflächliche Verfärbung bzw. Verkohlung. Diese Feststellung deckt sich mit den Temperaturmesswerten. Der Einfluss der Ausführungsarten „doppelter Stufenversatz“ und „einfacher Versatz“ war sehr gering. Die Ecken, bei denen nur die zweite (äußere) Lage der Bekleidungerspachtelt war, erwärmten sich deutlich stärker als die Ausführungsart miterspachtelung in beiden Lagen. (Abbildung 3-31 rechts und Diagramm 8-3)
- Die gemessenen Temperaturen auf der Holzoberfläche des Ständerwerks unter dem „Fensterrahmen“ blieben unter den Grenzen des Kapselkriteriums, es waren keine Verfärbungen bzw. Verkohlungen feststellbar. (Diagramm 8-3)
- Die Kunststoffanteile der im unteren Gefach eingebauten Elektroinstallationsmaterialien (Kabel und Hüllrohre) waren teilweise geschmolzen, aber nicht verfärbt oder verbrannt. Die dort gemessenen Temperaturen blieben mit ca. 110 °C deutlich unter den Grenzen des Kapselkriteriums (Diagramm 8-6).
- An der mit Mineralwolle ausgestopften und mit Brandschutzacrylerspachtelte Fuge zwischen Wand und Decke blieben die Temperaturen unter den Grenzen des Kapselkriteriums, es wurden keine Verfärbungen oder Verkohlungen festgestellt. (Diagramm 8-4)

3.1.8.4 Bewertung

- Die untersuchte Ausführungsart von Fensterleibungen mit einfacher Beplankung unter dem Rahmen ist geeignet zur Einhaltung des Kapselkriteriums.
- Die Ausführung von „vereinfachten Versätzen“ an Eckfugen ist geeignet unter dem Gesichtspunkt, dass auch Ausführungen mit „doppeltem Stufenversatz“ keine erkennbar besseren Ergebnisse liefern. Mit leichten Verfärbungen und Temperaturüberschreitungen im Eckbereich ist zu rechnen.
- Die Bekleidungslagen an Eckfugen von Leibungsecken sollten immer in beiden Lagen verspachtelt werden, unabhängig von der Art des Fugenversatzes. Es ist zu empfehlen, diese Regelung auch dann anzuwenden, wenn möglicherweise in Zukunft einige Prüfzeugnisse unerspachtelte Stöße in der Fläche erlauben sollten.
- Es erscheint als sinnvoll, in weiteren Versuchen zu überprüfen, ob der im hier zugrundeliegenden abP geforderte Fugenversatz in der Fläche notwendig ist. Bei der hier ausgeführten Variante ohne Fugenversatz sind keine stärkeren Verfärbungen aufgetreten, als sie auch sonst an Verbindungsmitteln im Bereich von Fugen zu erwarten sind.
- Die Ausführung von Wand/Deckenfugen in der hier untersuchten Bauart kann zur praktischen Umsetzung empfohlen werden. Eineerspachtelung der mit Mineralwolle fest verstopften Fuge ist aus optischen oder sonstigen Gründen möglich, aus brandschutztechnischer Sicht aber nicht unbedingt erforderlich. Die Dichtheit der Fuge wird durch die feste Verstopfung mit einem nichtbrennbaren Dämmstoff mit Schmelzpunkt ≥ 1000 °C gewährleistet.
- Der Einbau der hier verwendeten Elektroinstallationsmaterialien bewirkt keine Erhöhung der Entzündungsgefahr und der Gefahr von Brandweiterleitungen im Bauteilinneren.
- Die Ausführung von direkt an Holzbauteilen anliegenden Elektroinstallationsdosen in der hier untersuchten Bauweise mit einem Schutz durch eine Lage Brandschutzbekleidung kann trotz der lokal begrenzten Verletzung des Kapselkriteriums empfohlen werden.
- Die Ausführung der hier untersuchten Bauart von Elektroinstallationen im Brettsperrholz kann uneingeschränkt empfohlen werden. Eine zusätzliche Abdichtung der Kabelkanäle mit Brandschutzmasse ist nicht erforderlich.
- Die Verwendung von „Brandschutzdosen“ des Fabrikats KAISER kann für den Einbau in Brettsperrholz nicht uneingeschränkt empfohlen werden, da die Gefahr des Auftre-

tens von Glimm- und Hohlraumbränden im Kabelkanal nicht vollständig ausgeschlossen werden kann.

3.2 Brandgefahren durch eingebaute Elektroinstallationen

3.2.1 Einleitung

Maßgebend für die Planung, Ausführung und Beurteilung von fest eingebauten Elektroinstallationen in Holzbaukonstruktionen sind in Deutschland die zutreffenden elektrotechnischen Fachregeln, insbesondere die DIN VDE Normen und weitere VDE Richtlinien. Weiterhin in Bezug auf den Brandschutz zu beachten sind die MLAR und die die M-HFHolzR. Grundlegende Schutzziele und Anforderungen an Bauteile sind in der Musterbauordnung MBO bzw. den Bauordnungen der Länder festgelegt. Ein guter Überblick über die Ausführung und praktische Anwendung wird z. B. in der Elektrotechnik-Fachliteratur [1], [2], [3] gegeben.

Bei der Betrachtung und Bewertung des mit dem Einbau von Elektroinstallationen verbundenen Risikos ist eine strenge Unterscheidung zwischen dem Brandentstehungsrisiko infolge von elektrischen Defekten und dem möglichen Einbrand in die Konstruktion infolge eines Raumbrandes durch Aussparungen und Schwachstellen in der Brandschutzbekleidung erforderlich.

Beide Fälle können sich unter Umständen negativ auf die zu schützende Tragstruktur auswirken, die ggf. notwendigen Schutzvorkehrungen sind jedoch vollkommen unterschiedlich. Es ist außerdem eine getrennte Risikobetrachtung erforderlich.

In im Rahmen dieses Forschungsvorhabens geführten Gesprächen mit Fachleuten und Vertretern von Ausführungsunternehmen wurde häufig geäußert, Elektroinstallationen stellen ein besonderes Entzündungsrisiko dar und dürften daher nicht oder nur unter erheblichen Einschränkungen und zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen in hochfeuerhemmende Bauteile eingebaut werden. Nachfolgend soll eine Betrachtung und Einschätzung dieser Annahme erfolgen:

3.2.2 Bauordnungsrechtliche Betrachtung

Die MBO 2002 definiert in § 3 (1) folgende allgemeine Anforderung an die Sicherheit von baulichen Anlagen:

„Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.“

In § 14 werden diese allgemeinen Ziele in Bezug auf den Brandschutz präzisiert:

„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“

Aus diesen beiden Paragraphen lassen sich die folgenden konkreten Schutzziele zur *Anordnung, Errichtung, Änderung und Instandhaltung* von baulichen Anlagen ableiten:

- Löschbarkeit, d. h. Vermeidung unkontrollierbarer Hohlraumbrände
- Fluchtmöglichkeit für die Bewohner/Nutzer, d. h. Feuer und Rauch sollen sich nicht so schnell ausbreiten, dass deren selbsttätige Flucht behindert oder unmöglich wird.
- Ausreichende Standsicherheit im Brandfall: Es soll der Feuerwehr eine ausreichende und klar definierte Zeitspanne für Löscharbeiten und ggf. zur Rettung verbliebener Bewohner zur Verfügung stehen, ohne dass die Gefahr eines (auch teilweisen) Einsturzes des Gebäudes besteht.
- Vorbeugung der Brandentstehung
- Ausreichende Sicherheit gegen Brandausbreitung auf Nachbargebäude (für die hier vorliegende Fragestellung nicht relevant, wird als gegeben vorausgesetzt)

Die MBO enthält keine Anforderungen an nichttragende, nicht raumabschließende Bauteile, außer den Forderungen nach einer Vorbeugung der Brandentstehung und Brandausbreitung. Es besteht die Möglichkeit, sämtliche Elektroinstallationen ohne jeden besonderen konstruktionsseitigen Schutz in solche Bauteile einzubauen. Gleiches gilt für alle Arten von Einbaumöbeln und sonstigen Ausstattungsgegenständen.

Es bestehen zudem keine Anforderungen an die Brennbarkeit und die Oberflächenbeschaffenheit von solchen Bauteilen. Sie können demnach beliebig aus brennbaren Baustoffen, auch mit brennbaren Oberflächen, aufgebaut werden. Zudem können Brandlasten und Zündquellen in Form von Elektroinstallationen eingebracht werden. Um dem Schutzziel der Vorbeugung der Brandentstehung gerecht zu werden, sind daher Elektroinstallationen grundsätzlich so zu gestalten, dass von ihnen keine inakzeptabel hohe Gefahr in dieser Hinsicht ausgeht. Dies gilt immer und für alle Einbausituationen in baulichen Anlagen und wird durch die Anwendung der jeweils zutreffenden elektrotechnischen Fachregeln gewährleistet. Fachgerecht ausgeführte Elektroinstallationen sind daher als „hinreichend sicher“ zu betrachten, d. h. sie stellen kein über das gesellschaftlich akzeptierte Maß hinausgehendes Gefährdungspotential dar.

3.2.3 Aufgliederung der Brandrisiken infolge Elektroinstallationen

Elektroinstallationen können

- 1) Im Falle eines Defektes oder einer Beschädigung eine von ihnen selbst aufgrund ihrer elektrischen Funktion ausgehende Brandursache sein.
- 2) eine zusätzliche Brandlast im Bauteil darstellen (z. B. durch brennbare Isoliermaterialien).
- 3) durch Aussparungen z. B. für Hohlwanddosen Schwachstellen in der Brandschutzbekleidung darstellen, die zu einem erleichterten Eindringen eines Brandes von außen in die Konstruktion führen.
- 4) bei Durchdringungen von Bauteilen, an die Anforderungen hinsichtlich des Raumabschlusses gestellt sind, die raumabschließende Eigenschaft verringern oder aufheben.

Diese vier Fälle sind voneinander unabhängig und daher getrennt zu bewerten und das jeweils vorhandene Risiko durch entsprechende Maßnahmen auf ein gesellschaftlich akzeptables Maß abzusenken.

Zu 1) Bei Stromkreisen, die nicht durch Fehlerlichtbogen-Schutzschalter abgesichert sind, besteht bei mechanischer Beschädigung der Isolation von stromführenden Komponenten oder des Defekts solcher Komponenten die Gefahr, dass unter besonders ungünstigen Umständen für einige Sekunden stabil brennende Lichtbögen auftreten. Die dabei entstehenden hohen Temperaturen und Lichtbogenleistungen können unter Umständen direkt anliegende brennbare Materialien oder das Isoliermaterial entzünden. Es ist allerdings zu beachten, dass das Auftreten eines solchen Lichtbogens innerhalb einer ungestörten Kabelstrecke in hohem Maße unwahrscheinlich ist. Es wird in den weitaus meisten Fällen durch die vorhandenen Schutzeinrichtungen (Fehlerstrom- und Leitungsschutzschalter) verhindert, der Einbau zusätzlicher Fehlerlichtbogen-Schutzschalter senkt das Risiko des Auftretens von Lichtbögen auf nahezu Null. Das Risiko des Auftretens eines Lichtbogens in einem Verteilerkasten, Dose etc. an Klemmstellen ist evtl. etwas höher, hier liegen allerdings wiederum keine brennbaren Konstruktionswerkstoffe direkt an.

Es muss daher verhindert werden, dass ein solcher Lichtbogen einen selbsttätig fortschreitenden Kabelbrand auslöst. Diese Forderung wird erfüllt durch die Verwendung zugelassener und für den jeweiligen Einbaufall geeigneter Elektroinstallationsmaterialien.

Fehlerlichtbogen-Schutzschalter sind nach VDE nicht vorgeschrieben und zur Erreichung eines ausreichenden Schutzniveaus nicht erforderlich. Sie erhöhen den Schutz, bzw. die

Sicherheit eines Bauwerks über das mindestens vorgeschriebene Maß des „akzeptierten Risikos“. Für besonders schutzbedürftige Einrichtungen wie z. B. Krankenhäuser, Altenheime, Behindertenheime etc. kann daher deren Einbau empfehlenswert sein. Die Risikoverringerung liegt dabei weniger bei der fest eingebauten Installation, sondern vielmehr darin, dass angeschlossene Geräte, lose verlegte Steckerleisten, Verlängerungskabel u. ä. eine stark verringerte Gefahr darstellen. Langjährige Statistiken über die Entstehungsursachen von Bränden zeigen, dass die fest installierte Elektroinstallation nur mit wenigen Prozent zur Gesamtzahl von Schadensfällen beiträgt. Eine Statistik aus den USA über vier Jahre aus dem Zeitraum 1994 bis 1998 kommt zum Ergebnis, dass nur 3,1 % aller Gebäudebrände durch fest installierte Elektroinstallation ausgelöst wurden, fast genau so viele wie durch natürliche Ursachen wie z. B. Blitzschläge (2,4 %). Wesentlich größere Rollen spielen lose verlegte Kabel, defekte Haushaltgeräte und Brände infolge überhitzter Geschirre beim Kochen. (Abbildung 3-34, [14]) Für Deutschland ist diesbezüglich von ähnlichen Verhältnissen auszugehen. Zwar tragen Brände ausgelöst durch Elektrizität zu ca. 30 % zu der Gesamtzahl bei (Abbildung 3-33), dabei wird jedoch nur ein kleiner Teil durch fest eingebaute Installationen ausgelöst. Hierbei ist die Brandursache fast immer eine nicht fachgerechte Ausführung, stark veraltete Installationen, nachträgliche unsachgemäße Umbauten und Reparaturen durch Nutzer und Ähnliches. Ein wichtiger Grund dieser Unterschiede liegt darin, dass fest eingebaute Installationen nahezu keine wechselnde mechanische Beanspruchung außer bei ihrem Einbau aufzunehmen haben. Typische Brandursachen wie z. B. Lichtbögen infolge defekter Isolierungen treten vor allem an mechanisch beanspruchten Stellen auf. Beispiele hierfür sind Kabeleinführungen mobiler Elektrogeräte, lose verlegte Verlängerungskabel und Maschinen mit elektrischen Antrieben. Derartige fehlerauslösende mechanische Beanspruchungen treten bei fest eingebauten Installationen nicht auf, weshalb hier von einem wesentlich geringeren Fehlerrisiko bzw. einer deutlich höheren Lebensdauer auszugehen ist.

Nach heutigen Standards fachgerecht ausgeführte fest eingebaute Elektroinstallationen stellen keine über das allgemein gesellschaftlich akzeptierte Risiko hinausgehende Brandgefahr dar. Dies wird durch die Anwendung der jeweils zutreffenden elektrotechnischen Fachregeln („anerkannte Regeln der Technik“) garantiert. Die Aussage gilt grundsätzlich für alle Umgebungsbedingungen, für die es in Deutschland jeweils angepasste Fachregeln und Ausführungsbestimmungen gibt. Diese Regelungen haben den Zweck, für alle Bedingungen ein gleich niedriges Gefährdungsniveau zu schaffen. Spezielle Ausführungsbestimmungen existieren z. B. für brennbare Umgebungen, Installationen unter Wasser, explosionsgefährdete Bereiche oder solche in brennbarer Atmosphäre. Entscheidend ist daher immer die auf die jeweilige Einbausituation bezogene fachgerechte Ausführung, nicht die Situation an sich.

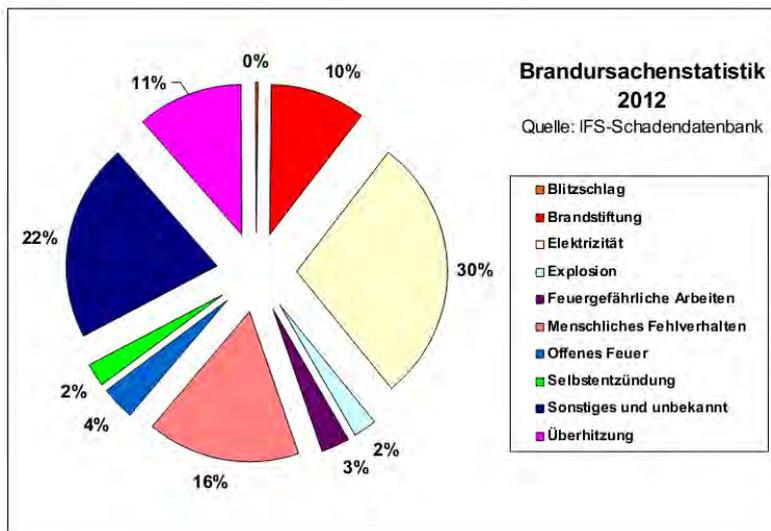


Abbildung 3-33 IFS Brandursachenstatistik 2012 [29]

Table 1 Causes of US structure fires (average per annum over the years 1994-1998)

Cause	Fires	Civilian deaths	Civilian injuries	Direct property damage (in Millions)
Cooking equipment	107,500 (19.0%)	339 (9.0%)	4,928 (23.1%)	\$514.7 (7.1%)
Stove	71,000 (12.5%)	248 (6.6%)	3,645 (17.1%)	\$282.9 (3.9%)
Oven	15,800 (2.8%)	25 (0.7%)	488 (2.3%)	\$71.4 (1.0%)
Incendiary or suspicious	90,300 (15.9%)	628 (16.8%)	2,468 (11.6%)	\$1,598.1 (22.1%)
Match	16,000 (2.8%)	70 (1.9%)	362 (1.7%)	\$168.5 (2.3%)
Unknown-type open flame	8,600 (1.5%)	46 (1.2%)	263 (1.2%)	\$162.2 (2.2%)
Heating equipment	70,100 (12.4%)	486 (13.0%)	1,828 (8.6%)	\$778.5 (10.8%)
Fixed space heater	18,300 (3.2%)	145 (3.9%)	402 (1.9%)	\$192.1 (2.7%)
Central heating unit	11,500 (2.0%)	50 (1.3%)	259 (1.2%)	\$111.1 (1.5%)
Chimney or flue	10,500 (1.8%)	13 (0.3%)	46 (0.2%)	\$65.3 (0.9%)
Water heater	8,400 (1.5%)	37 (1.0%)	379 (1.8%)	\$92.1 (1.3%)
Fireplace	7,800 (1.4%)	28 (0.7%)	114 (0.5%)	\$85.3 (1.2%)
Portable space heater	6,100 (1.1%)	178 (4.7%)	492 (2.3%)	\$135.6 (1.9%)
Other equipment	64,000 (11.3%)	298 (8.0%)	2,164 (10.2%)	\$1,045.8 (14.4%)
Electrical distribution	54,700 (9.6%)	372 (9.9%)	1,664 (7.8%)	\$971.4 (13.4%)
Fixed wiring	17,400 (3.1%)	138 (3.7%)	400 (1.9%)	\$359.0 (5.0%)
Light fixture or sign	8,700 (1.5%)	33 (0.9%)	162 (0.8%)	\$101.4 (1.4%)
Cord or plug	8,100 (1.4%)	99 (2.6%)	450 (2.1%)	\$149.2 (2.1%)
Appliances, tools, or air conditioning	39,200 (6.9%)	136 (3.6%)	1,223 (5.7%)	\$352.7 (4.9%)
Clothes dryer	18,100 (3.2%)	17 (0.5%)	418 (2.0%)	\$92.5 (1.3%)
Open flame, ember or torch	34,300 (6.0%)	138 (3.7%)	1,014 (4.8%)	\$456.0 (6.3%)
Torch	8,300 (1.5%)	15 (0.4%)	283 (1.3%)	\$190.6 (2.6%)
Open fire	6,200 (1.1%)	18 (0.5%)	93 (0.4%)	\$45.2 (0.6%)
Rekindle or reignition	5,800 (1.0%)	1 (0.0%)	5 (0.0%)	\$47.8 (0.7%)
Hot ember or ash	5,400 (1.0%)	16 (0.4%)	108 (0.5%)	\$66.2 (0.9%)
Smoking material	29,000 (5.1%)	850 (22.7%)	2,256 (10.6%)	\$341.0 (4.7%)
Cigarette	25,700 (4.5%)	735 (19.6%)	2,025 (9.5%)	\$292.6 (4.0%)
Exposure (to other hostile fire)	25,200 (4.4%)	35 (0.9%)	190 (0.9%)	\$358.1 (4.9%)
Convection or direct flame	9,400 (1.7%)	17 (0.5%)	77 (0.4%)	\$148.3 (2.0%)
Radiated heat	7,100 (1.3%)	10 (0.3%)	47 (0.2%)	\$57.5 (0.8%)
Child playing with fire	22,600 (4.0%)	296 (7.9%)	2,119 (10.0%)	\$271.2 (3.7%)
Match	8,700 (1.5%)	84 (2.2%)	634 (3.0%)	\$96.0 (1.3%)
Lighter	7,700 (1.4%)	140 (3.7%)	1,039 (4.9%)	\$110.2 (1.5%)
Other heat, flame, or spark	16,800 (3.0%)	152 (4.1%)	1,196 (5.6%)	\$263.1 (3.6%)
Candle	8,000 (1.4%)	95 (2.5%)	838 (3.9%)	\$112.7 (1.6%)
Natural causes	13,400 (2.4%)	16 (0.4%)	243 (1.1%)	\$291.4 (4.0%)
Lightning	7,700 (1.4%)	10 (0.3%)	63 (0.3%)	\$179.0 (2.5%)
Total	567,100	3,744	21,293	\$7,241.9

Abbildung 3-34 Brandursachen von Gebäudebränden in den USA, durchschnittliche Anzahl von Ereignissen pro Jahr aus den Jahren 1994 - 1998 [14]

Zu 2) Kabel und sonstige Installationsmaterialien hinter einer Brandschutzbekleidung können sich u. U. früher als das Holz durch Erwärmung entzünden und zum Brandgeschehen beitragen. Dieser Fall ist durch geeignete Wahl der verwendeten Materialien auszuschließen.

Installationsmaterialien, die nach DIN VDE 0100-482 für brennbare Umgebung zugelassen sind (mit *verbessertem Brandverhalten*), erfüllen diese Anforderung. Geprüft werden diese Materialien nach DIN 4102-1:1998-05 in Verbindung mit DIN 4102-16:1998-05.

Ein möglicher lokaler Brand, z. B. durch das Eindringen von Brandgasen in eine Installationsdose, darf sich nicht entlang von Leitungen selbsttätig ausbreiten („Zündschnureffekt“). Dieses selbstverlöschende Verhalten wird durch Installationsmaterial mit den o. g. Eigenschaften erfüllt. Entscheidend ist eine geeignete Auswahl von Isoliermaterialien, wobei hier in der Regel halogenfreie Kunststoffe zum Einsatz kommen. Diese „verschmoren“ zwar im unmittelbaren Bereich der Brandeinwirkung, brennen aber nicht selbsttätig weiter und tragen so nicht zu einer Brandausbreitung über den Brandentstehungsort hinaus bei. Dieses Materialverhalten wurde im Rahmen dieses Forschungsvorhabens auch im Brandversuch V4 (Abschnitt 3.1.8) nachgewiesen. Die hinter der Brandschutzbekleidung eingebauten Installationsmaterialien aus Kunststoff sind partiell geschmolzen, wurden aber nicht pyrolytisch zersetzt. Stellen, die direkt dem Brand ausgesetzt waren, sind verbrannt, haben den Brand aber nicht auf geschützte Bereiche weitergeleitet. Die temperaturabhängige Entzündbarkeit von Isoliermaterialien elektrischer Installationen wurde auch von *Novak* in [37] untersucht.

Zu 3) Schwachstellen in der Brandschutzbekleidung sind sinnvoll zu begrenzen. Durch geeignete Maßnahmen ist dafür zu sorgen, dass kein Brand durch Hohlwand Dosen, Kabeleinführungen und –ausführungen, Deckeneinbauleuchten etc. frühzeitig auf die Holzkonstruktion übergreift. Dieser Schutz kann z. B. durch geeignete Regelungen zu Abständen und Dosengrößen gewährleistet werden. Hierfür gibt die M-HFHolzR Regelungen vor. Verbesserte und konkretere Aussagen wurden in diesem Forschungsprojekt durch Versuche erarbeitet und sind in die Gestaltung der Konstruktionsdetails eingeflossen.

Zu 4) Sofern Bauteile eine bestimmte raumabschließende Funktion haben, ist dafür zu sorgen, dass die raumabschließende Eigenschaft auch an (Installations-) Durchdringungen erhalten bleibt. Hierfür sind geeignete und bauaufsichtlich zugelassene Abschottungen in geeignet gestaltete Öffnungen einzusetzen. Einzelne kleinere Installationen können unter Beachtung der Angaben in der *Muster-Leitungsanlagenrichtlinie – MLAR* auch ohne Abschottung durch solche Bauteile geführt werden.

3.2.4 Technische Regelwerke

Grundsätzlich maßgebend ist die VDE Richtlinie VDE 0100-482 „*Errichten von Niederspannungsanlagen – Brandschutz bei besonderen Risiken oder Gefahren*“, Abschnitt „*Elektroinstallationen in Hohlwänden und Gebäuden aus vorwiegend brennbaren Baustoffen*“. Hierin sind Anforderungen festgelegt, mit denen die Einhaltung der Schutzziele „Vorbeugung der Brandentstehung“ und „Sicherheit gegen Brandausbreitung“ sichergestellt wird. Aus elektrotechnischer Sicht gibt es keine Unterscheidung zwischen den jeweiligen bautechnischen oder brandschutztechnischen Aufgaben eines Bauteils (z. B. „tragend“, „raumabschließend“, „hochfeuerhemmend“ etc.), sondern die Regelungen beziehen sich ausschließlich auf die Brennbarkeit der verwendeten umgebenden Baustoffe und sind in jeden Einbaufall grundsätzlich zu beachten. Wie dies im Einzelnen zu geschehen hat, definiert die VDE-Richtlinie.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass ein ausreichendes Schutzniveau für den Bereich der E-Installation mit der Anwendung der DIN VDE 0100-482 und der dort zugrunde gelegten weiteren Regelwerke auch für den Bereich hochfeuerhemmender Holzbauteile gewährleistet ist. Der Schutz vor Brandeinwirkungen von außen ist nicht Gegenstand der elektrotechnischen Regelungen. Er kann durch eine geeignete Ausbildung der Brandschutzbekleidung auch im Bereich von Installationen gewährleistet werden.

Für die genauen Ausführungsbestimmungen wird auf die einschlägigen elektrotechnischen Regelwerke und entsprechende Fachliteratur verwiesen [1], [2], [3]. Wichtige Anforderungen nach DIN VDE 0100-482 sind unter anderem:

- Kabel und sonstige Kunststoffmaterialien mit „*verbessertem Brandverhalten*“ nach DIN VDE 0100-482 und DIN EN 61386-1, bedeutet „Schwerentflammbarkeit“, keine Brandweiterleitung, halogenfreie Isolierwerkstoffe, geringe Rauchentwicklung
- Hohlwanddosen nach DIN VDE 0606-1, Befestigung der elektrischen Betriebsmittel ohne Spreizkrallen, Zugentlastung der Kabel, schräge Kabeleinführung in die Dosen
- Hohlwand-Installationskleinverteiler nach DIN VDE 0603-1 speziell geeignet für brennbare Umgebung, oder geschützt durch Mineralwolle

3.2.5 Zusammenfassung

Aus den zuvor dargestellten Überlegungen ergibt sich, dass Elektroinstallationen auch in hochfeuerhemmenden Holzbauteilen nicht grundsätzlich auszuschließen sind oder einen seitens der elektrotechnischen Fachregeln nicht geforderten zusätzlichen Schutz („*nicht-brennbare Hüllrohre*“ u. ä.) benötigen. Nach den geltenden VDE-Richtlinien fachgerecht

ausgeführte Elektroinstallationen stellen kein besonderes, über das gesellschaftlich allgemein akzeptierte Maß hinausgehendes Risiko dar.

Die bautechnischen Kriterien „Raumabschluss“, „Isolation“ und „Kapselkriterium“ sind durch geeignete Ausführungsregelungen weiterhin einzuhalten. Hierzu maßgebend ist momentan die MLAR und M-HFHolzR als Stand der Technik. Die verbesserten Ansätze dieses Forschungsberichts bilden einen Beitrag zum Stand der Wissenschaft. Für die Zukunft ist anzustreben, verbesserte Regelungen in die bautechnischen Regelwerke wie die M-HFHolzR aufzunehmen.

3.3 Rechnerische Nachweise zum Wärme-, Feuchte- und Holzschutz

3.3.1 Wärme-, Feuchte- und Holzschutz der Außenwände

Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwände wurden gemäß DIN EN ISO 6946 berechnet. Dabei wurde bei den beiden Außenwänden in Holzständerbauweise von einem Achsmaß von 62,5 cm und einer Ständerbreite von 60 mm ausgegangen. Mit U-Werten zwischen $U = 0,140 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ und $U = 0,165 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ entsprechen die Außenwände den Empfehlungen des Passivhaus-Instituts.

Außenwand 1, Holzständerbau mit Putzfassade, entspricht dem Konstruktionsbeispiel aus DIN 68800-2, Bild A.5. Damit ist die Einordnung in die Gebrauchsklasse 0 nachgewiesen und kein weiterer feuchtetechnischer Nachweis erforderlich.

AW1		Außenwand mit Putzfassade, Holzständerbau		
Nr.	Schicht	Schichtdicke d [mm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]	Wärmedurchlasswiderstand R [m ² ·K/W]
innerer Wärmeübergangswiderstand R_{si} [m ² ·K/W]				0,13
1	Gipskartonfeuerschutzplatte	18	0,250	0,07
2	Gipskartonfeuerschutzplatte	18	0,250	0,07
3	Dampfbremse $s_d \geq 2 \text{ m}$			-
4a	Holzständer Breite 60 mm, Achsmaß 62,5 cm	240	0,130	1,85
4b	Mineralwolle	240	0,035	6,86
5	Gipskartonfeuerschutzplatte	12,5	0,250	0,05
6	Mineralwolle	40	0,035	1,14
7	Außenputz	10	1,000	0,01
äußerer Wärmübergangswiderstand R_{se} [m ² ·K/W]				0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U [W/(m²·K)]				0,140

Außenwand 2, Holzständerbau mit Holzfassade, entspricht dem Konstruktionsbeispiel aus DIN 68800-2, Bild A.3. Damit ist auch für diese Außenwand die Einordnung in die Gebrauchsklasse 0 nachgewiesen und kein weiterer feuchtetechnischer Nachweis erforderlich.

AW2		Außenwand mit Holzfassade, Holzständerbau		
Nr.	Schicht	Schichtdicke d [mm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]	Wärmedurchlasswiderstand R [m ² ·K/W]
innerer Wärmeübergangswiderstand R_{si} [m ² ·K/W]				0,13
1	Gipskartonfeuerschutzplatte	18	0,250	0,07
2	Gipskartonfeuerschutzplatte	18	0,250	0,07
3	Dampfbremse, $s_d \geq 2m$			-
4a	Holzständer Breite 60 mm, Achsmaß 62,5 cm	240	0,130	1,85
4b	Mineralwolle	240	0,035	6,86
5	Gipskartonfeuerschutzplatte	18	0,250	0,07
6	Gipskartonfeuerschutzplatte	18	0,250	0,07
7	Schalungsbahn, $s_d \leq 0,3 m$			-
8	Hinterlüftete Fassade			-
äußerer Wärmübergangswiderstand R_{se} [m ² ·K/W]				0,13
Wärmedurchgangskoeffizient U [W/(m²·K)]				0,165

Außenwand 3, Holzmassivbau mit Putzfassade, entspricht dem Konstruktionsbeispiel aus DIN 68800-2, Bild A.7. Damit ist für diese Außenwand ebenfalls die Einordnung in die Gebrauchsklasse 0 nachgewiesen und kein weiterer feuchtetechnischer Nachweis erforderlich.

AW3		Außenwand mit Putzfassade, Holzmassivbau		
Nr.	Schicht	Schichtdicke d [mm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]	Wärmedurchlasswiderstand R [m ² ·K/W]
innerer Wärmeübergangswiderstand R_{si} [m ² ·K/W]				0,13
1	Gipskartonfeuerschutzplatte	18	0,250	0,07
2	Gipskartonfeuerschutzplatte	18	0,250	0,07
3	Brettsperrholz	140	0,130	1,07
4	Gipskartonfeuerschutzplatte	12,5	0,250	0,05
5	Mineralwolle	180	0,035	5,14
6	Außenputz	10	1,000	0,01
äußerer Wärmübergangswiderstand R_{se} [m ² ·K/W]				0,04
Wärmedurchgangskoeffizient U [W/(m²·K)]				0,152

Außenwand 4, Holzmassivbau mit Holzfassade, entspricht dem Konstruktionsbeispiel aus DIN 68800-2, Bild A.4. Damit ist auch für diese Außenwand die Einordnung in die Gebrauchsklasse 0 nachgewiesen und kein weiterer feuchtetechnischer Nachweis erforderlich.

AW4		Außenwand mit Holzfassade, Holzmassivbau		
Nr.	Schicht	Schichtdicke d [mm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]	Wärmedurchlasswiderstand R [m ² ·K/W]
innerer Wärmeübergangswiderstand R_{si} [m ² ·K/W]				0,13
1	Gipskartonfeuerschutzplatte	18	0,250	0,07
2	Gipskartonfeuerschutzplatte	18	0,250	0,07
3	Brettsperrholz	140	0,130	1,07
4	Gipskartonfeuerschutzplatte	12,5	0,250	0,05
5	Mineralwolle	180	0,035	5,14
6	Schalungsbahn, $s_d \leq 0,3$ m			-
7	Hinterlüftete Fassade			-
äußerer Wärmeübergangswiderstand R_{se} [m ² ·K/W]				0,13
Wärmedurchgangskoeffizient U [W/(m²·K)]				0,150

3.3.2 Wärmebrückenberechnung der Anschlussdetails

Für die wichtigsten Anschlussdetails wurden die linearen Wärmedurchgangskoeffizienten ψ berechnet. Die Rechnungen wurden mit dem Programm Therm 6.3 [3] durchgeführt. Dabei wurden mit den in DIN EN ISO 10211 festgelegten Randbedingungen die Anschlussdetails mit den Wärmeleitfähigkeiten (siehe Tabellen in Abschnitt 3.3.1) modelliert und der Wärmedurchgang berechnet. In Excel erfolgte dann die Auswertung durch Subtraktion des Wärmedurchgangs im ungestörten Bauteil vom Gesamt-Wärmedurchgang (U-Factor Therm) gemäß DIN EN ISO 10211 nach der Formel:

$$\psi = L_{2D} - \sum U_j \cdot l_j \quad \text{mit:} \quad \begin{array}{l} L_{2D} \text{ thermischer Leitwert der 2-D-Berechnung} \\ U_j \text{ Wärmedurchgangskoeffizient des 1-D-Bauteils} \\ l_j \text{ Länge, für die der Wert } U_j \text{ gilt} \end{array}$$

Die Auswertungen sind im Anhang 8.3 zum Konstruktionskatalog (Kapitel 0) dargestellt. Der maßgebliche Wärmedurchgangskoeffizient ist jeweils fett gedruckt.

Dargestellt sind die linearen Wärmedurchgangskoeffizienten ψ sowohl für den Innenmaßbezug (ψ_i) als auch für den Außenmaßbezug (ψ_e). Es ist darauf zu achten, dass die gewählten ψ -Werte der sonstigen EnEV-Berechnung entsprechen. In den meisten Fällen wird das der Außenmaßbezug sein.

Weiterhin gibt es beim außenmaßbezogenen ψ -Wert bei den Varianten in Holzständerbauweise sowohl einen Bezug zum mittleren U-Wert U_m (Berücksichtigung von Gefach und Ständer) als auch zum U-Wert des Gefachs. Im Hinblick auf eine möglichst praxisnahe Berechnung wurde bei allen vertikal verlaufenden Wärmebrücken (z.B. bei Gebäudeecken und vertikalen Fensterlaibungen) ψ_e auf U_m bezogen, während bei horizontal verlaufenden Wärmebrücken (z.B. bei Anbindungen der Geschossdecke in Außenwand und bei Fundamenten) ψ_e in Bezug auf U_{Gefach} berechnet wurde.

Zur Erzielung von möglichst niedrigen Wärmebrückenverlusten an Fensteranschlüssen ist es sinnvoll, den Fensterrahmen teilweise zu überdämmen. Die mögliche Breite dieser Überdämmung ist von der Breite des Fensterrahmens abhängig. Bei den Fensteranschlüssen (*Fenster 1*, *Fenster 2*, *Fenster 3*) in Abschnitt 5.3.5 und den zugehörigen Wärmebrückenberechnungen im Anhang 8.3 wurde mit einer 80 mm breiten Überdämmung des Rahmens gerechnet, die Dämmstoffdicke ergibt aus der Dicke des WDVS, bzw. wurde mit 40 mm angenommen (*Fenster 2*).

3.4 Untersuchungen zum Schallschutz

3.4.1 Vorgehensweise

Als Basis für Schallschutzkennwerte im Bauteilkatalog der Bauteile in Abschnitt 5.2 wurden an Probekörpern typischer Konstruktionsbeispiele die Luftschalldämmungen im Schallprüfstand der MFPA Leipzig messtechnisch bestimmt. Um den Aufwand mit Rücksicht auf die zur Verfügung stehenden Forschungsmittel gering zu halten, wurden kleinformatische Wandprüfkörper für eine Prüfstandsöffnung mit Breite x Höhe = 1,25 m x 1,5 m angefertigt. An diesen erfolgten Schallprüfungen, aufgrund der kleinformatischen Abmessungen aber nur in Anlehnung an die Prüfnormen.

Für weitere Bauteilkonstruktionen musste auf Basis dieser Messwerte sowie anhand von Ergebnissen früherer Bauteilprüfungen, Erfahrungswerten und einschlägiger Literatur für die Luft- und Trittschalldämmungen eine Abschätzung vorgenommen werden. Aufgrund der Vielgestaltigkeit der Einflussfaktoren auf die schalldämmenden Eigenschaften im Holzbau sind die abgeschätzten Werte mit größeren Unsicherheiten behaftet.

Zur Einschätzung der schalltechnischen Eignung der betrachteten Bauteile für den Wohnungsbau werden die Schallschutzanforderungen des derzeit geltenden öffentlichen Baurechts in Deutschland herangezogen, wie in Abschn. 2.5 erläutert.

3.4.2 Schalldämmwerte und schalltechnische Eignung von Bauteilen

Für die in Abschnitt 3.4.3 betrachteten Bauteilkonstruktionen werden in Anlehnung an die Prüfnormen messtechnisch ermittelte Luftschalldämmungen ausgewiesen. Im Prüfstand mit unterdrückter Flankenübertragung wurde hierzu die Luftschalldämmung des jeweiligen Bauteils ohne den Einfluss flankierender Bauteile ermittelt (bewertetes Schalldämm-Maß R_w , als Prüfstandswert $R_{w,P}$).

Für die in Abschnitt 3.4.4 betrachteten Bauteilkonstruktionen werden für die Luft- und Trittschalldämmungen Schalldämmwerte angegeben, welche auf Basis der Messwerte gem. Abschnitt 3.4.5 und anhand von Ergebnissen früherer Bauteilprüfungen, Erfahrungswerten und einschlägiger Literatur abgeschätzt wurden.

3.4.2.1 Luftschalldämmung

Gemäß [s1], Abschn. 6.4.1 a) ist bei bewerteten Schalldämm-Maßen R_w von Wänden und Decken zwischen dem Prüfstandswert $R_{w,P}$ und dem für den Verwendungszweck erforderlichen Rechenwert des Bauteils $R_{w,R}$ ein Vorhaltemaß von 2 dB zu berücksichtigen.

Im eingebauten Zustand muss das jeweilige Bauteil den Anforderungswert erf. R'_w (mit Apostroph) einhalten. Hierbei sind die Einflüsse angrenzender (flankierender) Bauteile auf

die Schalldämmung zu berücksichtigen - wie in den derzeit gültigen Nachweisverfahren gemäß [s2] bzw. in den zukünftig absehbaren Nachweisverfahren gem. [s5] erläutert.

Der bauliche Schallschutz in Bezug auf die Luftschalldämmung, d.h. die schalltechnische Eignung des jeweiligen Bauteils ist unter folgender Bedingung erfüllt:

$$R_{w,R} \text{ abzüglich Korrekturen von Flankenübertragungen am Bau } \geq \text{ erf. } R'_w$$

Die Flankenübertragungen am Bau hängen besonders im Leicht- und Holzbau von der jeweiligen Einbausituation des Trennbauteils, d.h. von den Anschlüssen des Trennbauteils an die flankierenden Bauteile ab und können entsprechend variieren.

3.4.2.2 Trittschalldämmung

Die gemessene Trittschalldämmung von Decken im Prüfstand mit unterdrückter Flankenwegübertragung wird durch den bewerteten Norm-Trittschallpegel ohne Flankenübertragung $L_{n,w,P}$ gekennzeichnet. Die Trittschalldämmung für unter Baustellenbedingungen errichteten Decken wird, zunächst ohne Berücksichtigung von Flankenübertragungen, durch den Rechenwert $L_{n,w,R}$ gekennzeichnet. Am Bau tritt zusätzlich eine Schallübertragung über die flankierenden Bauteile (i.d.R. Wände) auf. Im eingebauten Zustand muss die Decke den für den Verwendungszweck erforderlichen Wert erf. $L'_{n,w}$ (mit Apostroph) einhalten.

Für diese Unterscheidungen sind entsprechende Korrekturwerte erforderlich.

- Korrektur zur Ermittlung des allein auf die Decke bezogenen Rechenwertes $L_{n,w,R}$ aus dem Prüfstandswert $L_{n,w,P}$ der unter günstigen Laborbedingungen hergestellten Decke
- Korrektur zur Ermittlung des Rechenwertes $L'_{n,w,R}$ der Decke am Bau unter Berücksichtigung der Einflüsse angrenzender (flankierender) Bauteile auf die Trittschalldämmung aus dem Rechenwert $L_{n,w,R}$ ohne diese Einflüsse.

Der bauliche Schallschutz in Bezug auf die Trittschalldämmung, d.h. die schalltechnische Eignung des jeweiligen Bauteils ist unter folgender Bedingung erfüllt:

$$L_{n,w,P} \text{ zuzüglich o. g. Korrekturwerte } \leq \text{ erf. } L'_{n,w}$$

Bei der in Abschn. 3.4.4 durchzuführenden Abschätzung wird ein Rechenwert $L_{n,w,R}$ für die jeweilige Decken zunächst ohne Flankenübertragungen geschätzt und mit Hilfe eines angesetzten Korrekturwertes für Flankenübertragungen in einen Rechenwert $L'_{n,w,R}$ der Decke am Bau umgerechnet.

Die Flankenübertragungen am Bau hängen besonders im Leicht- und Holzbau von der jeweiligen Einbausituation des Trennbauteils im Gebäude, d.h. von den Anschlüssen des Trennbauteils an die flankierenden Bauteile ab und können entsprechend variieren.

3.4.3 Messtechnisch untersuchte Bauteile

Für im Abschn. 3.4.3.1 aufgeführten untersuchten Bauteilkonstruktionen wurden die Luftschalldämmungen an kleinformatigen Wandprüfkörpern (1,48 m Höhe x 1,23 m Breite) im Prüfstand der MFPA Leipzig messtechnisch ermittelt.

Gemäß

[s8], [s9] müssen Wandprüfkörper in den Prüfständen eine Prüffläche von ca. 10 m² besitzen. Im Rahmen des Forschungsprojektes erfolgten die Prüfungen jedoch aus Kostengründen an kleinformatigen Wandprüfkörpern (H x B = 1,48 m Höhe x 1,23 m Breite; Prüffläche 1,88 m²). Zwischen den messtechnisch ermittelten Luftschalldämmungen der Wandprüfkörper und den entsprechenden Werten bei großformatigen Wänden mit sonst gleichem Aufbau sind begrenzte Abweichungen erwartbar.

3.4.3.1 Aufbau der Prüfkörper

Die konkreten Prüfkörperaufbauten, wie sie für die Schallprüfungen in der MFPA Leipzig angeliefert wurden, werden nachfolgend beschrieben:

Versuch 1 Prüfkörper TW 4 - Trennwand, zweischalig, Ständerbau

Aufbau von der Sendeseite zur Empfangsseite:

Schichtdicke	Bezeichnung
36 mm	2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF (jew. ca. 15 kg/m ²)
120 mm	Holzständer, B x T = 60 mm x 120 mm, Achsabstand 625 mm; Steinwolle vollflächig im Gefach, Rohdichte ca. 20 kg/m ³
12,5 mm	Gipskartonplatte (ca. 10 kg/m ²)
40 mm	Zwischenraum, vollständig gefüllt mit 40 mm Steinwolle, Rohdichte ca. 50 kg/m ³ , Zwischenraum bündig mit der durchgehenden Wandtrennfuge zwischen Send- und Empfangsraum
12,5 mm	Gipskartonplatte (ca. 10 kg/m ²)
120 mm	Holzständer, B x T = 60 mm x 120 mm, Achsabstand 625 mm; Steinwolle vollflächig im Gefach, Rohdichte ca. 20 kg/m ³ (sende- und empfangsseitige Holzständer zueinander gefachweise versetzt)
36 mm	2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF (jew. ca. 15 kg/m ²)

Versuch 2 Prüfkörper TW 2 - Trennwand, innen, Massivholz

Aufbau von der Sendeseite zur Empfangsseite:

Schichtdicke	Bezeichnung
36 mm	2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF (jew. ca. 15 kg/m ²)
30 mm	Stahl-Hutfederschienen, Achsabstand 625 mm; Luftraum im Gefach
140 mm	Brettsperrholzplatte
30 mm	Stahl-Hutfederschienen, Achsabstand 625 mm; Luftraum im Gefach
36 mm	2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF (jew. ca. 15 kg/m ²)

Versuch 3 Prüfkörper IW 2 - Innenwand, Holzmassivbau

Aufbau von der Sendeseite zur Empfangsseite:

Schichtdicke	Bezeichnung
36 mm	2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF (jew. ca. 15 kg/m ²)
140 mm	Brettsperrholzplatte
30 mm	Stahl-Hutfederschienen, Achsabstand 625 mm; Luftraum im Gefach
36 mm	2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF (jew. ca. 15 kg/m ²)

Versuch 4 Prüfkörper TW 1 - Trennwand, innen, zweischalig, Massivholz

Aufbau von der Sendeseite zur Empfangsseite:

Schichtdicke	Bezeichnung
36 mm	2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF (jew. ca. 15 kg/m ²)
30 mm	Stahl-Hutfederschienen, Achsabstand 625 mm; Luftraum im Gefach
100 mm	Brettsperrholzplatte
40 mm	Zwischenraum, vollständig gefüllt mit 40 mm Steinwolle, Rohdichte ca. 50 kg/m ³ , Zwischenraum bündig mit der durchgehenden Wandtrennfuge zwischen Sende- und Empfangsraum
140 mm	Brettsperrholzplatte
30 mm	Stahl-Hutfederschienen, Achsabstand 625 mm; Luftraum im Gefach
36 mm	2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF (jew. ca. 15 kg/m ²)

3.4.3.2 Prüfstand, Prüfverfahren, Messgeräte

Die Luftschalldämmungen der in Abschn. 3.4.3.1 beschriebenen Prüfkörper wurden im Prüfstand der MFPA Leipzig GmbH in Anlehnung ** an

[s8], [s9] mit den in Tabelle 2 genannten Messgeräten gemessen und nach [s11] bewertet. Bei dem Prüfstand mit den horizontal angrenzenden Nachhallräumen (Sende- und Empfangsraum) handelt es sich um einen Prüfstand mit unterdrückter Flankenübertragung (Prüfstand gem. [s10]). Die Prüffläche S der Prüföffnung betrug 1,88 m² (1,50 m Höhe x 1,25 m Breite).

**) „In Anlehnung an“: Die Messdurchführung erfolgte nach DIN EN ISO 10140.

Für Wände muss die Prüffläche ca.10 m² betragen. Die Prüfflächen der untersuchten Wandprüfkörper waren jedoch deutlich kleiner, somit erfolgten die Prüfungen insgesamt in Anlehnung an DIN EN ISO 10140.

Die Ermittlung des Schalldämm-Maßes R wurde mit Breitbandrauschen für jede Terz-Mittenfrequenz von 50 – 5000 Hz über die zur Verfügung stehende Prüffläche vorgenommen. Das Schalldämm-Maß R für das Prüfobjekt ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$R = L_1 - L_2 + 10 * \lg(S/A)[dB]$$

Hierin bedeuten:

- L_1 mittlerer Schalldruckpegel im Senderraum in dB
- L_2 mittlerer Schalldruckpegel im Empfangsraum in dB
- S Fläche des Prüfobjektes in m^2
- A äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum in m^2

Die äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum wurde anhand von 12 Nachhallzeitmessungen terzweise nach folgender Gleichung ermittelt:

$$A = 0,16 * V/T$$

Hierin bedeuten:

- V Volumen des Empfangsraumes in m^3
- T Nachhallzeit im Empfangsraum in s

Tabelle 3-1 verwendete Messgeräte

Gerät	Typ	Hersteller
Echtzeitanalysator mit Rauschgenerator	840	Norsonic
Freifeldmikrofon	1220	Norsonic
Vorverstärker	1201	Norsonic
Kalibrator	4231	B & K
Leistungsverstärker	235	Norsonic
Lautsprecherkombination (Dodekaeder)	229	Norsonic
Mikrofon-Schwenkanlage, Fernsteuerung	252, 253	Norsonic

Die Messgeräte werden regelmäßig geeicht, vor und nach jeder Messung wird die Messkette kalibriert. Die MFPA Leipzig nimmt regelmäßig an den Vergleichsmessungen für Prüfstellen der Gruppe I (Eignungsprüfstellen) der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) Braunschweig teil (zuletzt im Jahr 2013).

3.4.3.3 Messergebnisse

In nachfolgender Tabelle 3 werden die für die in Abschn. 3.4.4.1 beschriebenen Prüfkörper ermittelten bewerteten Schalldämm-Maße $R_{w,P}$ mit Spektrum-Anpassungswerten - jeweils für den Frequenzbereich 100 bis 3150 Hz angegeben. Weiterhin werden die sich aus den Prüfstandswerten $R_{w,P}$ ergebenden Rechenwerte $R_{w,R}$ ausgewiesen.

Die Rechenwerte $R_{w,R}$ als Ausgangswerte zur Einschätzung der schalltechnischen Bauteileignung ergeben sich aus den Prüfstandswerten $R_{w,P}$ durch Abzug des Vorhaltemaßes von 2 dB (s. Abschn. 3.4.2.1).

Die Einschätzung der schalltechnischen Bauteileignung erfolgt in Abschn. 3.4.3.4.

Anmerkung Spektrum-Anpassungswerte: Die Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} nach [s11] sollen das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w anpassen an das A-Spektrum von Wohnlärm und hinsichtlich Außenlärm an Straßenverkehrslärm mit hoher Fahrzeuggeschwindigkeit (beim C -Wert) und Straßenverkehrslärm des Stadtverkehrs (beim C_{tr} -Wert). Sie sind nur informativ angegeben; derzeit gelten in der Bundesrepublik Deutschland als Bewertungsgrundlage im öffentlichen Baurecht [s1] die Spektrum-Anpassungswerte nicht.

Die grafischen und tabellarischen Darstellungen der Messwerte im Prüfstand in Abhängigkeit von der Frequenz sind in den in Tabelle 3-2 genannten Anlagen aufgeführt.

Tabelle 3-2 Prüfergebnisse

Versuch Nr.	Prüfobjekt	Luftschalldämmung		siehe Anlage
		Messwerte Prüfstand $R_{w,P}$ ($C;C_{tr}$) [dB]	Rechenwert $R_{w,R}$ [dB]	
1	TW 4 - Ständerbau-Trennwand, zweischalig	66 (-3;-9)	64	1
2	TW 2 - Trennwand, innen, Massivbau	51 (-2;-9)	49	2
3	IW 2 - Innenwand, Massivbau, tragend	49 (-2;-7)	47	3
4	TW 1 - Trennwand, innen, Massivbau	67 (-3;-9)	65	4

3.4.3.4 Einschätzung der schalltechnischen Eignung für den Wohnungsbau

In Tabelle 3-3 erfolgt die Einschätzung der schalltechnischen Bauteileignung für den Wohnungsbau. In Anlehnung an den vereinfachten Luftschallschutz-Nachweis für den Skelett- und Holzbau gemäß [s2] wird vom Rechenwert ohne Flankenübertragung gemäß Tabelle 3-2, $R_{w,R}$, ein Korrekturwert je nach vorliegender Flankenübertragung (siehe Abschn. 3.4.2.1) abgezogen. Ein Korrekturwert von 3 dB als pauschaler Wert für im Wohnungsbau häufig vorkommende Regelfälle wird im Nachfolgenden angesetzt. Anhand des so abgeschätzten Wertes $R'_{w,R}$ für die Luftschalldämmung des Bauteils am Bau und der in Abschn. 2.5 genannten Anforderungswerte des öffentlichen Baurechts erfolgt die Einschätzung, für welche Anwendungen im Wohnungsbau das jeweilige Bauteil im Regelfall geeignet sein kann.

Die tatsächliche Eignung ist für jeden konkreten Fall durch einen Schallschutznachweis zu prüfen.

Tabelle 3-3 Einschätzung der schalltechnischen Bauteileignung für den Wohnungsbau

Prüfobjekt	Luftschalldämmung		geeignet für (für den Einzelfall zu prüfen)
	$R_{w,R}$ gem. Tabelle 3-2 [dB]	geschätzter Rechenwert am Bau $R'_{w,R}$ [dB]	
TW 4 - Ständerbau-Trennwand, zweischalig	64	61	Wohnungstrennwände, Treppenraumwände, Wände neben Hausfluren
TW 2 - Trennwand, innen, Massivbau	49	46	-
IW 2 - Innenwand, Massivbau, tragend	47	44	-
TW 1 - Trennwand, innen, Massivbau	65	62	Wohnungstrennwände, Treppenraumwände, Wände neben Hausfluren

3.4.4 Abschätzung der Luft- und Trittschalldämmung weiterer Bauteilaufbauten

Nachfolgend werden in Tabelle 3-4, weitere typische Bauteilkonstruktionen des mehrgeschossigen Holzbaus genannt und dafür Schalldämm-Werte als Rechenwerte $R_{w,R}$ und $L_{n,w,R}$ ohne Flankenübertragung abgeschätzt (siehe Abschn.3.4.2). Aufgrund der Vielgestaltigkeit der Einflussfaktoren auf die schalldämmenden Eigenschaften sind die abgeschätzten Werte mit größeren Unsicherheiten behaftet.

Anhand der so ermittelten Werte für die Schalldämmungen der Bauteile im eingebauten Zustand - $R'_{w,R}$ und $L'_{n,w,R}$ - und der in Abschn. 2.5 genannten Anforderungswerte des öffentlichen Baurechts erfolgt in Tabelle 3-4 die Einschätzung, für welche Anwendungen im Wohnungsbau das jeweilige Bauteil im Regelfall geeignet sein kann. Die tatsächliche Eignung ist für jeden konkreten Fall durch einen Schallschutznachweis zu prüfen.

Rechenwert für die luftschalltechnische Einschätzung:

In Analogie zum Ansatz gemäß Abschn. 3.4.3.4 wird vom geschätzten Rechenwert ohne Flankenübertragung $R_{w,R}$ ein Korrekturwert von 3 dB für die Flankenübertragungen abgezogen, um zum Wert $R'_{w,R}$ für den Zustand am Bau zu gelangen.

Rechenwert für die trittschalltechnische Einschätzung:

Wie in Abschn. 3.4.2.2 erläutert, wird für den bewerteten Norm-Trittschallpegel der jeweiligen Decken ohne Flankeneinflüsse ein Rechenwert $L_{n,w,R}$ geschätzt und mit Hilfe eines Korrektursummanden für Flankenübertragungen in einen geschätzten Rechenwert $L'_{n,w,R}$ der Decke am Bau umgerechnet. Aufgrund der großen Variationsbreite im Leicht- und Holzbau kann der Ansatz des Korrektursummanden nur beispielhaft für häufig im Woh-

nungsbau vorkommende Regelfälle erfolgen. Da zur Umrechnung von $L_{n,w,R}$ in $L'_{n,w,R}$ bei leichten Holzdecken derzeit keine genormten Verfahren existieren, wird bei der Abschätzung u.a. auf Normentwürfe, z.B. [s5], zurückgegriffen. Unter Bezugnahme auf [s5] wird für typische Situationen im Nachfolgenden als pauschaler Wert ein Korrektursummand 5 dB angesetzt.

Tabelle 3-4 Abschätzung von Bauteil-Kennwerten zur Schalldämmung und Einschätzung der schalltechnischen Bauteileigenschaft für den Wohnungsbau

Bauteil	Geschätzte Rechenwerte Schalldämmungen				geeignet für *)
	ohne Flankenübertragung		mit Flankenübertragung		
	bew. Schalldämm-Maß $R_{w,R}$ [dB]	bew. Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,R}$ [dB]	bew. Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ [dB]	bew. Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w,R}$ [dB]	
AW 1 - Außenwand mit Putzfassade, Ständerbau	ca. 47	-	ca. 44	-	LPB IV **)
AW 2 - Außenwand mit Holzfassade, Ständerbau	ca. 49	-	ca. 46	-	LPB V **)
AW 3 - Außenwand mit Putzfassade, Massivbau	ca. 39	-	ca. 36	-	LPB III **)
AW 4 - Außenwand mit Holzfassade, Massivbau	ca. 40	-	ca. 37	-	LPB III **)
IW 1 - Innenwand, Ständerbau	ca. 46	-	ca. 43	-	-
TW 3 - Trennwand, innen, Ständerbau – ohne Holzwerkstoffplatte	Variante Feder-schiene ca. 55	-	Variante Feder-schiene ca. 52	-	Treppenraumwände, Wände neben Hausfluren
	Variante Holzleiste ca. 48	-	Variante Holzleiste ca. 45	-	-
TW 3 - Trennwand, innen, Ständerbau – mit Holzwerkstoffplatte	Variante Feder-schiene ca. 58	-	Variante Feder-schiene ca. 55	-	Wohnungstrennwände, Treppenraumwände, Wände neben Hausfluren
	Variante Holzleiste ca. 53	-	Variante Holzleiste ca. 50	-	-
TW 5 - Trennwandwand von notwendigen Treppenträumen oder brandersatzwand	ca. 48	-	ca. 45	-	-
TW 6 - Treppenhauswand, Holzmassivbau	ca. 59	-	ca. 56	-	Wohnungstrennwände, Treppenraumwände, Wände neben Hausfluren
TD 1 - Trenndecke, Balkenbauweise	ca. 60	ca. 48	ca. 57	ca. 53	für alle Decken gem. Abschn.2.5.2 (außer Terrassen, Loggien mit Witterungseinflüssen)
TD 2 - Trenndecke, Massivbau	ca. 58	ca. 47	ca. 55	ca. 52	
TD 3 - Trenndecke, Massivbau	ca. 58	ca. 48	ca. 55	ca. 53	

*) für den Einzelfall zu prüfen; Angabe der Lärmpegelbereiche (LPB) für den Fall, dass die Fassade ausschließlich aus dem betreffenden Bauteil besteht

**) Aufenthaltsräume in Wohnungen bis Lärmpegelbereich LPB gemäß [s1], Tab. 8

3.4.5 Einfluss von Bauteilanschlüssen und anderen baulichen Details auf die Schalldämmung in Gebäuden

Zur Einhaltung der an das jeweilige Bauteil gestellten Schallschutzanforderungen sind neben einer geeigneten Bauteilkonstruktion an sich auch geeignete Anbindungen des jeweiligen Bauteils an die flankierende Bauteile (s. Abschn.3.4.5.2) sowie geeignete Ausführungen anderer baulicher Details (s. Abschn.3.4.5.1) erforderlich.

3.4.5.1 Allgemeine schalltechnische Hinweise

Durch schalltechnisch mangelhafte Ausführungen von baulichen Details können beim Einsatz ansonsten geeigneter Bauteilkonstruktionen die geforderten Schallschutzanforderungen ggf. erheblich verfehlt werden. Es folgen Hinweise für einige entscheidende bauliche Details.

- Allgemein ist auf die luftdichte Ausführung der Bauteile und Bauteilanschlüsse zu achten. Undichtigkeiten können die geplante Schalldämmung von Baukonstruktionen erheblich beeinträchtigen.
- Hohlraumbedämpfungen in mehrschaligen Bauteilen (eingelegte Faserdämmstoffe z.B. in mehrschaligen Wänden, Wandvorsatzschalen, Unterdecken) müssen einen längenbezogenen Strömungswiderstand r von 5 bis 50 kPa·s/m² besitzen [s6].
- Bei Fußböden mit schwimmenden Estrichen ist auf eine Ausführung ohne Schallbrücken zu achten.
- Die Rohdeckenoberflächen und die Sockelbereiche von Wänden, Stützen und anderen die Decke kreuzenden Bauteilen müssen vor dem Einbau der schwimmenden Estriche ausreichend eben sein und dürfen keine punktförmigen Erhebungen, Mörtelreste o.ä. aufweisen.
- Zur Trennung des Estrichs von den angrenzenden Wänden, Stützen und anderen die Decke kreuzenden Bauteilen sind geeignete Randdämmstreifen z. B. aus Mineralfaser mit mindestens 10 mm Dicke oder aus PE-Schaum mit mindestens 5 mm Dicke einzubauen. Fußbodenkleber u.ä. darf nicht in die Randdämmstreifenfuge gelangen. Die Randdämmstreifen müssen von Oberkante Rohdecke bis zur Oberkante des Oberbelages reichen bzw. bei gefliesten Böden bis Oberkante Sockelfliesen. Die überstehen-

den Teile des Randdämmstreifens dürfen nicht schon nach Estrichlegung abgeschnitten werden.

- In Trittschalldämmschichten dürfen ohne geeignete Maßnahmen keine Installationen (z.B. Heizungsrohre) verlaufen. Ggf. ist eine Höhenausgleichsschicht als Installations-ebene unter der Trittschalldämmung erforderlich.
- Für gute Trittschalldämmwerte müssen die Trittschalldämmstoffe möglichst geringe dynamische Steifigkeiten s' aufweisen. Bei Nassestrichen können Trittschalldämmungen mit einer dynamischen Steifigkeit $s' < 10 \text{ MN/m}^3$ eingesetzt werden. In Bezug auf möglichst geringe dynamische Steifigkeiten bei gleichzeitig geringer Schichtdicke sind Trittschalldämmungen aus Mineralwolle gegenüber Produkten aus Polystyrol häufig im Vorteil.

Bei haustechnischen Installationen ist u. a. folgendes zu beachten:

- Rohrleitungen sind körperschallentkoppelt (z.B. über Federelemente) zu montieren. Zwischen den Rohrleitungen und Bauteilen (Wände, Decken, Stützen, Gestelle für Installationen usw.) dürfen keine starren Verbindungen auftreten. Abwasserleitungen dürfen in schutzbedürftigen Räumen nicht frei verlegt werden, sondern sind durch Trockenbau (Gipskarton + Mineralwolle) abzukoffern.
- Fugen im Durchtritt von Rohrleitungen und Kanäle durch schalldämmende Trennbau-teile sind luftdicht zu verschließen.
- Für haustechnische Geräte ist ggf. eine geeignete körperschallentkoppelte Aufstellung erforderlich, z.B. über Federelemente oder bei hohen Anforderungen über elastisch gelagerte Zwischenfundamente.
- Als Beispiele für Regelwerke für die schalltechnische Planung von haustechnischen Anlagen sind u.a. [s13], [s14] und [s15] zu nennen.

3.4.5.2 Bauteilanschlüsse

Für typische Anschlüsse schalldämmender Bauteile an flankierende Bauteile im mehrgeschossigen Holzbau sind in Abschnitt 5 Zeichnungen für Konstruktionsbeispiele abgebildet. Die Eignung des jeweiligen Anschlussdetails ist für jeden konkreten Einzelfall durch Schallschutznachweis zu prüfen.

Bei Einsatz von elastischen Lagern unter Bauteilen wie z.B. Wänden ist zu beachten, dass vom Hersteller geeignete Verwendbarkeitsnachweise im Sinne der Bauordnung beigebracht werden müssen.

In Bezug auf die flankierende Luft- und Trittschallübertragung sind relevante Verbesserungen durch Einsatz der elastischen Lager erreichbar (z.B. 6 dB beim Trittschall und 8 dB beim Luftschall [43]). Auch insgesamt können dadurch je nach Bausituation relevante Verbesserungen der Luft- und Trittschalldämmung erreicht werden.

Beim Trittschallschutz im Holzbau ist jedoch anzumerken, dass auch bei Einhaltung der öffentlich-rechtlichen Anforderungswerte je nach Verhalten der Decken im tieffrequenten Bereich unter 100 Hz Trittschallgeräusche durch Bewohner häufig als besonders belästigend empfunden werden. Bei Einbeziehung des tieffrequenten Bereiches unter 100 Hz können durch die elastischen Lager teilweise deutlich geringere Verbesserungen bzw. keine Verbesserungen eintreten.

4 Empfehlungen und Fazit der Untersuchungen

4.1 Einleitung

Es konnten in den durchgeführten Brandversuchen alle zuvor identifizierten Fragestellungen abgedeckt und größtenteils beantwortet werden. Aus den Messwerten und optischen Beurteilungen der Versuchskörper ließen sich gegenüber den bestehenden Konstruktionsweisen verbesserte Bauarten für Fugenausbildungen und den Einbau von haustechnischen Installationen ableiten. Dazu wurden vorliegende Konstruktionsprinzipien verbessert, aber auch gänzlich neue Bauweisen wie z. B. für den Einbau von Installationen in Brettsper Holz untersucht und deren Eignung nachgewiesen.

Alle theoretischen Überlegungen und Untersuchungen aus Abschnitt 3.2, die Voruntersuchungen aus Abschnitt 2, sowie die bauphysikalischen und schallschutztechnischen Anforderungen sind ebenfalls mit in die hier vorgestellten Empfehlungen und darauf basierten Bauteile und Konstruktionsdetails in Abschnitt 5 eingeflossen.

4.2 Fugenausbildungen für Wand/Deckenfugen

Die untersuchten Fugentypen I und II (vgl. Abbildung 4-1, siehe auch Abbildung 3-29) sind beide aus brandschutztechnischer Sicht geeignet. Es konnte gezeigt werden, dass sowohl Fugenspaltverfüllungen mit Brandschutzschaum als auch mit einem fest verstopften nicht-brennbaren Dämmstoff mit Schmelzpunkt ≥ 1000 °C eine ausreichende Dichtungswirkung ergeben. Eine mögliche Verspachtelung der brandraumseitigen Fugenoberfläche dient somit nur baudekorativen Zwecken und ist nicht als brandschutztechnisch relevant zu betrachten. Es können außerdem baupraktisch übliche Eckfugendeckstreifen u. ä. zusätzlich angebracht werden. In Hinblick auf einen möglichst einfachen und praktikablen Montageablauf erscheint Typ II als vorteilhafter gegenüber Typ I (Abbildung 4-1 a) und b)).

Bei Verwendung von Brandschutzbekleidungen aus 12,5 mm und 25 mm starken Gipsplatten wird alternativ die Ausführungen entsprechend Abbildung 4-1 e) empfohlen. Eine weitere Alternativmöglichkeit bildet die Fugenausführung entsprechend Abbildung 4-1 f). Wegen der fehlenden Montagetoleranz erscheint diese Ausführungsart allerdings in praktischer Hinsicht als weniger günstig gegenüber den Varianten a) und b)).

Für Anschlüsse von unbedeckten Massivholzdecken an bedeckte Wandkonstruktionen kann ein stumpfer Stoß der Wandbedeckung an die Decke verwendet werden. Wenn Elastomerlager zwischen Wand und Decke verwendet werden sollen, wird aus schallschutztechnischen Gründen empfohlen, einen Fugenspalt zu lassen und diesen entsprechend des Fugentyps II mit elastischen Füllmaterialien zu verschließen (Abbildung 4-1 c) und d)).

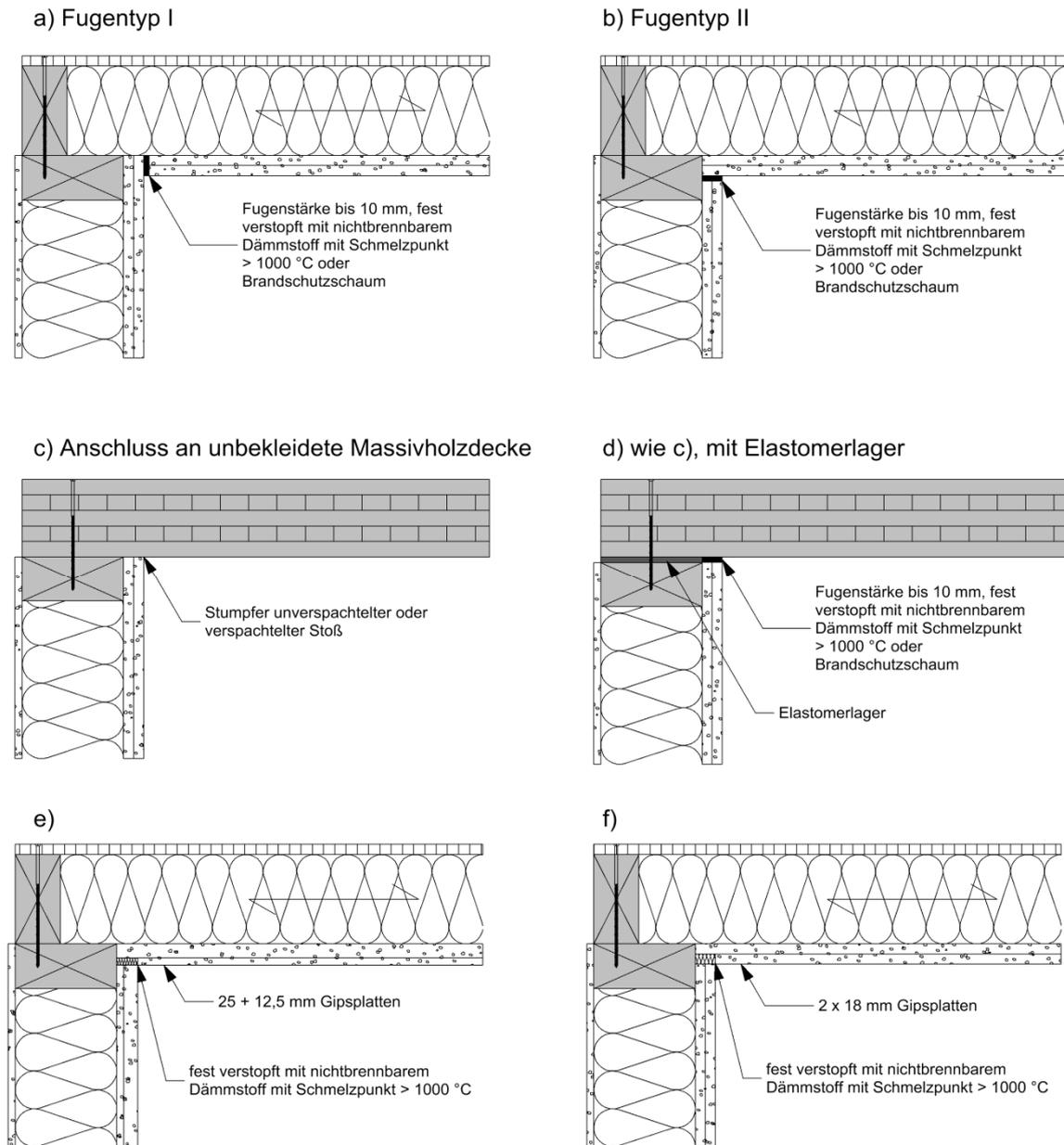


Abbildung 4-1 Empfohlene Ausführungsarten für Wand/Deckenfugen

4.3 Ausführungen von Eckfugen in Brandschutzbekleidungen

Nach den Versuchsergebnissen von Brandversuch V4 ergibt ein „doppelter Stufenversatz“ gemäß M-HFHolzR keinen nennenswerten Vorteil gegenüber dem vergleichsweise untersuchten „einfachen Versatz“. Der einfache Stufenversatz wurde bereits zuvor in Prüfungen an der MPA Braunschweig an Leibungsecken verwendet [31], [32]. Auch hier wurde festgestellt, dass es zwar zu leichten Braunfärbungen im Eckbereich kommen kann, diese Tatsache jedoch keinen wesentlichen Einfluss auf die Einhaltung der Schutzziele hat. Wichtig ist dagegen die Verspachtelung beider Bekleidungs-lagen im Eckbereich. Alle Eckfugen erhalten prinzipbedingt aufgrund der vorliegenden geometrischen Wärmebrücke gegenüber der Fläche erhöhte Temperaturen. In allen Konstruktionsdetails mit Eckenfugen in der

Brandschutzbekleidung wurden daher - soweit es auch aus anderen Gründen als sinnvoll erschien – einfache Eckfugenversätze verwendet. (vgl. Abbildung 3-2)

4.4 Einbau von Fenstern und Türen

Im Brandversuch V4 wurde festgestellt, dass eine Lage 18 mm Brandschutzbekleidung zwischen dem Fensterrahmen und der tragenden und daher zu schützenden Holzkonstruktion ausreichend ist. Verwendet wurde hierbei der Rahmenquerschnitt 80 x 80 mm. Für praktische Anwendungen kann der Rahmen in der Breite reduziert werden, z. B. auf 68 mm. Über das Verhalten von Fenstern aus anderen Materialien kann an dieser Stelle keine direkte Aussage getroffen werden. Es ist daher nach aktuellem Kenntnisstand davon auszugehen, dass insbesondere bei Verwendung von Kunststofffenstern wie bisher üblich zwei Lagen Brandschutzbekleidung zwischen Fensterrahmen und Holztragstruktur eingebaut werden müssen. Entsprechende baukonstruktive Vorschläge zum Einbau von Holzfenstern und -türen wurden in den Detailkatalog aufgenommen.

Für den Einbau von Türen (auch klassifizierte Türen mit definiertem Feuerwiderstand) wird eine der flächigen Brandschutzbekleidung gleichwertige Leibungsbekleidung umlaufend um die Rohbauöffnung angeordnet. In dieser Öffnung kann anschließend eine Tür bzw. ein sonstiger Brandschutzabschluss gemäß den Einbauvorschriften des Herstellers bzw. dem zugehörigen Verwendbarkeitsnachweis eingebaut werden.

4.5 Haustechnische Installationen

4.5.1 Allgemeines

Zum Einbau haustechnischer Installationen in hochfeuerhemmende Holzbauteile ist aktuell grundsätzlich die M-HFHolzR zu beachten. Elektrische Installationen werden in dieser Richtlinie beschränkt zugelassen, sonstige Installationen wie Rohrleitungen sind nach aktuellem Stand ausgeschlossen. In diesem Abschnitt werden weiterführende Vorschläge zur Ausführung von Installationen bei gleichzeitiger Einhaltung aller Schutzziele im Brandschutz gemacht. Diese basieren auf den Grundlagen der M-HFHolzR sowie den in diesem Forschungsvorhaben durchgeführten Versuchen und theoretischen Überlegungen. Die vorgestellten Bauweisen stellen somit keinen direkten baurechtlichen Verwendbarkeitsnachweis dar, können aber als Basis für eine zukünftige Überarbeitung der technischen Regelwerke dienen. Für die praktische Anwendung ist in jedem Fall ein baurechtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich. Die dargestellten Konstruktionen können als Grundlage zur Erstellung solcher Nachweise dienen.

Unabhängig von brandschutztechnischen Randbedingungen ist es nicht zu empfehlen, umfangreichere haustechnische Installationen in tragenden und daher hochfeuerhemmend auszuführenden Bauteilen einzubauen. Dies ergibt sich in erster Linie aus praktischen Erwägungen hinsichtlich Montage, Bauablauf und Zugänglichkeit für Wartung und Reparaturen. Größere Rohre, Ansammlungen von Elektroleitungen, Lüftungsleitungen und Ähnliches sollten in dafür vorgesehenen Schächten, Kanälen oder Vorwandinstallationen untergebracht werden. Diese Bauweise ist auch in anderen Konstruktionsarten, insbesondere im mineralischen Massivbau, üblich und verbreitet.

Bei kleineren Installationen wie beispielsweise Elektroleitungen zu Schaltern und Steckdosen, einzelne Rohre zu Heizkörpern und Waschbecken etc. ist es dagegen oft sinnvoll, sie direkt in den tragenden Bauteilen einzubauen. Auf diese Weise können zusätzliche Arbeitsschritte und Materialaufwand wie z. B. für die Montage von Vorsatzschalen eingespart werden.

Die sinnvolle Anordnung und Verteilung von haustechnischen Installationen unterscheidet sich für den mehrgeschossigen Holzbau nicht grundsätzlich von bewährten Prinzipien im Stahl- oder mineralischen Massivbau. Typisch und für die meisten Fälle gut geeignet ist eine vertikale Erschließung mit Installationsschächten, davon geschossweise abzweigend Unterverteilungen für die einzelnen Nutzeinheiten. Wichtige Installationsbereiche wie Bäder und Küchen sollten vertikal übereinander angeordnet werden, je nach Grundriss können auch mehrere solche Einrichtungen in einem Geschoss denselben Installationsschacht nutzen.

Oft ist es sinnvoll, die horizontale Feinverteilung von Heizungsleitungen und Elektroinstallationen auf dem Rohfußboden in einer Dämm- bzw. Schüttungsschicht vorzunehmen. In die Wände können vertikale Stichleitungen z. B. zu Steckdosen, Schaltern, Lampen, Heizkörpern bereits werksmäßig eingebaut und später bauseits mit Unterverteilern verbunden werden. Alternativ können Hüllrohre oder Kabelkanäle vorbereitet werden, in welche dann auf der Baustelle die einzelnen Leitungen eingezogen werden. Umfangreiche Beispiele zu empfehlenswerten Installationsführungen finden sich unter anderem in [1], [2], [3].

Wenn haustechnische Installationen in werksgefertigte Holzbauteile eingebaut werden sollen, muss in jedem Fall die Haustechnikinstallation frühzeitig mit in die Holzbauplanung integriert und mit dieser abgestimmt werden. Die entsprechenden Fachplaner sind von Anfang an in die Planung einzubeziehen, da es oft wechselseitige Einflüsse und Abhängigkeiten gibt. Nachträgliche Änderungen sind meistens schwierig umzusetzen und füh-

ren teilweise zu erheblichen Verzögerungen und damit verbundenen wirtschaftlichen Einbußen.

4.5.2 Grundsätze zur Anordnung im Gebäude

4.5.2.1 Installationsschächte/vertikale Verteilung

Zur vertikalen Verteilung von haustechnischen Installationsleitungen werden in der Regel Schächte über die Gebäudehöhe eingebaut. Die Schächte sind grundsätzlich so auszuführen, dass durch sie keine zusätzliche Brandgefahr bzw. Gefahr der Brandausbreitung entsteht. Hinsichtlich des Einbaus dieser Abschottungen wird im Folgenden in Schachtyp A und Schachtyp B unterschieden: Bei Typ A werden an die Schachtwände und deren Durchdringungen brandschutztechnische Anforderungen gestellt, die Deckendurchdringungen benötigen in diesem Fall keine Abschottung. Bei Typ B werden die Geschossdeckendurchdringungen abgeschottet, an den Schacht selbst und seine Durchdringungen werden keine Anforderungen gestellt. Welches System im Einzelfall wirtschaftlicher und baupraktisch günstiger ist kann nicht allgemein gesagt werden, es werden jedoch in der Regel für Typ B deutlich weniger Abschottungselemente benötigt, außerdem kann die Schachtwand deutlich einfacher aufgebaut werden bzw. ganz entfallen. Empfohlen für übliche Fälle wird daher an dieser Stelle Typ B. Beide Prinzipien des Einbaus sind in Abbildung 4-2 dargestellt. Umfangreiche Informationen zu dieser Thematik sind u. a. in [3], [4] und [40] enthalten. Sinnvoll ist die Anordnung von Installationsschächten möglichst nah an den Verbrauchsstellen, bzw. deren Integration in ohnehin notwendige Vorsatzschalen. Ein Beispiel dazu ist in Abbildung 4-3 dargestellt, Empfehlungen werden auch in der o. g. Literatur angegeben.

Nichttragende Innenwände unterliegen keinen Beschränkungen hinsichtlich des Einbaus von haustechnischen Installationen. Es kann also sinnvoll sein, eine an geeigneter Stelle gelegene Wand nichttragend auszubilden und dort größere Einbauten wie Verteilerkästen etc. unterzubringen. In dieser Wand integriert oder angrenzend an diese kann auch der vertikale Erschließungsschacht angeordnet werden.

Schachttyp A

Deckendurchdringungen beim Schachttyp A müssen so gestaltet werden, dass sich ein Brand nicht

- von außen in den Schacht,
- aus dem Schacht heraus in einen angrenzenden Raum,
- vom Schacht oder Raum in die Deckenkonstruktion

ausbreiten kann. Wegen der Vielzahl der nötigen Abschottungen in den Schachtwänden und der wesentlich aufwendigeren Schachtkonstruktion wird für übliche Fälle empfohlen, Schächte des Typs B zu verwenden. Beispiele für den Einbau klassifizierter Schächte in Holzdeckenkonstruktionen werden in Kapitel 5 dargestellt.

Schachttyp B

Für Abschottungen beim Schachttyp B müssen die Leibungen der Deckendurchdringung brandschutztechnisch bekleidet werden, analog zu Leibungsausführungen an Fenstern, Türen und sonstigen Öffnungen. In diese ausgekleidete Laibung wird anschließend ein für die jeweilige Art von Leitungen zugelassenes Brandschutzschott eingesetzt.

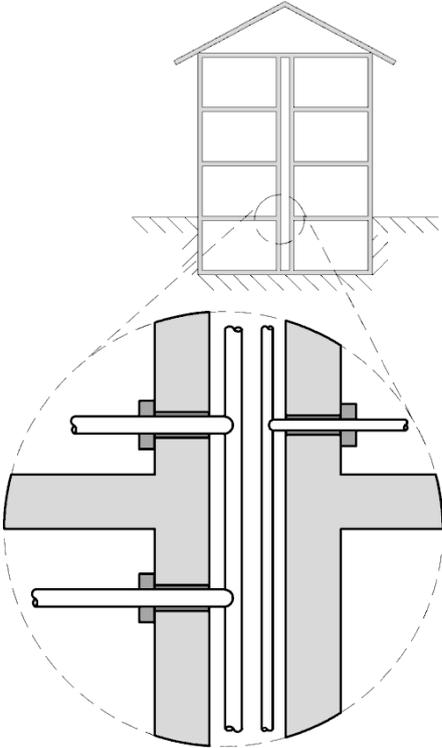
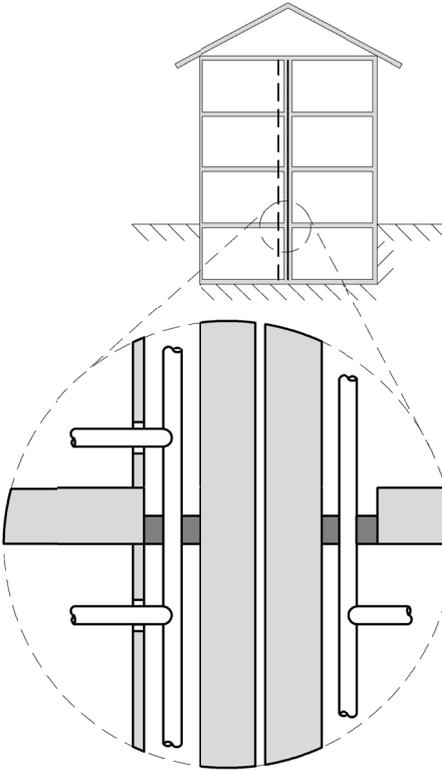
Schachttyp A	Schachttyp B
	
<p>Merkmale</p> <ul style="list-style-type: none"> – Installationen in feuerwiderstandsfähigen, als Brandabschnitte ausgebildeten Schächten – Schachteintritte / Schachtaustritte abgeschottet 	<p>Merkmale</p> <ul style="list-style-type: none"> – Installationen offen oder in Vorsatzschalen oder Schächten ohne Feuerwiderstand geführt – Durchdringungen von brandabschnittsbildenden Bauteile abgeschottet

Abbildung 4-2 Prinzipien der Anordnung von Installationsabschottungen

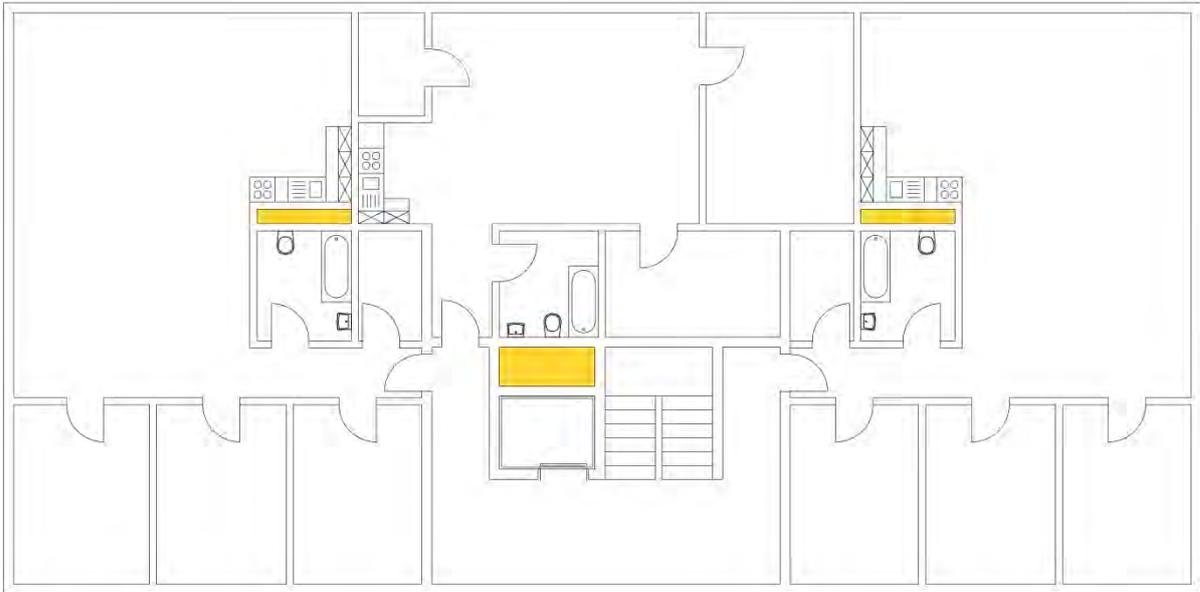


Abbildung 4-3 Beispiel für die Anordnung von Installationsschächten im Gebäudegrundriss

4.5.2.2 Horizontale Verteilung

Ausgehend von der vertikalen Erschließung zweigen geschossweise horizontale Verteilungsleitungen ab. Soweit in Bürogebäuden aufgeständerte Fußböden oder abgehängte Unterdecken vorhanden sind, bietet es sich an, dort die notwendigen Leitungen zu verlegen.

Wenn in Wohnungsnutzungen keine solchen Installationsräume vorhanden sind, können die Leitungen im Fußbodenaufbau integriert oder in geringerem Umfang auch in tragenden und nichttragenden Wänden eingebaut werden. Beim Einbau im Fußbodenaufbau ist unbedingt darauf zu achten, dass hierbei keine Schallbrücken entstehen. Leitungskreuzungen sind daher zu vermeiden, es dürfen keine Bereiche mit mechanischem Kontakt zwischen Rohfußboden und Estrich entstehen. Die Horizontalverteilung in Ständerwänden ist aufgrund der vielen notwendigen Durchdringungen von Ständern aus praktischen Gründen problematisch und sollte auf Ausnahmen beschränkt bleiben. Von der Horizontalverteilung abzweigende vertikale Stichleitungen zu Lichtschaltern, Steckdosen, etc. können dagegen sinnvollerweise in Wänden eingebaut werden.

4.5.3 Grundsätze für Durchdringungen

4.5.3.1 Baurechtliche Verwendbarkeit

Aufgrund des bisher eher geringen Marktanteils der Holzbauweise für mehrgeschossige Gebäude wurden bauaufsichtliche Zulassungen von Abschottungssystemen vornehmlich für die Anwendung in mineralischen Baustoffen (Mauerwerks-, Beton- oder Trockenbauteile) ausgestellt. Die Verwendbarkeit der am Markt verfügbaren Abschottungssysteme ist für den Einbau in Holzkonstruktionen somit nicht direkt nachgewiesen. Eine Lösung dieser

Schwierigkeit liegt in folgender Vorgehensweise: Die Hersteller von Schottsystemen können für ihre Produkte bescheinigen, dass es sich bei einem in geeigneter Weise angepassten Einbau eines bereits zugelassenen Systems in eine Holzbaukonstruktion um eine „nicht wesentliche Abweichung“ handelt. Die Holzbaukonstruktion ist so auszuführen, dass nicht zu erwarten ist, dass die Leistungsfähigkeit des Schottsystems durch die abweichende Einbauumgebung nachteilig beeinflusst wird. Für diese konstruktionsseitigen Ausführungsrandbedingungen werden im Detailkatalog in Abschnitt 5.3.6 Empfehlungen dargestellt. Bei Anwendung dieser Details ist davon auszugehen, dass mit üblichen, für die Anwendung in nichtbrennbarer Umgebung zugelassenen Abschottungssystemen der Raumabschluss sichergestellt, die Brandweiterleitung in das angrenzende Bauteil ausgeschlossen und das Kapselkriterium im Wesentlichen eingehalten wird.

Für die Zukunft ist anzustreben, bauaufsichtliche Zulassungen für Brandabschottungen direkt für die Verwendung in hochfeuerhemmenden Holzbauteilen auszustellen.

Zusammengefasst ergeben sich die folgenden Randbedingungen:

- Das Abschottungssystem muss für den Einbau in nichtbrennbare Massiv- oder Trockenbaukonstruktionen zugelassen sein.
- Das raumabschließende Bauteil muss entsprechend dem ausgewählten Verwendbarkeitsnachweis für flächige Bauteile (vgl. Abschnitt 2.2.1) aufgebaut sein.
- Die Leibung ist mit einer der Leibungsbekleidung zu versehen. Empfehlungen für die konstruktive Ausführung werden im Detailkatalog dargestellt.

4.5.3.2 Durchdringung tragender, aber nicht raumabschließender Bauteile

Decken sind in der Regel raumabschließend, daher bezieht sich dieser Abschnitt nur auf Wände. Es gilt grundsätzlich:

- Unbekleidete Massivholzwände benötigen weder eine Brandschutzabschottung noch eine Leibungsbekleidung an der Durchdringung. Installationen aller Art können ohne besondere Maßnahmen durch Öffnungen in den Wänden geführt werden.
- Bekleidete Wände sind mit einer der sonstigen Bekleidung gleichwertigen Leibungsbekleidung an der Durchdringung auszustatten. Die Eckausbildung der Bekleidung muss entsprechend den Grundsätzen der MHFHolzR ausgeführt werden. Nach den Ergebnissen der Untersuchungen in diesen Forschungsvorhaben kann auch ein vereinfachter Versatz der Bekleidungslagen empfohlen werden. Eine Abschottung der durchdringenden Leitungen kann entfallen.

4.5.3.3 Durchdringung tragender und raumabschließender Bauteile

Für solche Bauteile sind Durchdringungen immer mit einer Abschottung der gleichen Feuerwiderstandsklasse wie das durchdrungene Bauteil auszuführen. Hinsichtlich der Leibungsbekleidung gilt folgendes:

- Unbekleidete Massivholzbauteile müssen für die Anwendung in Deutschland eine Leibungsbekleidung erhalten. Diese ist nach den Grundsätzen der MHFHHolzR auszuführen. Eine detaillierte Darstellung einer möglichen Ausführungsart ist im Detailkatalog in Detail *Schott 3* dargestellt.
- Bei bekleideten Bauteilen (Massivholz- und Holzrahmenbauweise) wird eine der flächigen Bekleidung gleichwertige Leibungsbekleidung angeordnet. Die Eckausführung erfolgt nach den Grundsätzen der M-HFH HolzR. Eine nach den Ergebnissen dieses Forschungsvorhabens verbesserte Ausführungsmöglichkeit wird im Detailkatalog in Detail *Schott 1* und *Schott 2* vorgeschlagen.
- Durchführungen von klassifizierten Schächten durch bekleidete Decken werden in den Details *Schott 4* und *Schott 5* dargestellt.

4.5.4 Arten von Brandschutzabschottungen

4.5.4.1 Weichschotts

Für Weichschotts werden in der Regel beschichtete Mineralfaserplatten mit einer Mindestrohddichte von 150 kg/m^3 und einem Schmelzpunkt $> 1000 \text{ °C}$ verwendet. Die Dicke der Platten ergibt sich aus den Zulassungen und liegt typischerweise bei sechs bis zehn Zentimetern. Die Oberfläche der Platten und ggf. die Fugen zwischen den Platten werden je nach Zulassung mit einem intumeszierenden Anstrich versehen. Für den Einbau von brennbaren Rohren sind üblicherweise Rohrmanschetten anzuordnen und am Weichschott zu befestigen. Die Befestigung erfolgt in der Regel mit durch das Schott durchgehende Gewindestangen, die an beiden Seiten mit den Manschetten verschraubt werden.

Alternativ zu den Mineralfaserplatten gibt es auch Weichschotts aus intumeszierenden Materialien. Diese bestehen in der Regel aus einem schaumartigen Material, welches entweder als flüssiger Schaum in die Öffnungen eingebracht wird und dort durch chemische Reaktion aushärtet oder in Form von elastischen Platten, welche für die Öffnung passend zugeschnitten werden. Im Brandfall schäumen diese Materialien auf und verschließen auf diese Weise die Durchdringung.

Ein Vorteil von Weichschotts ist, dass ein nachträglicher Einbau von Leitungen im Rahmen der zulässigen Belegungsichte relativ einfach ausgeführt werden kann. Sie sind außerdem einfach zu verarbeiten und an die Form der Durchdringungsöffnung anzupassen.

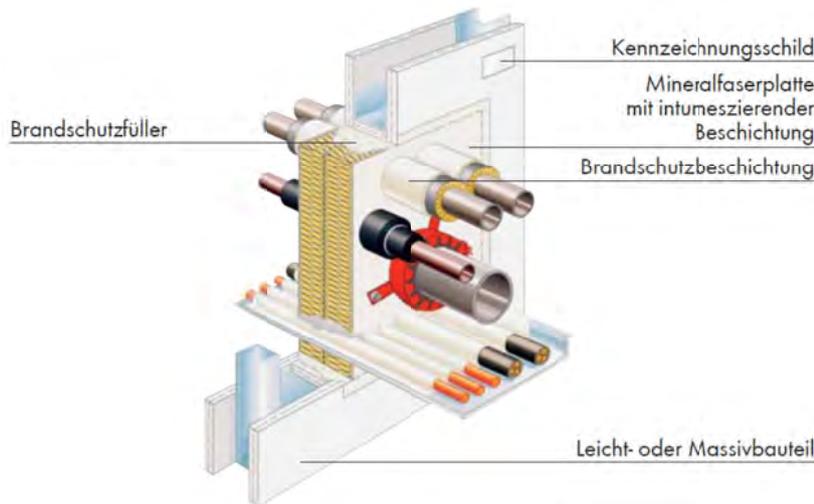


Abbildung 4-4 Beispiel eines typischen Weichschotts aus Mineralfaserplatten zum Einbau in Massiv- oder Leichtbauwände (Quelle: WÜRTH GmbH & Co. KG)

4.5.4.2 Hartschotts

Hartschotts bestehen aus mineralischem Mörtel, der in die Durchdringungsöffnung nach dem Einbau der Leitungen eingebracht wird. Dazu ist bei größeren Öffnungen eine zumindest einseitige Verschalung erforderlich. Hartschotts sind in erster Linie vorgesehen zum Einbau in mineralische Massivbauteile, es existieren aber auch Vorschläge für den Einbau in Holzkonstruktionen (vgl. Abbildung 4-5). Es liegen zur Verwendbarkeit von Hartschotts beim Einbau in hochfeuerhemmende Holzbauteile bisher weniger Prüfergebnisse und Erfahrungen vor als für Weichschotts. Die Verwendbarkeit von Hartschotts für den Einbau in hochfeuerhemmende Holzbauteile ist daher im Einzelfall zu klären. Es muss in jeden Fall sichergestellt werden, dass zwischen Mörtel und Holzbauteil keine Spalten entstehen, durch die Rauch dringen oder in denen sich Glutnester bilden können.

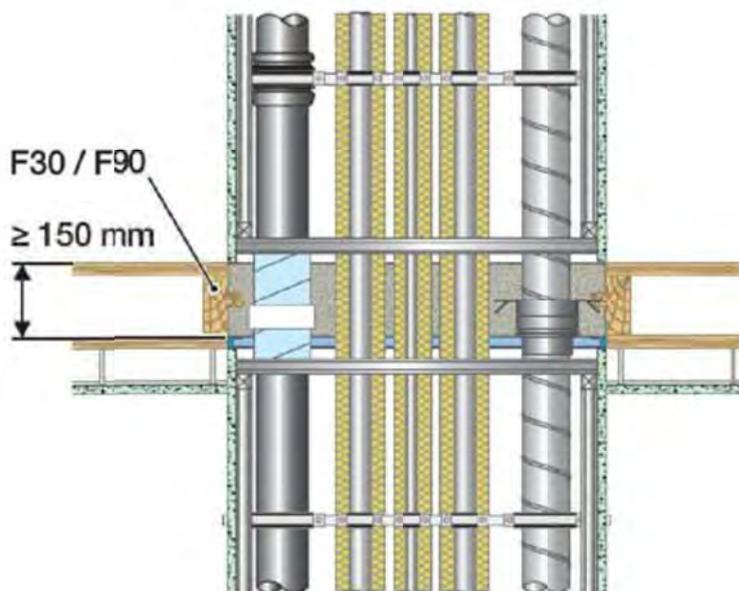


Abbildung 4-5 Einbaubeispiel eines Hartschotts in einer Holzbalkendecke. Die Ausführung in dieser Darstellung entspricht nicht den Grundsätzen der MHFHolzR und den Empfehlungen in Abschnitt 4.5.5. Auszug aus [39]

4.5.4.3 Brandschutzklappen in raumluftechnischen Anlagen

Luftführende Leitungen müssen an Durchdringungen raumabschließender Bauteile mit Brandschutzklappen versehen werden, damit keine Rauch- und Brandausbreitung über die Lüftungsanlage stattfinden kann. Hierzu gibt es zugelassene Systeme, die nach verschiedenen Auslösemechanismen (z. B. Temperaturanstieg oder Lufttrübung durch Rauchgaspartikel) den Kanalquerschnitt im Brandfall verschließen können. Konstruktionsseitig sind die Durchdringungsstellen solcher Brandschutzklappen mit Leibungsbekleidungen wie für sonstige Leitungen auszuführen. Der Einbau der Brandschutzklappen erfolgt anschließend nach Herstellervorgabe wie in eine entsprechende Öffnung eines nichtbrennbaren Bauteils. Der baurechtliche Verwendbarkeitsnachweis kann entsprechend der Erläuterungen in Abschnitt 4.5.3.1 durch die Bescheinigung einer nicht wesentlichen Abweichung erfolgen. Umfangreiche Hinweise und Ausführungsempfehlungen sind u. a. in [38] enthalten.



Abbildung 4-6 Beispiel für eine FK90 Brandschutzklappe zur Abschottung von Lüftungsleitungen für den Einbau in Massiv- und Leichtbaukonstruktionen. (Quelle: WILDEBOER Bauteile GmbH)

4.5.5 Empfehlungen für den Einbau von Abschottungen in hochfeuerhemmende Holzbauteile

Es wurden unter Berücksichtigung der vorliegenden deutschen, der österreichischen sowie der Schweizer Vorschriften, eigener Untersuchungen und weiterer Forschungsarbeiten Empfehlungen für den Einbau von Abschottungen in Anwendungsbereich der M-HFHolzR erarbeitet. Kriterium für die Ausarbeitung der Vorschläge waren die Erhaltung des Raumabschlusses (E) und der Isolation (I) sowie des Kapselkriteriums. Es wurden konkrete Detaillösungen für den Einbau von Brandabschottungen erarbeitet und in Abschnitt 5 dargestellt. Diese Details beziehen sich auf die Durchdringung von Decken. Lösungen für Wände können daraus sinngemäß abgeleitet werden. Es wird Folgendes empfohlen:

- Für Abschottungen in Deckenebenen sind bauaufsichtlich zugelassene Weichschotts aus Mineralfaserplatten und Schotts aus intumeszierendem schaumartigen Materialien („Brandschutzschaum“) geeignet.

- Die Leibungen von Durchdringungsöffnungen sind mit einer Leibungsbekleidung zu versehen, diese muss in der Regel die gleichen Eigenschaften wie die flächige Bekleidung aufweisen.
- Die Eckfugen von Leibungen können mit einfachem Versatz ausgeführt werden. Die Fugen sollten in beiden Bekleidungslagen verspachtelt werden.

Alle in Abschnitt 5 dargestellten Ausführungen von Abschottungen entsprechen diesen Grundsätzen. Bei möglicherweise geringfügig anders ausgeführten Deckenaufbauten können die Details sinngemäß abgewandelt werden. Für Durchdringungen von Wänden sind die dargestellten Prinzipien ebenfalls anwendbar.

4.5.6 Empfehlungen für den Einbau von haustechnischen Installationen in Holzständerbauelementen

4.5.6.1 Grundsätze

Für den Einbau von haustechnischen Installationen (Elektro- und Rohrleitungsinstallationen) in hochfeuerhemmende Holzständerkonstruktionen ist aktuell die M-HFH HolzR maßgebend. Es wurden in diesem Forschungsvorhaben auf den Angaben der M-HFH HolzR aufbauende verbesserte Lösungen entwickelt, diese werden im Folgenden dargestellt und erläutert. Für die praktische Anwendung dieser Vorschläge ist in jedem Fall ein baurechtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

Für alle Arten von Installationen in hochfeuerhemmenden Holzständerbauteilen werden die folgenden Empfehlungen abgegeben:

- Alle Hohlräume zwischen Installationen jeglicher Art sind mit nichtbrennbaren Dämmstoffen mit Schmelzpunkt ≥ 1000 °C vollständig auszustopfen (siehe auch Abschnitt 2.2.4.2). Diese Maßnahme ist sehr wichtig und muss sorgfältig ausgeführt werden, da konvektive Einflüsse wie ein „Durchzug“ von Brandgasen sich erheblich negativ auf die Standzeit und Schutzwirkung von Bekleidungen auswirken können.
- Aussparungen in der Kapselbekleidung sind idealerweise kreisrund auszuführen, alternativ mit abgerundeten Ecken $r \geq 20$ mm. Ecken ohne Ausrundung führen aufgrund ihrer Kerbwirkung zu einer beschleunigten Rissbildung und damit zu einem Versagen der Brandschutzbekleidungen. (Abbildung 4-7)
- An jeder Stelle von Bauteilen in Ständerbauweise muss in Bauteilquerrichtung gemessen mindestens 80 mm Dämmstoff mit den o. g. Eigenschaften oder Massivholz eingebaut sein. Dies gilt auch im Bereich jeglicher Art von Installationen. (Abbildung 4-7)

- Bei gemeinsamem Einbau von Rohrleitungen und Elektroinstallationen sind die Regelungen zu Abständen der Bauteile untereinander sinngemäß aus den Angaben für E- und Rohrinstallationen abzuleiten. Gegebenenfalls ist entsprechend der jeweiligen Fachregeln darauf zu achten, dass sich die unterschiedlichen Leitungsarten nicht gegenseitig negativ beeinflussen. Ein Beispiel für den gemeinsamen Einbau von Elektro- und Rohrinstallationen ist in Abbildung 4-9 dargestellt.

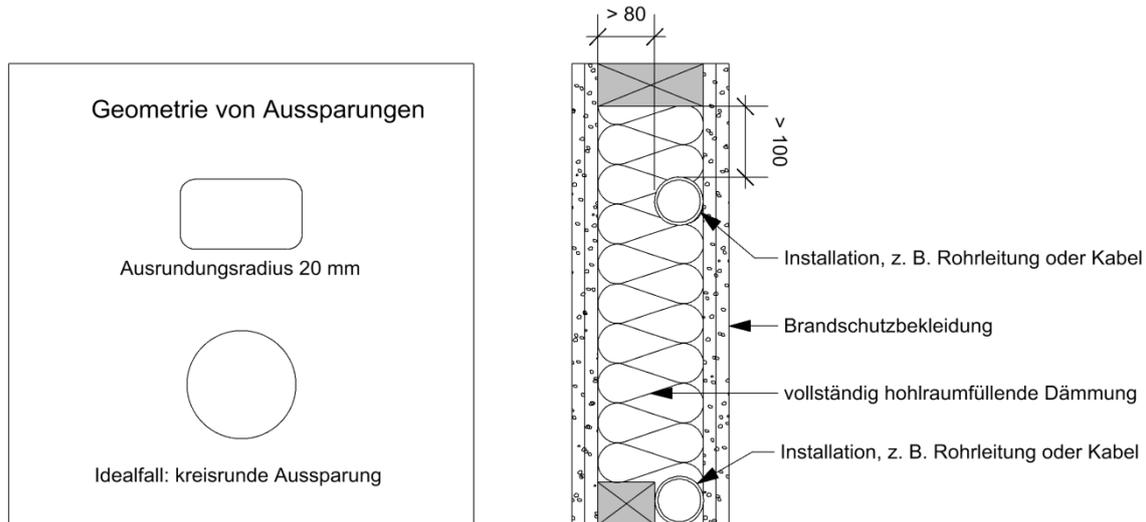


Abbildung 4-7 Grundsätze zum Einbau von Installationen und Öffnungen in der Kapselbekleidung in hochfeuerhemmenden Holzbauteilen

4.5.6.2 Besonderheiten für Elektroinstallation in Holzständerbauwänden und Holzbalkendecken

Die folgenden Einbauregeln sind in Abbildung 4-8 in grafischer Form dargestellt.

1. Es dürfen eingebaut werden:
 - Doppelinstallationsdosen für elektrische Betriebsmittel bis zu Bohrungsdurchmesser 70 mm, lichter Abstand zum nächsten Holzbauteil mindestens 100 mm, lichter Abstand untereinander mindestens 500 mm
 - Sonstige Installationsdosen mit einer Öffnungsfläche von max. 80 cm².
 - Dosen wie oben auch näher bis direkt anliegend an den Holzständern, wenn das Holz durch mindestens eine Lage einer zur Verwendung als Kapselbekleidung zugelassenen Gipsbauplatte der Stärke 18 mm geschützt wird. Dieser Schutz muss über den Dosenquerschnitt allseitig mindestens 200 mm hinausgeführt werden.
 - Leitungsmaterialien mit Zulassung für den Einbau in brennbarer Umgebung

2. Bauteile nach 1. dürfen auch dann eingebaut werden, wenn hinter der Kapselbekleidung zusätzlich eine Holzwerkstoffplatte angeordnet ist. In diesem Fall ist immer ein lichter Abstand von mindestens 100 mm zum nächsten Holzbauteil einzuhalten.
3. Elektrische Installationen dürfen nur zur Versorgung der an die Bauteile direkt angrenzenden Nutzeinheiten dienen.
4. Leitungen, die an einer Aussparung in der Kapselebene vorbeiführen, müssen einen lichten Abstand zur Aussparung von 100 mm einhalten. Dies gilt auch für Durchtritte von Rohrinstallationen.
5. Bei Bauteilen mit raumabschließender Funktion müssen gegenüberliegende Aussparungen in den Kapselebenen gefachversetzt eingebaut werden.
6. Durchdringungen mindestens einer Kapselebene durch Kabel oder Kabelbündel sind bis zu einem Durchmesser von 32 mm zulässig. Die zulässigen Abstände dieser Durchdringungen untereinander sind die gleichen wie für Dosenöffnungen in 1.
7. Alle Installationen, die die Anforderungen aus 1. bis 4. nicht erfüllen, müssen mit einer der sonstigen Brandschutzbekleidung gleichwertigen Kapselung geschützt werden.
8. Alle Elektroinstallationen müssen zugelassen sein für den Einbau in brennbarer Umgebung und sind gemäß DIN VDE 0100-482, allen weiteren einschlägig maßgebenden VDE-Richtlinien und der Muster-Leitungsanlagenrichtlinie (MLAR) auszuführen.

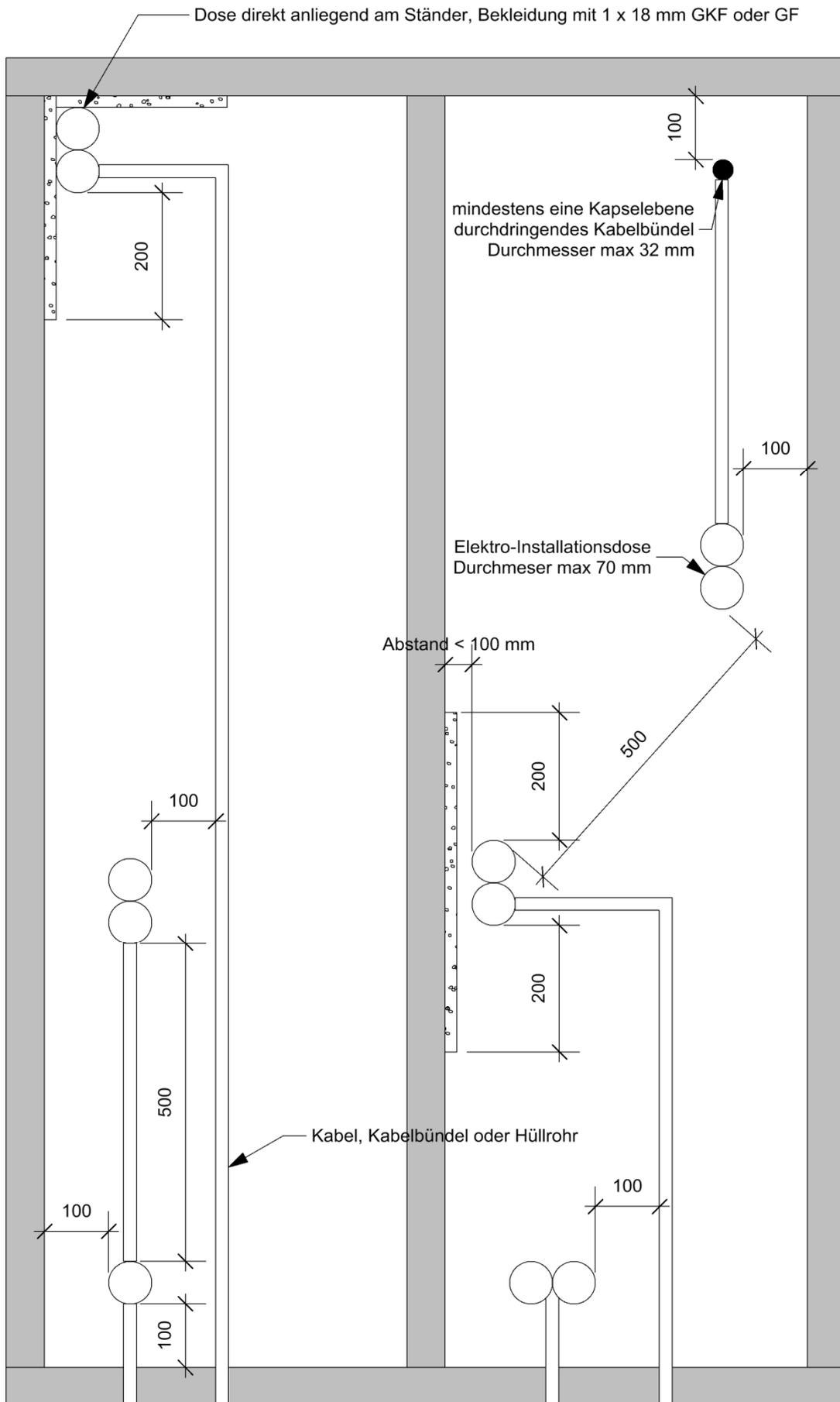


Abbildung 4-8 Einbauempfehlung von Elektroinstallationen in Ständerbauwände, Maße in mm

4.5.6.3 Sanitär/Rohrleitungsinstallation in Ständerbauwänden

Die folgenden Einbauregeln sind in grafischer Form in Abbildung 4-10 dargestellt.

- Zwischen Rohrdurchdringungen aller Art und dem jeweils nächstgelegenen Holzbau-
teil muss ein lichter Abstand von 100 mm verbleiben.
- Zwischen mehreren, eine Kapselebene durchdringenden und im Bauteil weiterverlau-
fenden Rohren muss ein lichter Abstand der Aussparungen in der Kapselung von
 $2,5 \cdot (d_1 + d_2)$ eingehalten werden.
- Brennbare Rohre bis $\varnothing 32$ mm dürfen flächige Bauteile auf kürzestem Wege durch-
dringen, brennbare Rohre bis $\varnothing 25$ mm dürfen auch im Inneren von Bauteilen geführt
werden.
- Nichtbrennbare Rohre (auch mit brennbarer Beschichtung bis zu 2 mm Dicke) dürfen
bis zu einem Außendurchmesser von 50 mm ein Bauteil durchdringen oder im Inneren
eines Bauteils geführt werden.

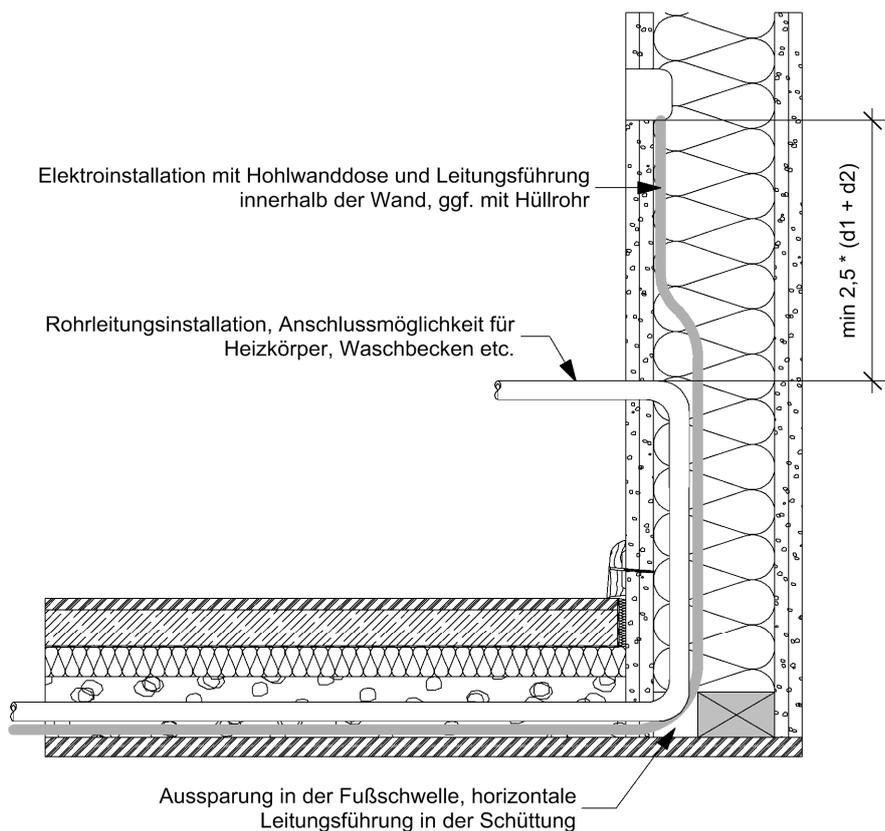


Abbildung 4-9 gemeinsamer Einbau von Rohrleitungs- und Elektroinstallationen in Ständerbaukonstruktionen, Leitungsführung im Fußbodenaufbau. Für die Montage sind geeignete Verbindungsstellen in den Leitungen vorzusehen, bzw. Leerrohre einzubauen und die Leitungen nach Wandmontage einzuziehen.

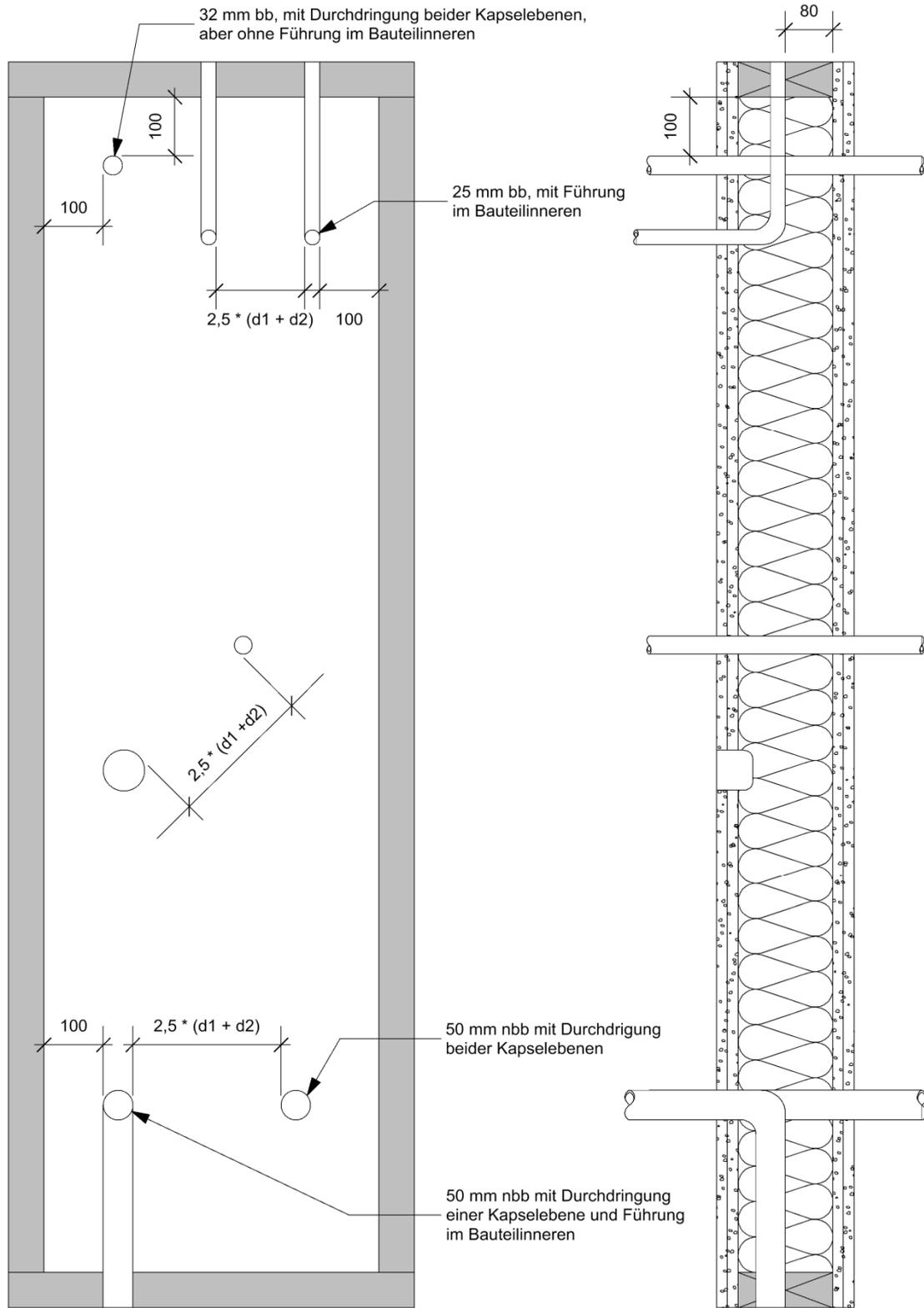


Abbildung 4-10 Einbau von Rohrleitungsinstallationen in Ständerbauwände, Maße in mm

4.5.7 Elektrische Installationen in Massivholzelementen

Neben den allgemeinen Anforderungen an den Einbau elektrischer Installationen in Holzbauteile gelten für den Fall der Verwendung von Brettsperrholz oder sonstigen Massivholzbauteilen folgende Empfehlungen:

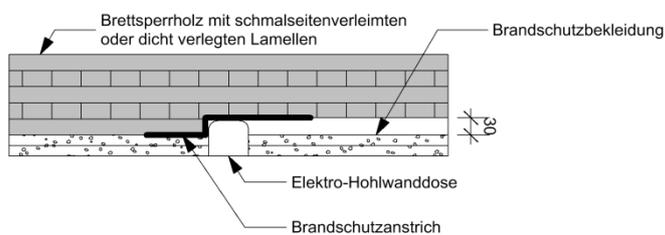
- Für die Abstände zwischen Dosen untereinander gelten die gleichen Empfehlungen wie beim Einbau in Ständerbauwände. Diese Abstände sind auch einzuhalten, wenn Installationen auf gegenüberliegenden Wandseiten eingebaut werden.
- Eingefräste Kabelkanäle im Brettsperrholz dürfen einen Querschnitt von maximal 1200 mm² aufweisen.
- Es dürfen Aussparungen bis zur Größe einer Dreifach-Elektroinstallationsdose eingebaut werden.

Im Bereich von Aussparungen in der Brandschutzbekleidung ist das Holz geeignet gegen die Brandeinwirkung zu schützen. Entsprechend der Versuchsergebnisse geeignet sind intumeszierende Brandschutzanstriche zwischen dem Holz und der Beplankung sowie in Aussparungen zur Aufnahme der elektrischen Betriebsmittel. Die Anstrichmenge ist so zu wählen, dass die Hohlräume im Brandfall sicher vollständig ausgefüllt werden. Geeignet ist beispielsweise der Brandschutzanstrich „DBU“ (ETA 13/0165) der Fa. Würth. bei diesem Produkt ist eine Trockenanstrichmenge von ca. 1000 g/m² erforderlich um einen ausreichenden Schutz des Holzes zu erreichen. Der Anstrich sollte in den Aussparungen für die Elektrodosen, in einem Umkreis von 100 mm um diese herum auf der Holzoberfläche, sowie mindestens 100 mm weit in angrenzende Kabelkanäle aufgebracht werden (vgl. Abbildung 4-11 und Abbildung 4-12 sowie die Versuchsbeschreibung des Brandversuchs V4). Für die Anwendung in zum dauerhaften Aufenthalt von Personen bestimmten Innenräumen ist darauf zu achten, dass der verwendete Anstrich keine gesundheitsschädlichen oder die Raumluftqualität in sonstiger Weise beeinträchtigenden Ausdünstungen absondert.



Abbildung 4-11 Brandschutzanstrich auf einem Brettsperrholzelement im Bereich von Ausnehmungen für den Einbau von elektrischen Installationen.

Horizontalschnitt



Wandansicht

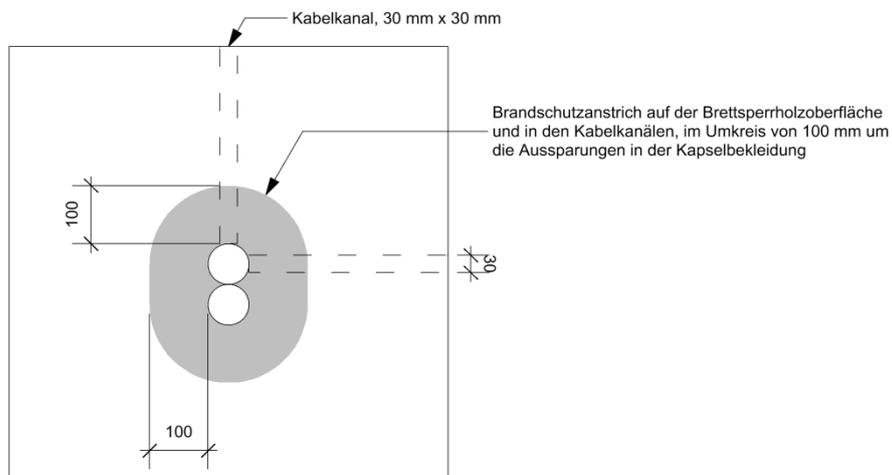


Abbildung 4-12 Schutz des Holzes im Bereich von Aussparungen in der Kapselbekleidung durch Brandschutzanstrich auf der Holzoberfläche, Maße in mm

5 Konstruktionskatalog

5.1 Aufbau und Strukturierung

5.1.1 Einleitung

Der in diesem Abschnitt enthaltene Konstruktionskatalog basiert auf den Ergebnissen der Versuche und Recherchen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens, der Untersuchung von Bauweisen aus bereits realisierten Projekten und auf Lösungen, die von Beispielen aus den europäischen Nachbarländern abgeleitet wurden.

Er enthält Beispiele für Wand- und Deckenaufbauten, eine Auswahl der zugehörigen Knotenpunkte und Bauteilanschlüsse sowie Beispiele für den Einbau von Installationsdurchdringungen.

Die dargestellten Wand- und Deckenaufbauten sind im Sinne einer repräsentativen Auswahl aus dem großen Spektrum der Möglichkeiten zu verstehen. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf eine vollständige Auflistung, da es eine sehr große Bandbreite von Konstruktionsmöglichkeiten gibt, die je nach Einzelfall, persönlichen Vorlieben, Fertigungsprozessen, Aspekten der Wirtschaftlichkeit und Bauausführung und technischen Anforderungen für ein spezifisches Projekt gewählt werden können. Viele Herstellfirmen und mit ihnen zusammenarbeitende Architekten und Ingenieure verwenden auch eigene Entwicklungen, die sich z. B. aus betrieblichen Gründen als günstig herausgestellt haben.

Dieses Spektrum soll hier nicht eingeschränkt werden! Die dargestellten Konstruktionen sind zwar aus Sicht der Verfasser als erprobt und geeignet anzusehen und stellen eine für viele Fälle sinnvolle Bauweise dar, es gibt aber sicherlich Beispiele, für die andere Bauweisen aus bestimmten Gründen zu bevorzugen sind. In solchen Fällen können die dargestellten Bauweisen sinngemäß übertragen und z. B. Arten der Fugenausführung oder Empfehlungen für den Einbau von Installationen übernommen werden.

Grundsätzlich können bei allen Massivholzkonstruktionen alternativ zum Brettsperrholz auch Brettstapelbauweisen und ähnliche Bauarten verwendet werden.

Der Detail- und Konstruktionskatalog ist kein baurechtlicher Verwendbarkeitsnachweis für die dargestellten Bauteile und Konstruktionen und ersetzt diesen nicht. Für alle enthaltenen Konstruktionen und Details können die gemäß Kapitel 2 der M-HFHolzR zu Grunde gelegten Schutzziele gleichwertig zu den Leitdetails der Richtlinie erfüllt werden. In vielen Fällen kann die Verwendbarkeit auf einfache Weise nachgewiesen werden durch die Konstruktion der Bauteilaufbauten genau gemäß einem der vorliegenden Prüfzeugnisse. Für Konstruktionen, die aktuell nicht durch Prüfzeugnisse abgedeckt sind, muss der Anwender die Verwendbarkeit gesondert nachweisen. In solchen Fällen kann dieser Forschungsbericht als

Grundlage zur Erwirkung von Zustimmungen im Einzelfall bzw. Erklärungen „nicht wesentlicher Abweichungen“ seitens der Hersteller dienen. Es werden jeweils Hinweise zu einer sinnvollen Vorgehensweise angegeben, bzw. Prüfzeugnisse genannt, die mit Abweichungen als Basis des Verwendbarkeitsnachweises dienen können.

5.1.2 Struktur des Konstruktionskataloges

Die Basis des Kataloges bildet der Bauteilkatalog mit einer repräsentativen Auswahl tragender Wand- und Deckenaufbauten. Jedes Bauteil hat eine Bezeichnung zur eindeutigen Zuordnung, sie setzt sich aus einer Abkürzung der Bauteilart und einer fortlaufenden Nummer zusammen (z. B. AW1 für Außenwand Nummer 1). Bei der Auswahl der flächigen Aufbauten wurde darauf geachtet, alle wesentlichen Arten von Tragsystemen (Ständerbau und Holzmassivbau) sowie Fassadenarten und Deckenaufbauten zu berücksichtigen.

Unter Verwendung dieser flächigen Aufbauten wurden alle Zeichnungen von Konstruktionsdetails für den Detailkatalog erstellt, z. B. für Wand- und Deckenknoten, Anschlüsse an Fenster und den Einbau von Installationen.

Alle flächigen Bauteile sind in Abschnitt 5.2 sowie alle Konstruktionsdetails in Abschnitt 5.3 auf Datenblättern dargestellt.

5.1.3 Dietrichs CAD/CAM

Mitglied in der Arbeitsgruppe für dieses Forschungsvorhaben war die Holzbau-Software Firma Dietrichs AG. Alle Bauteile und ein Großteil der Anschlussdetails und sonstigen Konstruktionen sind in der Programmbibliothek des Softwarepakets Dietrichs CAD/CAM eingearbeitet worden und werden laufend ergänzt. Für Nutzer dieser Software bietet das die Möglichkeit, die hier vorgestellten Konstruktionen direkt in die CAD-Holzbauplanung zu übernehmen.

5.1.4 Legende für Bauteile und Konstruktionsdetails

Die folgende Legende enthält alle in den Zeichnungen von Bauteilen und Konstruktionsdetails verwendeten Schraffuren und sonstigen zeichnerischen Darstellungsarten.

	Massivholz, KVH, BSH quer zur Faser
	Massivholz, KVH, BSH längs zur Faser
	Massivholzplatten, Brettsper Holz
	Holzwerkstoffplatte, OSB, Spanplatte
	Fußbodenbelag, z. B. Parkett
	Gips, Putz, Gipsbauplatten
	Massivholz, nichttragend, quer zur Faser
	Beton, Stahlbeton, Estrich
	Zementmörtel, Vergussmörtel
	Dämmung weich, Mineralwolle
	Dämmung hart, EPS, XPS
	Stahl, Verbindungsmittel, Bleche
	Folien, Dichtungsschichten
	Brandschutzschotts, Weichschotts, sonstige Kunststoffe
	Dichtmassen, Anstriche
	Kies, Sand, Schüttungen
	Erde

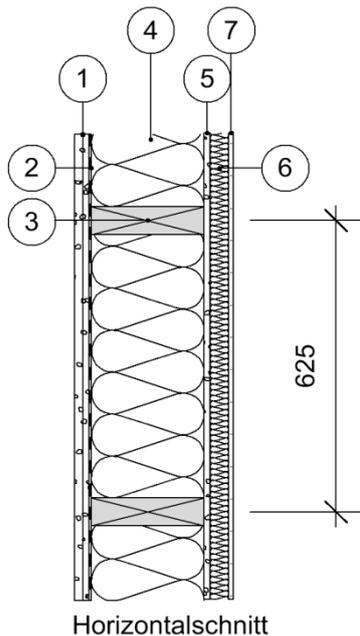
Abbildung 5-1 Legende für alle Konstruktionszeichnungen

5.2 Bauteildatenblätter

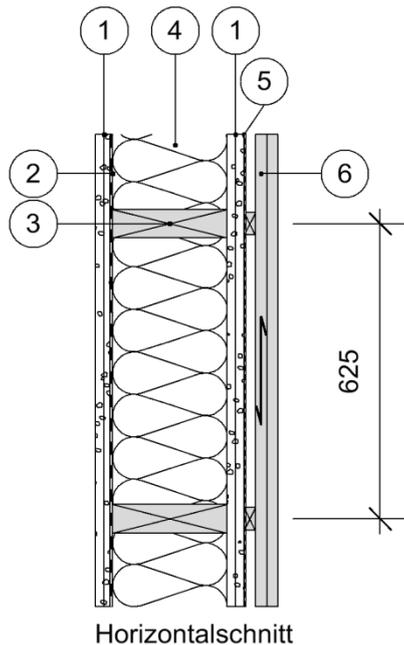
Tabelle 5-1 Übersicht über die Bauteildatenblätter

Art	Beschreibung	Bauteilnummer
Außenwand	Außenwand mit Putzfassade, Holzständerbau	AW1
Außenwand	Außenwand mit Holzfassade, Holzständerbau	AW2
Außenwand	Außenwand mit Putzfassade, Holzmassivbau	AW3
Außenwand	Außenwand mit Putzfassade, Holzständerbau	AW4
Innenwand	Innenwand, Holzständerbauweise	IW1
Innenwand	Innenwand, Holzmassivbauweise	IW2
Innen-Trennwand	Innenwand, Holzmassivbauweise, zweischalig	TW1
Innen-Trennwand	Innenwand, Holzmassivbauweise, einschalig	TW2
Innen-Trennwand	Innenwand, Holzständerbauweise, einschalig mit Vorsatzschalen	TW3
Innen-Trennwand	Innenwand, Holzständerbauweise, zweischalig	TW4
Treppenhauswand	Holzständerbauweise, mech. beanspruchbar	TW5
Treppenhauswand	Holzständerbauweise, einseitig mech. beanspruchbar	TW5a
Treppenhauswand	Holzmassivbauweise, mech. beanspruchbar	TW6
Decke	Geschosstrenndecke, Holzbalkenbauweise	TD1
Decke	Geschosstrenndecke, Holzmassivbauweise	TD2
Decke	Geschosstrenndecke, Holzmassivbauweise, unbekleidet	TD3

Alle Wände sind als horizontale Schnitte dargestellt, alle Decken als vertikale Schnitte.

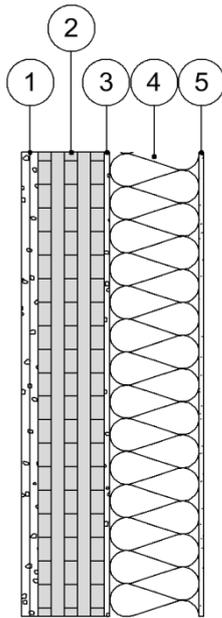
AW 1 Außenwand mit Putzfassade, Holzständerbau


Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsplatte Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180 oder 2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{1), 3), 6)}
2	Dampfbremsbahn $s_d \geq 2$ m
3	Nadelschnittholz C24 (DIN EN 14081), $u = 15 \pm 3\%$, $b \times t = 60 \text{ mm} \times \dots \text{ mm}$ ²⁾
4	Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt $\geq 1000 \text{ °C}$ ⁴⁾
5	12,5 mm Gipsplatte Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180 oder 12,5 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ⁶⁾
6	Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162) $t \geq 40 \text{ mm}$, Schmelzpunkt $\geq 1000 \text{ °C}$ ³⁾
7	Außenputz mit Armierungsgewebe ⁵⁾
Brandschutz	
gemäß abP P-SAC 02/III-320 [P9] oder P-SAC 02/III-599 [P7]	
REI 60/K ₂ 60	
¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich ²⁾ Mindestquerschnitt gemäß abP, alternative Tragkonstruktion möglich, empfohlener Achsabstand 625 mm ³⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich ⁴⁾ Mindestrohddichte nach verwendetem abP $\rho \geq 15 \text{ kg/m}^3$ bzw. $\rho \geq 25 \text{ kg/m}^3$ ⁵⁾ gemäß verwendetem abP und abz für das WDVS ⁶⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP	
Schallschutz in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4	
R _{w,R} = 47 dB	
Ermittelter Wert unter Annahme von Schicht 3: $t = 240 \text{ mm}$, Schicht 6: $t = 40 \text{ mm}$, vgl. Abschnitt 3.4. Das Schalldämmmaß kann durch Einfügen einer zusätzlichen Unterkonstruktion unter Schicht 1 verbessert werden.	
Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2: 2013-02	
U = 0,14 W/(m ² *K)	
Unter Annahme der in Abschnitt 3.3 genannten Baustoffeigenschaften und Materialdicken.	
Holzschutz gemäß DIN 68800-2: 2012-02	
GK 0	
Für die Einstufung in GK 0 muss $s_{d, \text{außen}} \leq 0,3 \text{ m}$ sein, ansonsten gesonderter Tauwassernachweis	

AW 2 Außenwand mit Holzfassade, Holzständerbau


Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsplatte <i>Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180</i> oder 2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{1), 3), 6)}
2	Dampfbremsbahn $s_d \geq 2$ m
3	Nadelschnittholz C24 (<i>DIN EN14081</i>), $u = 15 \pm 3\%$, $b \times t = 60$ mm x ... mm ²⁾
4	Mineralwolldämmstoff (<i>DIN EN 13162</i>), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C ⁴⁾
5	Wetterschutzbahn, diffusionsoffen, $s_d \leq 0,3$ m
6	hinterlüftete Holzfassade ⁵⁾

Brandschutz	REI 60/K ₂ 60
gemäß abP <i>P-3534/5316-MPA BS [P2]</i> , <i>P-SAC 02/III-392 [P5]</i> , <i>P-SAC 02/III 320 [P9]</i> , <i>P-SAC 02/III 615 [P4]</i>	
¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich ²⁾ Mindestquerschnitt gemäß abP, alternative Tragkonstruktion möglich, empfohlener Achsabstand 625 mm ³⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich ⁴⁾ Mindestrohddichte nach verwendetem abP $\rho \geq 15$ kg/m ³ bzw. $\rho \geq 25$ kg/m ³ ⁵⁾ Es sind die Konstruktionsregeln für Holzfassaden zu beachten (vgl. Abschnitt 2.1.3.2). Die Holzfassade kann durch andere hinterlüftete Fassadenkonstruktionen ersetzt werden, z. B. durch Faserzementplatten ⁶⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP	
Schallschutz	$R_{w,R} = 49$ dB
<i>in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4</i> Ermittelter Wert unter Annahme von Schicht 3: $h = 240$ mm, vgl. Abschnitt 3.4. Das Schalldämmmaß kann durch Einfügen einer zusätzlichen Unterkonstruktion unter Schicht 1 verbessert werden.	
Wärmeschutz	$U = 0,165$ W/(m ² *K)
<i>gemäß DIN 4108-2: 2013-02</i> Unter Annahme der in Abschnitt 3.3 genannten Baustoffeigenschaften und Materialdicken.	
Holzschutz	GK 0
<i>gemäß DIN 68800-2: 2012-02</i> Bei Verwendung der o. g. Dichtungsschichten, ansonsten gesonderter Tauwassernachweis.	

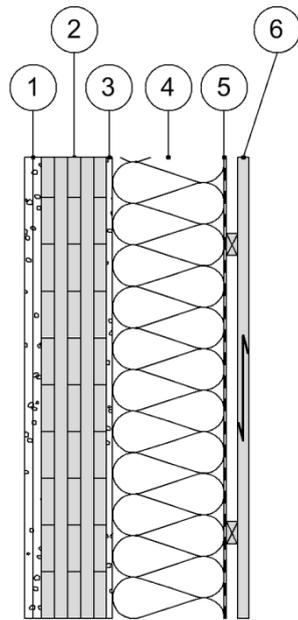
AW 3 Außenwand mit Holzfassade, Holzständerbau


Horizontalschnitt

Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{1), 3), 6)}
2	Massivholzplatte, $t \geq 80$ mm ²⁾
3	1 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283
4	Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C ⁴⁾
5	Außenputz mit Armierungsgewebe ⁵⁾

Brandschutz	REI 60/K ₂ 60
In Anlehnung an abP <i>P-SAC 02/III-320</i> [P9] oder <i>P-SAC 02/III-599</i> [P7]	
¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich ²⁾ Brettsperrholz, Brettstapelbauweise ³⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich ⁴⁾ Rohdichte herstellerepezifisch, gemäß Verwendbarkeitsnachweis ⁵⁾ gemäß verwendetem abz für das WDVS ⁶⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP	
In einer einzelfallbezogenen gutachterlichen Stellungnahme (GS 3.2/10-270-4 der MFPA Leipzig GmbH vom 06.05.2011) in Verbindung mit abP [9] wurde die Eignung eines bestimmten Wandaufbaus für ein spezifisches Bauvorhaben nachgewiesen. Dies ist nicht direkt auf eine allgemeine Anwendung übertragbar. Es ist jedoch davon auszugehen, dass aufbauend auf diesen Angaben eine gutachterliche Stellungnahme als Basis der Erteilung einer Zustimmung im Einzelfall erstellt werden kann.	
Schallschutz	R _{w,R} = 39 dB
Ermittelter Wert unter Annahme von Schicht 4: $h = 240$ mm, vgl. Abschnitt 3.4. Das Schalldämmmaß kann durch Einfügen einer zusätzlichen Unterkonstruktion unter Schicht 1 verbessert werden.	
Wärmeschutz	U = 0,152 W/(m ² *K)
Unter Annahme der in Abschnitt 3.3 genannten Baustoffeigenschaften und Materialdicken.	
Holzschutz	GK 0
Die Luftdichtheit der Konstruktion ist nachzuweisen. Sofern in Schicht 2 Brettsperrholz mit ausreichender Luftdichtheit verwendet wird, kann dieses als luftdichte Ebene herangezogen werden. In anderen Fällen muss eine zusätzliche luftdichte Ebene mit $s_d \leq 0,3$ m zwischen Schicht 2 und 3 eingefügt werden.	

AW 4 Außenwand mit Holzfassade, Holzständerbau

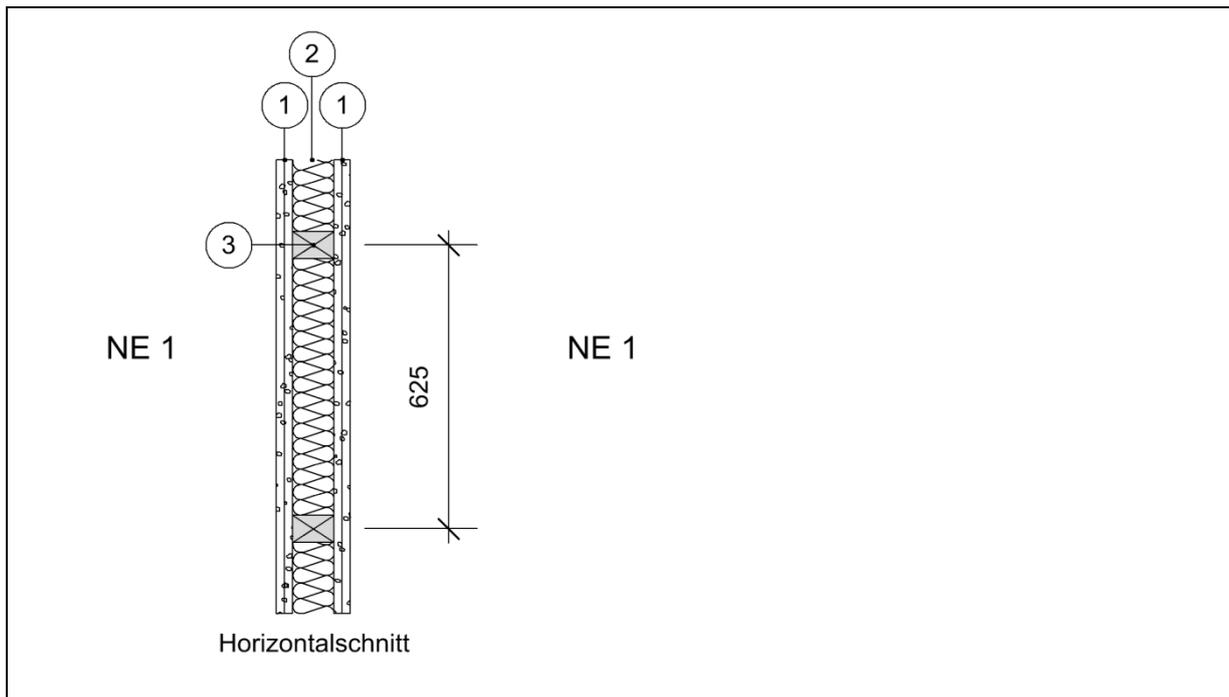


Horizontalschnitt

Nr.	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{1), 3), 6)}
2	Massivholzplatte, $t \geq 80$ mm
3	1 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ⁶⁾
4	Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C ⁴⁾
5	Wetterschutzbahn, diffusionsoffen, $s_d \leq 0,3$ m
6	Holzfassade gemäß Konstruktionsregeln für Holzfassaden, vgl. Abschnitt 2.1.3 Die Befestigung erfolgt mit Spezialschrauben durch Schicht 4 in die Massivholzplatte.

Brandschutz	REI 60/K ₂ 60
<p>In Anlehnung an abP <i>P-SAC 02/III-320</i> [P9]</p> <p>¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich</p> <p>²⁾ Brettspertholz, Brettstapelbauweise</p> <p>³⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich</p> <p>⁴⁾ Rohdichte herstellerspezifisch, gemäß Verwendbarkeitsnachweis</p> <p>⁵⁾ gemäß gutachterlicher Stellungnahme (s. u.)</p> <p>⁶⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP</p> <p>Es existiert kein direkter Verwendbarkeitsnachweis in Form eines abP. In einer einzelfallbezogenen gutachterlichen Stellungnahme (GS 3.2/10-270-4 der MFPA Leipzig GmbH vom 06.05.2011) in Verbindung mit abP [9] wurde die Eignung eines bestimmten Wandaufbaus für ein spezifisches Bauvorhaben nachgewiesen. Dies ist nicht direkt auf eine allgemeine Anwendung übertragbar. Es ist jedoch davon auszugehen, dass aufbauend auf diesen Angaben eine gutachterliche Stellungnahme als Basis der Erteilung einer Zustimmung im Einzelfall erstellt werden kann.</p>	
Schallschutz <small>in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4</small>	$R_{w,R} = 40$ dB
<p>Ermittelter Wert unter Annahme von Schicht 4: $h = 240$ mm, vgl. Abschnitt 3.4.</p> <p>Das Schalldämmmaß kann durch Einfügen einer zusätzlichen Unterkonstruktion unter Schicht 1 verbessert werden.</p>	
Wärmeschutz <small>gemäß DIN 4108-2: 2013-02</small>	$U = 0,15$ W/(m ² *K)
<p>Unter Annahme der in Abschnitt 3.3 genannten Baustoffeigenschaften und Materialdicken.</p>	
Holzschutz <small>gemäß DIN 68800-2: 2012-02</small>	GK 0
<p>Die Luftdichtheit der Konstruktion ist nachzuweisen. Sofern in Schicht 2 Brettspertholz mit ausreichender Luftdichtheit verwendet wird, kann dieses als luftdichte Ebene herangezogen werden. In anderen Fällen muss eine zusätzliche luftdichte Ebene mit $s_d \leq 0,3$ m zwischen Schicht 2 und 3 eingefügt werden.</p>	

IW 1 Innenwand, Holzständerbauweise



Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsplatte Typ <i>DF/GKF</i> nach <i>DIN EN 520/DIN 18180</i> oder 2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach <i>DIN EN 15283</i> ^{1), 3), 5)}
2	Mineralwolldämmstoff (<i>DIN EN 13162</i>), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C ⁴⁾
3	Nadelschnittholz C24 (<i>DIN EN 14081</i>), $u = 15 \pm 3\%$, $b \times t = 60 \text{ mm} \times \dots \text{ mm}$ ²⁾

Brandschutz	REI 60/K₂60
--------------------	-------------------------------

gemäß abP *P-3534/5316-MPA BS* [P2], *P-SAC 02/III-392* [P5], *P-SAC 02/III 320* [P9], *P-SAC 02/III 615* [P4]

¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich
²⁾ Mindestquerschnitt gemäß abP, alternative Tragkonstruktion möglich, empfohlener Achsabstand 625 mm
³⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich
⁴⁾ Rohdichte nach verwendetem abP $\rho \geq 15 \text{ kg/m}^3$ bzw. $\rho \geq 25 \text{ kg/m}^3$
⁵⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP

Schallschutz in Anlehnung an <i>DIN 4109</i> , vgl. Abschnitt 3.4	R_{w,R} = 46 dB
--	--------------------------------

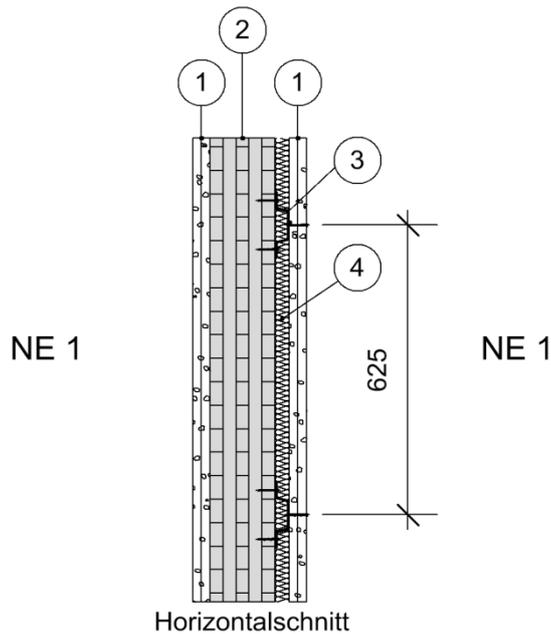
Ermittelter Wert unter Annahme von Schicht 3: $t = 90 \text{ mm}$, vgl. Abschnitt 3.4.
 Es handelt sich um den einfachsten Grundtyp einer tragenden, hochfeuerhemmenden, raumabschließenden Holzständerbauwand. Aufgrund des geringen Schalldämmmaßes ist der Wandaufbau nicht zum Einsatz als Trennwand zwischen verschiedenen Nuteinheiten geeignet. Das Schalldämmmaß kann durch das Einfügen von zusätzlichen Unterkonstruktionen verbessert werden.

Wärmeschutz gemäß <i>DIN 4108-2: 2013-02</i>

Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach *DIN 4108-2* sind zu beachten.

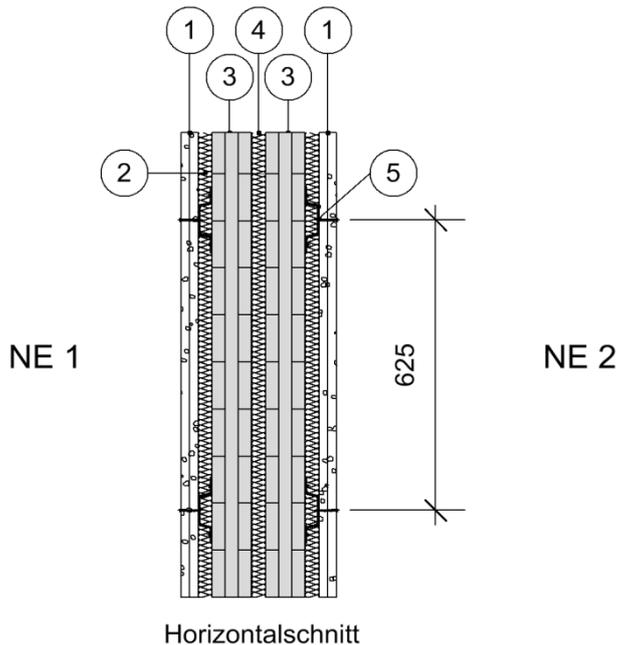
Holzschutz gemäß <i>DIN 68800-2: 2012-02</i>	GK 0
---	-------------

Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima.

IW 2 Innenwand, Holzmassivbauweise

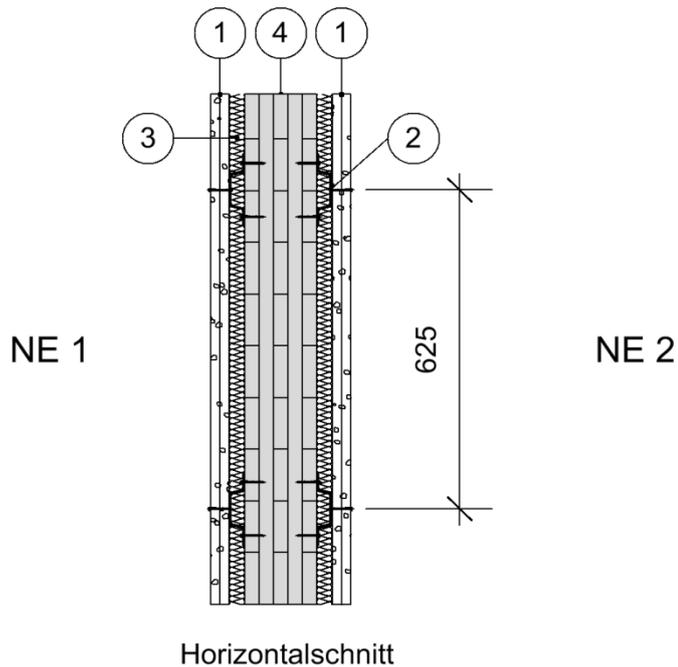
Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsplatte <i>Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180</i> oder 2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{1), 2), 4)}
2	Massivholzplatte, $t \geq 80$ mm
3	Federschien aus verzinktem Stahlblech, $t = 30$ mm ²⁾
4	Mineralwolldämmstoff (<i>DIN EN 13162</i>), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C ³⁾

Brandschutz	REI 60/K ₂ 60
In Anlehnung an abP <i>P-3534/5316-MPA BS [P2]</i> , <i>P-SAC 02/III-392 [P5]</i> , <i>P-SAC 02/III 320 [P9]</i> , <i>P-SAC 02/III 615 [P4]</i>	
¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich ²⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich ³⁾ Mindestrohdichte nach verwendetem abP $\rho \geq 15$ kg/m ³ bzw. $\rho \geq 25$ kg/m ³ ⁴⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP	
Die Verwendung von Brettsper Holz ist nicht in der M-HFH HolzR geregelt.	
Schallschutz	R _{w, R} = 47 dB
Messwert nach <i>PB 4.2/13-075-1</i> der MFPA Leipzig GmbH, vgl. Abschnitt 3.4. Das Schalldämmmaß kann durch Einfügen einer zusätzlichen Unterkonstruktion unter Schicht 1 verbessert werden, bei geringen Schallschutzanforderungen innerhalb einer Nutzereinheit können die Unterkonstruktionen auch wegfallen.	
Wärmeschutz	gemäß DIN 4108-2: 2013-02
Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 sind zu beachten.	
Holzschutz	GK 0
Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima.	

TW 1 Innentrennwand, Holzmassivbauweise


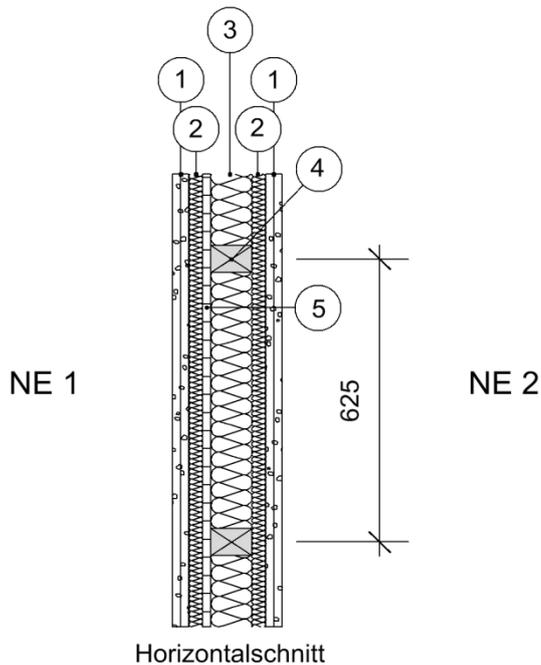
Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsplatte <i>Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180</i> oder 2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{1), 2), 4)}
2	Mineralwolldämmstoff (<i>DIN EN 13162</i>), Schmelzpunkt $\geq 1000\text{ °C}$ ³⁾
3	Massivholzplatte, $t \geq 80\text{ mm}$
4	Mineralwolldämmstoff (<i>DIN EN 13162</i>), Schmelzpunkt $\geq 1000\text{ °C}$ ⁴⁾ , $t = 40\text{ mm}$
5	Federschienen aus verzinktem Stahlblech, $t = 30\text{ mm}$ ²⁾

Brandschutz	REI 60/K ₂ 60
In Anlehnung an abP <i>P-3534/5316-MPA BS [P2]</i> , <i>P-SAC 02/III-392 [P5]</i> , <i>P-SAC 02/III 320 [P9]</i> , <i>P-SAC 02/III 615 [P4]</i>	
¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich ²⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich ³⁾ Mindestrohdichte nach verwendetem abP $\rho \geq 15\text{ kg/m}^3$ bzw. $\rho \geq 25\text{ kg/m}^3$ ⁴⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP	
Die Verwendung von Brettsperrholz ist nicht in der M-HFHolzR geregelt.	
Schallschutz	R _{w,R} = 65 dB
in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4	
Messwert nach <i>PB 4.2/13-075-1</i> der MFPA Leipzig GmbH bei Verwendung von $t = 100\text{ mm}$ für Schicht 3, vgl. Abschnitt 3.4.	
Wärmeschutz	
gemäß DIN 4108-2: 2013-02	
Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 sind zu beachten.	
Holzschutz	GK 0
gemäß DIN 68800-2: 2012-02	
Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima.	

TW 2 Innentrenwand, Holzmassivbauweise

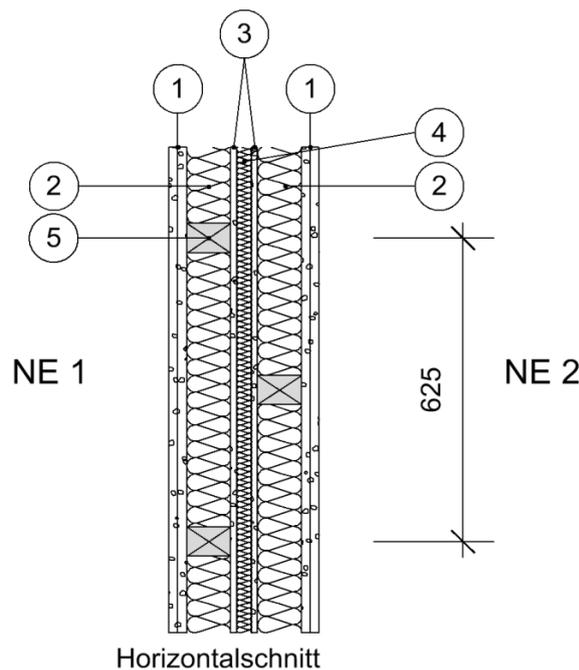
Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsplatte <i>Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180</i> oder 2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{1), 2), 4)}
2	Federschienen aus verzinktem Stahlblech, t = 30 mm ²⁾
3	Mineralwolldämmstoff (<i>DIN EN 13162</i>), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C ³⁾
4	Massivholzplatte, t ≥ 80 mm

Brandschutz	REI 60/K ₂ 60
In Anlehnung an abP P-3534/5316-MPA BS [P2], P-SAC 02/III-392 [P5], P-SAC 02/III 320 [P9], P-SAC 02/III 615 [P4]	
¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich ²⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich ³⁾ Mindestrohddichte nach verwendetem abP $\rho \geq 15$ kg/m ³ bzw. $\rho \geq 25$ kg/m ³ ⁴⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP	
Die Verwendung von Brettsperrholz ist nicht in der M-HFHolzR geregelt.	
Schallschutz	R _{w,R} = 54 dB
in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4	
Messwert nach PB 4.2/13-075-1 der MFPA Leipzig GmbH bei Verwendung von t = 140 mm für Schicht 4, vgl. Abschnitt 3.4. Der Schalldämmwert wurde gemessen ohne Mineralwolldämmung zwischen den Federschienen, hierbei wurde ein Wert von R _{w,R} = 49 dB festgestellt. Beim Einbau von Mineralwolle wie oben dargestellt ist ein Schalldämmwert von R _{w,R} = 54 dB zu erwarten.	
Wärmeschutz	
gemäß DIN 4108-2: 2013-02	
Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 sind zu beachten.	
Holzschutz	GK 0
gemäß DIN 68800-2: 2012-02	
Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima.	

TW 3 Innentrennwand, Holzständerbauweise


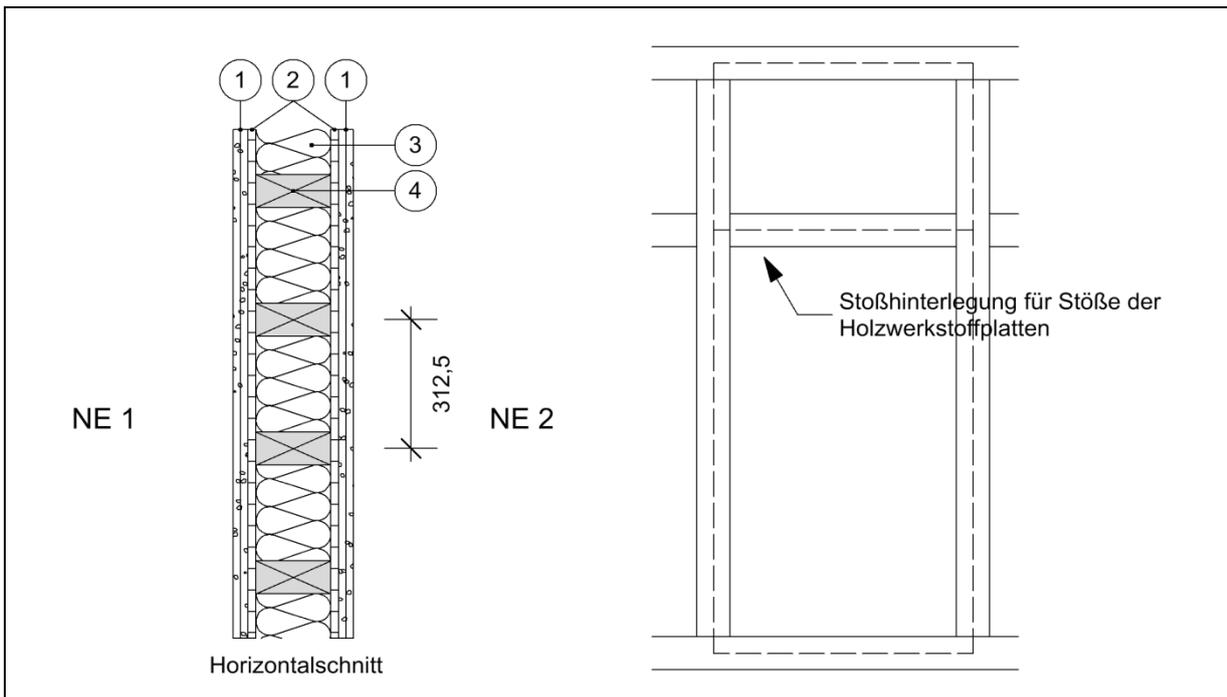
Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsplatte <i>Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180</i> oder 2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{1), 3), 5)}
2	Federschienen aus verzinktem Stahlblech, t = 30 mm ³⁾ mit dazwischen eingebautem Mineralwoll-dämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C ⁴⁾
3	Mineralwoll-dämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C ⁴⁾
4	Nadelschnittholz C24 (DIN EN 14081), u = 15 ± 3%, b x t = 60 mm x ... mm ²⁾
5	Holzwerkstoffplatte (DIN EN 13986), t = 13 mm, $\rho \geq 600$ kg/m ³

Brandschutz	REI 60/K₂60
abP P-3534/5316-MPA BS [P2], P-SAC 02/III-392 [P5], P-SAC 02/III 320 [P9], P-SAC 02/III 615 [P4]	
¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich ²⁾ Mindestquerschnitt gemäß abP, alternative Tragkonstruktion möglich, empfohlener Achsabstand 625 mm ³⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich ⁴⁾ Mindestrohddichte nach verwendetem abP $\rho \geq 15$ kg/m ³ bzw. $\rho \geq 25$ kg/m ³ ⁵⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP	
Schallschutz <i>in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4</i>	R_{w,R} = 58 dB
Ermittelter Wert bei Verwendung von b x t = 60 mm x 90 mm für Schicht 4, vgl. Abschnitt 3.4.	
Wärmeschutz <i>gemäß DIN 4108-2: 2013-02</i>	
Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 sind zu beachten.	
Holzschutz <i>gemäß DIN 68800-2: 2012-02</i>	GK 0
Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima.	

TW 4 Innentrennwand, Holzständerbauweise, zweischalig

Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsplatte Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180 oder 2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{1), 3), 5)}
2	Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt $\geq 1000\text{ °C}$ ⁴⁾
3	12,5 mm Gipsplatte Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180 oder 12,5 mm Gipsfaserplatte (ETA 03/0050) (nicht brandschutztechnisch relevant)
4	Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt $\geq 1000\text{ °C}$ ⁴⁾ , t = 30 mm
5	Nadelschnittholz C24 (DIN EN 14081), u = $15 \pm 3\%$, b x t = 60 mm x ... mm ²⁾

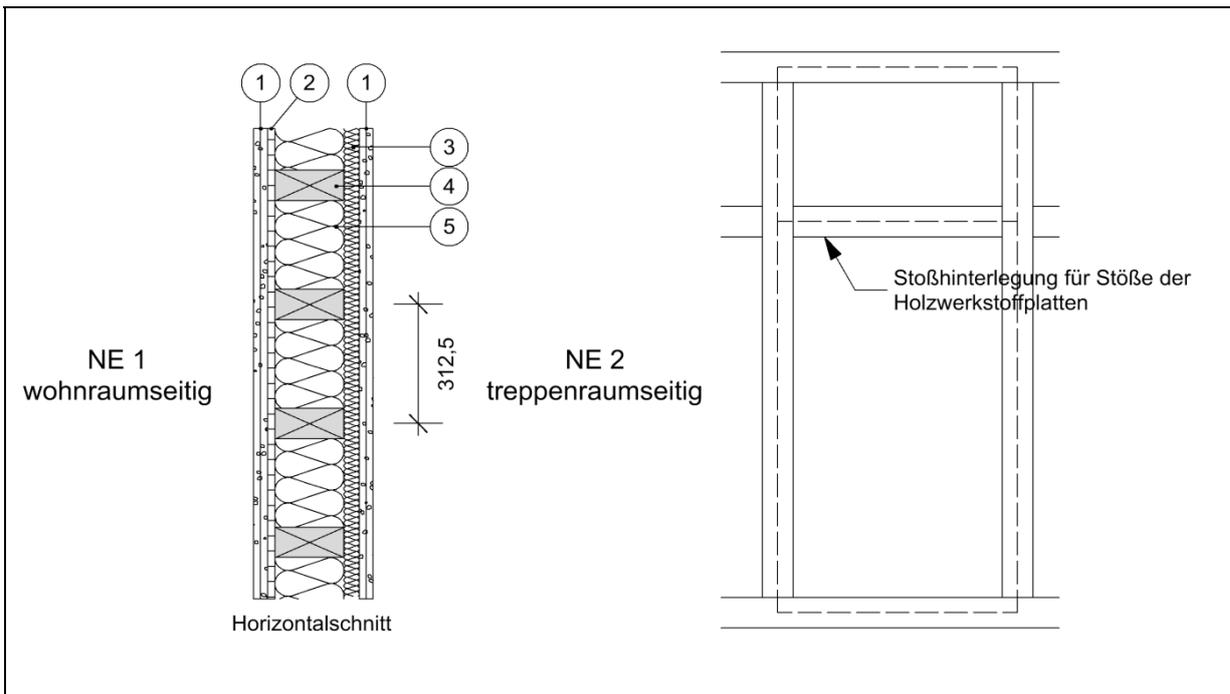
Brandschutz	REI 60/K ₂ 60
abP P-3534/5316-MPA BS [P2], P-SAC 02/III-392 [P5], P-SAC 02/III 320 [P9], P-SAC 02/III 615 [P4]	
¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich ²⁾ Mindestquerschnitt gemäß abP, alternative Tragkonstruktion möglich, empfohlener Achsabstand 625 mm ³⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich ⁴⁾ Mindestrohichte nach verwendetem abP $\rho \geq 15\text{ kg/m}^3$ bzw. $\rho \geq 25\text{ kg/m}^3$ ⁵⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP	
Schallschutz	R _{w, R} = 64 dB
in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4	
Messwert nach PB 4.2/13-075-1 der MFPA Leipzig GmbH bei Verwendung von b x t = 60 mm x 120 mm für Schicht 5, vgl. Abschnitt 3.4.	
Wärmeschutz	
gemäß DIN 4108-2: 2013-02	
Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 sind zu beachten.	
Holzschutz	GK 0
gemäß DIN 68800-2: 2012-02	
Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima.	

TW 5 Innentrennwand, Holzständerbauweise, mech. beanspruchbar


Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsplatte Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180 ¹⁾
2	Holzwerkstoffplatte (DIN EN 13986), t ≥ 19 mm, ρ ≥ 600 kg/m ³ gemäß abP [P3]
3	Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C, ρ ≥ 35 kg/m ³
4	Nadelschnittholz C24 (DIN EN 14081), u = 15 ± 3%, b x t ≥ 60 mm x 180 mm

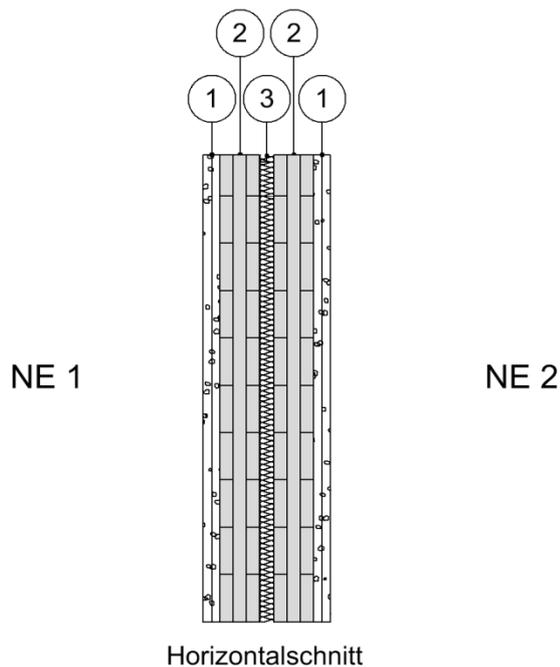
Brandschutz	REI-M 90/K₂60
abP P-3500/115/07-MPA BS [P3]	
¹⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP	
Schallschutz in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4	R_{w,R} = 48 dB
Ermittelter Wert, vgl. Abschnitt 3.4. Der Schalldämmwert der dargestellten Grundkonstruktion ist nicht ausreichend zur Erfüllung der Anforderungen an Wohnungstrennwände und Treppenraumwände (vgl. Abschnitt 2.5). Zur Verbesserung des Schalldämmmaßes können außerhalb der Brandschutzbekleidung zusätzlich Vorsatzschalen angebracht werden. Bei einer nur einseitig geforderten mechanischen Beanspruchbarkeit kann die Variante TW 5a verwendet werden.	
Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2: 2013-02	
Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 sind zu beachten.	
Holzschutz gemäß DIN 68800-2: 2012-02	GK 0
Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima.	

TW 5a

**Innentrennwand, Holzständerbauweise,
einseitig mechanisch beanspruchbar**


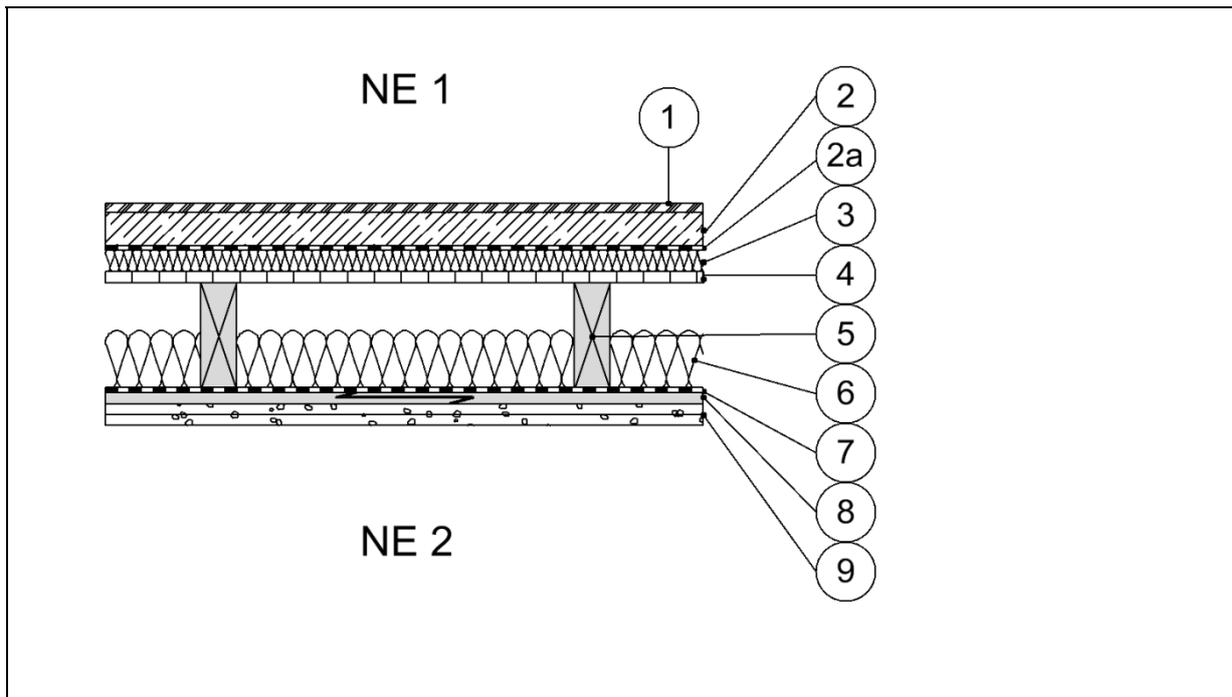
Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsplatte Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180 ¹⁾
2	Holzwerkstoffplatte (DIN EN 13986), t ≥ 19 mm, ρ ≥ 600 kg/m ³ gemäß abP [P3]
3	Federschienen aus verzinktem Stahlblech, t = 30 mm ²⁾ mit dazwischen eingebautem Mineralwoll-dämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C, ρ ≥ 25 kg/m ³
4	Nadelschnittholz C24 (DIN EN 14081), u = 15 ± 3%, b x t ≥ 60 mm x 180 mm
5	Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C, ρ ≥ 35 kg/m ³

Brandschutz	REI-M 90/K ₂ 60
In Anlehnung an abP P-3500/115/07-MPA BS [P3]	
¹⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP ²⁾ Alternative Unterkonstruktion möglich	
Es besteht nur eine einseitige mechanische Beanspruchbarkeit, die mechanisch beanspruchbare Seite (NE1) ist bei Treppenraumwänden wohnraumseitig anzubringen.	
Schallschutz	R _{w,R} = 52 dB
in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4	
Abgeschätzter Wert, die schalltechnische Eignung der Konstruktion ist gesondert nachzuweisen.	
Wärmeschutz	
gemäß DIN 4108-2: 2013-02	
Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 sind zu beachten.	
Holzschutz	GK 0
gemäß DIN 68800-2: 2012-02	
Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima.	

TW 6 Innentrennwand, Holzmassivbauweise, mech. beanspruchbar


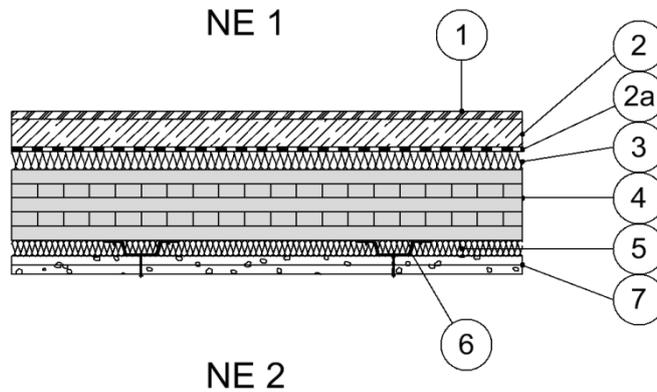
Schicht	Bezeichnung
1	2 x 18 mm Gipsplatte Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180 oder 2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{1), 3)}
2	Massivholzplatte, t ≥ 80 mm
3	Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C ²⁾

Brandschutz	REI-M 60/K ₂ 60
abP [P10] in Verbindung mit abP P-3534/5316-MPA BS [P2], P-SAC 02/III-392 [P5], P-SAC 02/III 320 [P9], P-SAC 02/III 615 [P4]	
¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich ²⁾ Mindestrohddichte nach verwendetem abP $\rho \geq 15 \text{ kg/m}^3$ bzw. $\rho \geq 25 \text{ kg/m}^3$ ³⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP	
Das zugrundeliegende abP [P10] ist nach BRL A Teil 3 Nr. 2.1 ausgestellt. Es bezieht sich nicht auf die Leistungseigenschaften der Brandschutzbekleidung. Für den Einsatzbereich hochfeuerhemmender Bauteile kann z. B. ein Abweichungsantrag im Rahmen eines objektspezifischen Brandschutzkonzeptes gestellt werden. Als Basis des Verwendbarkeitsnachweises hinsichtlich der Kapseleigenschaft „K ₂ 60“ können die abP [P2], [P5], [P9] und [P4] herangezogen werden.	
Schallschutz	R _{w,R} = 59 dB
in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4 Ermittelter Wert bei Verwendung von t = 100 mm für Schicht 3, vgl. Abschnitt 3.4.	
Wärmeschutz	
gemäß DIN 4108-2: 2013-02 Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 sind zu beachten.	
Holzschutz	GK 0
gemäß DIN 68800-2: 2012-02 Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima.	

TD 1 Geschosstrenndecke, Holzbalkenbauweise


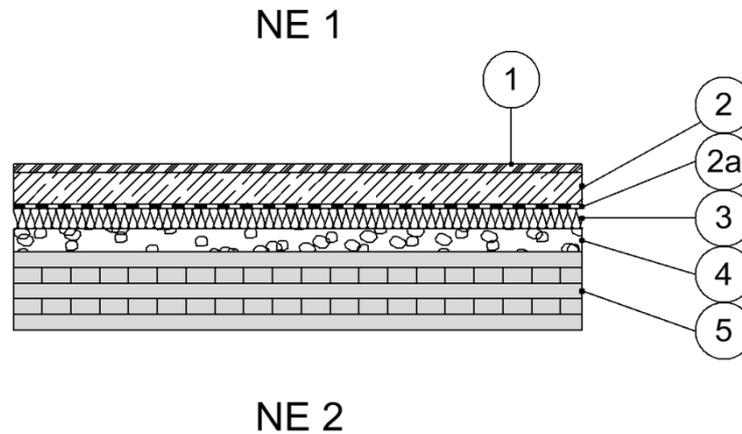
Schicht	Bezeichnung
1	Bodenbelag, in Treppenräumen Anforderung an Entflammbarkeit beachten
2, 2a	Zement- oder Anhydritestrich auf Trennlage, $t \geq 30$ mm oder Trockenstrichelemente nach abP
3	Trittschalldämmung aus Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162), $t \geq 20$ mm, $\rho \geq 25$ kg/m ³ , Schmelzpunkt ≥ 1000 °C
4	Holzwerkstoffplatte (DIN EN 13986), $t \geq 19$ mm, $\rho \geq 600$ kg/m ³
5	Nadelschnittholz C24 (DIN EN 14081), $u = 15 \pm 3\%$, $b \times t \geq 60$ mm x ... mm ¹⁾
6	Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C ²⁾
7	Funktionsschicht (z. B. Rieselschutz, diffusionshemmende Schicht oder Luftdichtheitsschicht, falls erforderlich)
8	Unterkonstruktion zur elastischen Aufhängung der Brandschutzbekleidung, Ausführung und Abstände nach AbP
9	2 x 18 mm Gipsplatte Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180 oder 2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{3), 4), 5)}

Brandschutz		REI 60/K ₂ 60
AbP P-3534/5456-MPA BS [P1], P-SAC 02/III-393 [P6], P-SAC 02/III 319 [P8]		
¹⁾ empfohlene Breite 60 mm, Höhe nach Statik, Mindestwerte nach abP, empfohlener Achsabstand 625 mm, alternative Konstruktionsbauteile nach abP möglich. ²⁾ Mindestrohddichte nach verwendetem abP $\rho \geq 15$ kg/m ³ bzw. $\rho \geq 25$ kg/m ³ ³⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich ⁴⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP ⁵⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich		
Schallschutz	<i>in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4</i>	$L_{n,w,R} = 48$ dB $R_{w,R} = 60$ dB
Unter Annahme von Zement- oder Anhydritestrich $t = 40$ mm, Trittschalldämmung $t = 40$ mm, an Federschiene befestigter Unterdecke sowie Deckenbalken 80 mm x 240 mm. Dieses Maß kann durch Variation des Fußbodenaufbaus und der Unterdeckenkonstruktion sowie durch das Einbringen einer zusätzlichen Schüttung auf bis zu ca. $L_{n,w,R} = 44$ dB verbessert werden. Umfangreiche Informationen dazu siehe Literaturquellen [19], [20].		
Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2: 2013-02		
Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 sind zu beachten.		
Holzschutz gemäß DIN 68800-2: 2012-02		GK 0
Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima.		

TD 2 Geschosstrenndecke, Massivholzbauweise


Schicht	Bezeichnung
1	Bodenbelag, in Treppenträumen Anforderung an Entflammbarkeit beachten
2, 2a	Zement- oder Anhydritestrich auf Trennlage, $t \geq 30$ mm oder Trockenstrichelemente nach abP
3	Trittschalldämmung aus nichtbrennbarem Dämmstoff mit Schmelzpunkt ≥ 1000 °C, $\rho \geq 25$ kg/m ³ , $t \geq 20$ mm
4	Massivholzplatte, $t \geq 80$ mm
5	Mineralwolldämmstoff (DIN EN 13162), Schmelzpunkt ≥ 1000 °C ⁴⁾
6	Federschiene aus verzinktem Stahlblech, $t = 30$ mm ²⁾
7	2 x 18 mm Gipsplatte Typ DF/GKF nach DIN EN 520/DIN 18180 oder 2 x 18 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283 ^{1), 2), 4)}

Brandschutz		REI 60/K ₂ 60
In Anlehnung an abP P-3534/5456-MPA BS [P1], P-SAC 02/III-393 [P6], P-SAC 02/III 319 [P8]		
¹⁾ alternative Plattenstärken und Lagenanzahlen gemäß abP möglich ²⁾ zusätzliche Holz- oder Metallunterkonstruktion nach abP möglich ³⁾ Mindestrohichte nach verwendetem abP $\rho \geq 15$ kg/m ³ bzw. $\rho \geq 25$ kg/m ³ ⁴⁾ Ausführung und Befestigung der Brandschutzbekleidung nach abP ⁵⁾ Brettsperrholz, Brettstapelbauweise		
Die Verwendung von Brettsperrholz ist nicht in der M-HFHolzR geregelt.		
Schallschutz	in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4	$L_{n,w,R} = 47$ dB $R_{w,R} = 58$ dB
Ermittelter Wert bei Verwendung von $t = 100$ mm für Schicht 3, vgl. Abschnitt 3.4. Das Schalldämmmaß kann z. B. durch das Einbauen einer Schüttung unter Schicht 3 verbessert werden.		
Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2: 2013-02		
Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 sind zu beachten.		
Holzschutz gemäß DIN 68800-2: 2012-02		GK 0
Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima. Die Luftdichtheit der Konstruktion ist nachzuweisen. Bei Verwendung von ausreichend dichtem Brettsperrholz kann die Luftdichtheit ohne weitere Maßnahmen erreicht werden, ansonsten ist eine Luftdichtungsschicht unter Schicht 4 einzubauen.		

TD 3 Geschosstrenndecke, Massivholzbauweise, unbekleidet


Schicht	Bezeichnung
1	Bodenbelag, in Treppenträumen Anforderung an Entflammbarkeit beachten
2, 2a	Zement- oder Anhydritestrich auf Trennlage, $t \geq 30$ mm oder Trockenstrichelemente nach abP
3	Trittschalldämmung aus nichtbrennbarem Dämmstoff mit Schmelzpunkt ≥ 1000 ° C, $\rho \geq 25$ kg/m ³ , $t \geq 20$ mm
4	gebundene Schüttung oder Schüttung in Wabenkarton, t je nach erwünschtem Schalldämmwert
5	Massivholzplatte, $t \geq 80$ mm ¹⁾

Brandschutz		REI 60
Deckenaufbau in Anlehnung an abP <i>P-3534/5456-MPA BS</i> [P1], <i>P-SAC 02/III-393</i> [P6], <i>P-SAC 02/III 319</i> [P8]		
1) Brettsperrholz, Brettstapelbauweise		
Die Verwendbarkeit von unbekleideten Massivholzbauteilen ist gesondert nachzuweisen. Es handelt sich nicht um ein Bauteil gemäß M-HFHolzR.		
Schallschutz	<i>in Anlehnung an DIN 4109, vgl. Abschnitt 3.4</i>	$L_{n,w,R} = 48$ dB
		$R_{w,R} = 58$ dB
Ermittelter Wert bei Verwendung von $t = 140$ mm für Schicht 3 und $t = 40$ mm für Schicht 4, vgl. Abschnitt 3.4. Das Schalldämmmaß kann durch unterschiedliche Fußbodenaufbauten variiert werden.		
Wärmeschutz		
<i>gemäß DIN 4108-2: 2013-02</i>		
Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 sind zu beachten.		
Holzschutz		GK 0
<i>gemäß DIN 68800-2: 2012-02</i>		
Innenbauteil mit Einbau in üblichem Wohnklima. Die Luftdichtheit der Konstruktion ist nachzuweisen. Bei Verwendung von ausreichend dichtem Brettsperrholz kann die Luftdichtheit ohne weitere Maßnahmen erreicht werden, ansonsten ist eine Luftdichtungsschicht unter Schicht 4 einzubauen.		

5.3 Konstruktionsdetails

5.3.1 Auswahl von Details

Jedes reale Bauwerk enthält eine Vielzahl von Konstruktionen und Detailpunkten, die wichtigsten sind in der Regel: Fenster und Fensteranschlüsse, Türen aller Art, Dachanschlüsse, Details für Flach- und Gründächer, Balkone, Auskragungen, Treppen und Aufzüge, Fundamentauflager. Diese Detailpunkte können jeweils mit einer großen Anzahl verschiedener Wand- bzw. Deckenaufbauten kombiniert werden. Hieraus ergibt sich eine nahezu unbegrenzte Vielzahl an möglichen Konstruktionsdetails, deren Gestaltung teilweise auch stark von der Architektur des Gebäudes beeinflusst wird. Es mussten daher für dieses Forschungsvorhaben eine begrenzte Anzahl von Details sinnvoll ausgewählt werden.

Mit einer sinngemäßen Übertragung der vorgestellten Konstruktionsprinzipien können auch weitere, hier nicht explizit dargestellte Details aus brandschutztechnischer Sicht korrekt geplant werden. Alle weiteren bauphysikalischen, technischen, praktischen und gestalterischen Erfordernisse bleiben hiervon unberührt und sind für den jeweiligen Einzelfall zu beurteilen. Es werden daher in den folgenden Abschnitten typische Standarddetails dargestellt und sollen als Basis dienen, auch anders aufgebaute Konstruktionen sinngemäß richtig planen zu können.

Jedes Detail hat eine Bezeichnung zur eindeutigen Zuordnung, sie setzt sich aus einer Abkürzung der Detailart und einer fortlaufenden Nummer zusammen (z. B. Wand/Decke 1 für Wand-Deckenstoß Nummer 1).

Tabelle 5-2 Übersicht über die Konstruktionsdetails

Typ	Beschreibung	Detailnummer
Wand/Decke	Innenwandknoten Holzständerbauwand mit Holzbalkendecke, Wand innerhalb einer Nutzeinheit	Wand/Decke 1
Wand/Decke	Innenwandknoten Holzständerbauwand mit Holzbalkendecke, Trennwand zwischen Nutzeinheiten	Wand/Decke 2
Wand/Decke	Innenwandknoten Holzmassivbauweise, einseitig unbelkleidete Decke	Wand/Decke 3
Wand/Decke	Innenwandknoten Holzmassivbauweise, zweischalige Wand	Wand/Decke 4
Wand/Decke	Innenwandknoten Holzmassivbauweise, durchlaufende Decke	Wand/Decke 5
Wand/Decke	Innenwandknoten Holzmassivbauweise, getrennte Decke	Wand/Decke 6
Wand/Decke	Außenwandknoten Holzständerbauweise mit Balkendecke, Putzfassade	Wand/Decke 7
Wand/Decke	Außenwandknoten Holzständerbauweise mit Balkendecke, Putzfassade, geteilter Kopfriegel	Wand/Decke 7a
Wand/Decke	Außenwandknoten Holzständerbauweise mit Balkendecke, Holzfassade	Wand/Decke 8
Wand/Decke	Außenwandknoten Holzständerbauweise mit Massivholzdecke, Putzfassade	Wand/Decke 9

Typ	Beschreibung	Detailnummer
Wand/Decke	Außenwandknoten Holzständerbauweise mit Massivholzdecke, Putzfassade, geteilter Kopfriegel	Wand/Decke 9a
Wand/Decke	Außenwandknoten Holzmassivbauweise, Putzfassade	Wand/Decke 10
Wand/Decke	Innenwandknoten, Deckenanschluss an Brandwand	Wand/Decke 11
Wand/Decke	Anschluss Dachkonstruktion an Treppenraumwand	Wand/Decke 12
Sockelpunkt	Sockelpunkt Holzständerbauaußenwand, Putzfassade	Fund 1
Sockelpunkt	Sockelpunkt Holzständerbauaußenwand, Holzfassade	Fund 2
Sockelpunkt	Sockelpunkt Holzmassivbauaußenwand, Putzfassade	Fund 3
Sockelpunkt	Sockelpunkt Holzmassivbauaußenwand, Holzfassade	Fund 4
Sockelpunkt	Sockelpunkt Innenwand	Fund 5
Fensteranschluss	Holzfenster in Holzständerbauwand mit Putzfassade	Fenster 1
Fensteranschluss	Holzfenster in Holzständerbauwand mit Holzfassade	Fenster 2
Fensteranschluss	Holzfenster in Holzmassivbauwand mit Putzfassade	Fenster 3
Fensteranschluss	Kunststofffenster in Holzständerbauwand mit Putzfassade	Fenster 4
Fensteranschluss	Einbau eines Fensters mit Rollladenkasten	Fenster 5
Abschottungen	Installationsschott in Holzbalkendecke	Schott 1
Abschottungen	Installationsschott in bekleideter Massivholzdecke	Schott 2
Abschottungen	Installationsschott in unbekleideter Massivholzdecke	Schott 3
Abschottungen	Klassifizierter Schacht in Massivholzdecke	Schott 4
Abschottungen	Klassifizierter Schacht in Holzbalkendecke	Schott 5
Attikadetail	Attikaanschluss Holzständerwand mit Holzfassade an Massivholzdecke	Attika 1
Attikadetail	Attikaanschluss Massivholzwand mit Holzfassade an Massivholzdecke	Attika 2
Eckstoß	Außenecke Holzständerbau mit Holzfassade	Ecke 1
Eckstoß	Innenecke Holzständerbau mit Holzfassade	Ecke 2
Eckstoß	Außenecke Holzmassivbau mit Putzfassade	Ecke 3
Anschluss an nicht-tragendes Bauteil	Anschluss Holzständerbauwand an Wand mit geringerer Brandschutzklassifikation	Nt 1
Anschluss an nicht-tragendes Bauteil	Anschluss Holzbalkendecke an Wand mit geringerer Brandschutzklassifikation	Nt 2
Anschluss nbb	Anschluss von hochfeuerhemmenden Holzdecken an Wände aus nichtbrennbaren Baustoffen	Nbb 1
Anschluss nbb	Anschluss von hochfeuerhemmenden Wänden an Wände aus nichtbrennbaren Baustoffen	Nbb 2

5.3.2 Elementstöße

Elementstöße von Wand- und Deckenbauteilen werden erforderlich aufgrund von Größenbeschränkungen in der Vorfertigung und bei notwendigen Transporten.

Entwurfsbestimmend ist die Montierbarkeit vor Ort sowie ggf. die sichere Übertragung aller auftretenden Kräfte. Ansonsten sollen alle anderen Eigenschaften möglichst wenig von den Werten in der Fläche abweichen, optisch ist oft eine fugenlose Fertigoberfläche erwünscht. Hinsichtlich des Brandschutzes gibt es keine Besonderheiten, alle in der Fläche gültigen Grundsätze wie Fugenversatz, Befestigungsabstände etc. sind auch am Elementstoß einzuhalten. Die Ausführung der Fugen und ggf. Stoßüberlappungen erfolgt nach dem jeweils verwendeten Prüfzeugnis. Es kann sinnvoll sein, im Anschlussbereich die Brandschutzbekleidung in der Werksfertigung teilweise auszusparen und nachträglich bauseits zu ergänzen. Die Luftdichtheit der Bauteile ist auch an Bauteilstößen durch entsprechende Anschlüsse der Dichtungsschichten zu gewährleisten. Die Rauchdichtheit von Bauteilen ist in der Regel bei ausreichender Luftdichtheit ohne weitere Maßnahmen gewährleistet.

5.3.3 Wand-Deckenknoten

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

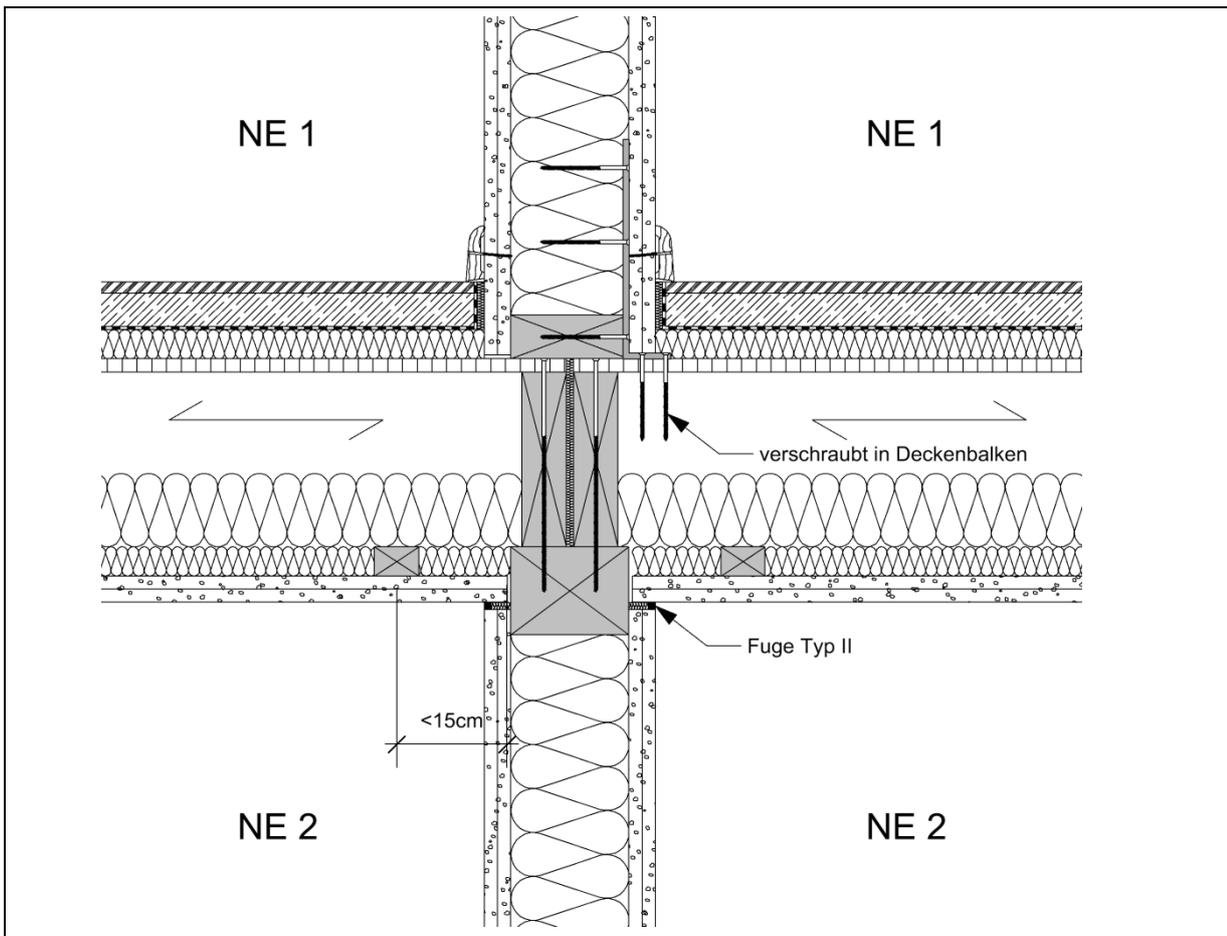
- Die statische Belastung muss berücksichtigt werden, insbesondere hinsichtlich der Anordnung, Art und Anzahl von Verbindungsmitteln sowie der ggf. vorliegenden Querverpressung von horizontal eingebauten Bauteilen wie Deckenbalken oder -platten.
- Soweit eine Brandschutzbekleidung an mindestens einer an den Stoß angrenzenden Fläche vorhanden ist, muss die Eckfugenausbildung entsprechend der M-HFH HolzR 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.

Bei den dargestellten Details handelt es sich um eine Auswahl von Konstruktionen, die nach Ansicht der Verfasser für viele Fälle geeignet sind und nach den o. g. Gesichtspunkten

punkten gestaltet und optimiert wurden, aber je nach den Anforderungen eines konkreten Projektes möglicherweise sinngemäß ergänzt, abgeändert bzw. angepasst werden müssen.

Elastomerlager werden nur in einigen Details dargestellt, obwohl diese in mehreren realisierten Bauvorhaben verwendet wurden und bestimmte schallschutztechnische Vorteile ergeben können. Eine allgemeine Empfehlung für oder gegen die Verwendung von Elastomerlagern kann an dieser Stelle nicht abgegeben werden, da immer die konkrete Nutzungssituation und Gesamtgeometrie des Bauwerks berücksichtigt werden muss (vgl. Abschnitt 2.5 und 0). Der Einbau solcher Lager ist aber in allen dargestellten Konstruktionen aus brandschutztechnischer Sicht problemlos möglich.

Es wurden bei der Konstruktion der Details keine statischen Berechnungen aufgestellt bzw. zugrunde gelegt, die Gestaltung erfolgte in dieser Hinsicht aufgrund von Erfahrungswerten bzw. anhand von geeigneten Beispielbauwerken. Die statische Tragfähigkeit muss immer auf das jeweilige Projekt bezogen beurteilt werden. Materialquerschnitte, Verbindungsmittel etc. sind entsprechend der statischen Berechnung auszuführen. In vielen realisierten Bauwerken kommen für statisch hochbelastete Wand/Deckenknoten auch Sonderlösungen mit Stahlbauteilen, Spezialverbindern und Ähnlichem zum Einsatz. Bei besonders hohen Bauwerken werden diese Verbindungen oft entwurfsbestimmend, da sie einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtbauwerks ausüben und auch die Grundrissgestaltung auf die statischen Anforderungen abgestimmt werden muss. Das Spektrum der Möglichkeiten ist hier sehr hoch, es hat sich noch keine „Standardbauweise“ durchgesetzt. Es wurden daher keine derartigen Sonderlösungen in die Beispieldetails aufgenommen. Soweit solche Lösungen in einer konkreten Bauplanung zum Einsatz kommen, können die dargestellten Grundsätze z. B. hinsichtlich der Fugenausführung der Brandschutzbekleidung sinngemäß übernommen werden.

Wand/Decke 1 Innenwandknoten Holzständerbauwand mit Holzbalkendecke

flächige Bauteile IW 1, TD 1

Beschreibung

Innenwandknoten einer Holzbalkendecke mit einer Holzständerwand.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Die Deckenbalken können auch durchlaufend ausgeführt werden, in diesem Fall ist eine Verblockung aus statischen Gründen i. d. R. erforderlich.

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich.

Es können verschiedene Varianten der Wand/Deckenfuge ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2).

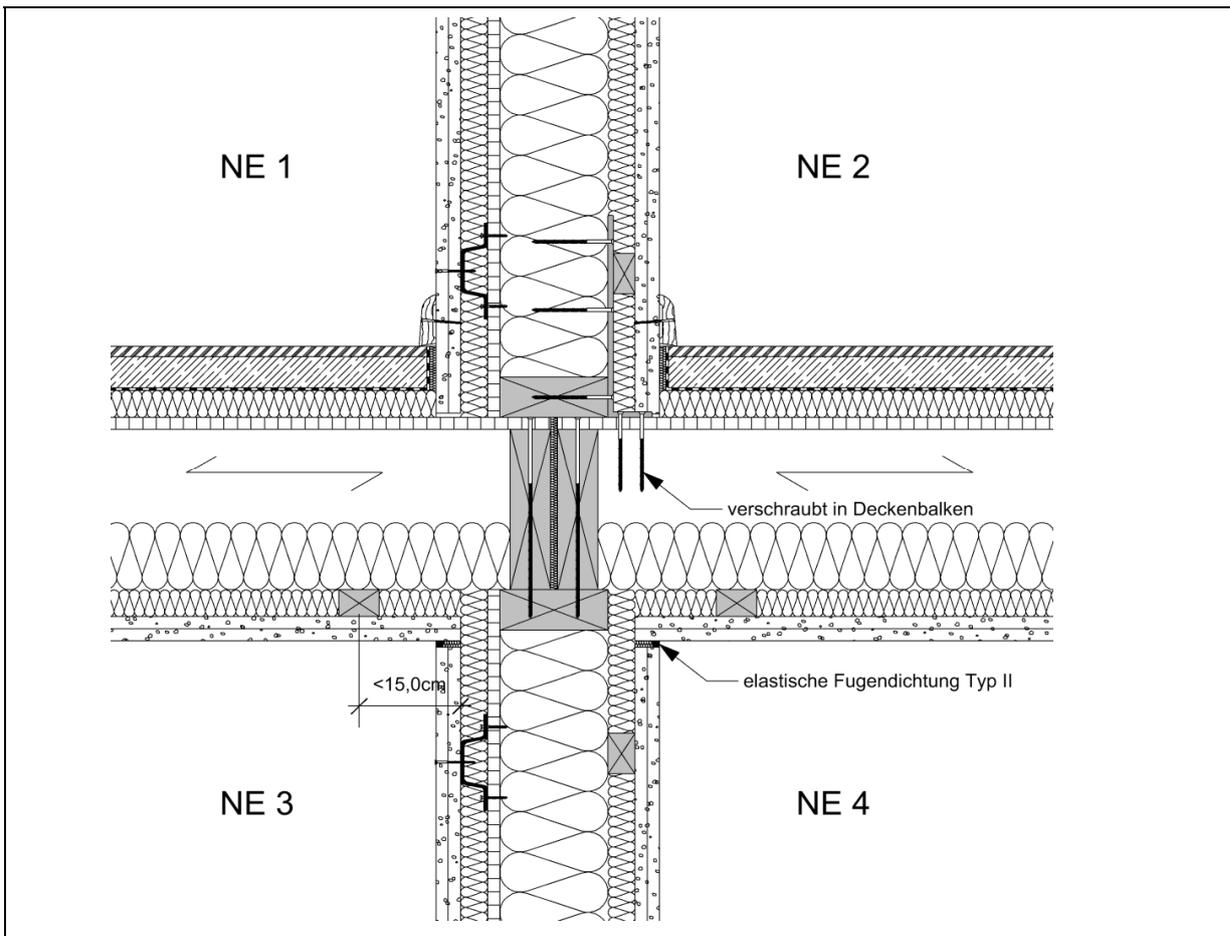
Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Einfacher Wandaufbau, wegen geringem Schalldämmwert i. d. R. nicht als Trennwand zwischen Nuteinheiten geeignet.

Es ergeben sich wegen der quer eingebauten Hölzer verhältnismäßig hohe Querdrukverformungen. Ggf. kann der Einsatz von hochfesten Holzwerkstoffen zur Verringerung dieser Verformungen sinnvoll sein.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 2 Innenwandknoten Holzständerbauwand mit Holzbalkendecke

flächige Bauteile TW 3, TD 1

Beschreibung

Innenwandknoten einer Holzbalkendecke mit einer Holzständerwand. Wandaufbau mit beidseitigen Vorsatzschalen für hohe Schalldämmung zwischen getrennten Nuteinheiten.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Die Deckenbalken können auch durchlaufend ausgeführt werden, in diesem Fall ist in der Regel aus statischen Gründen eine Verblockung erforderlich.

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich.

Es können verschiedene Varianten der Wand/Deckenfuge ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2).

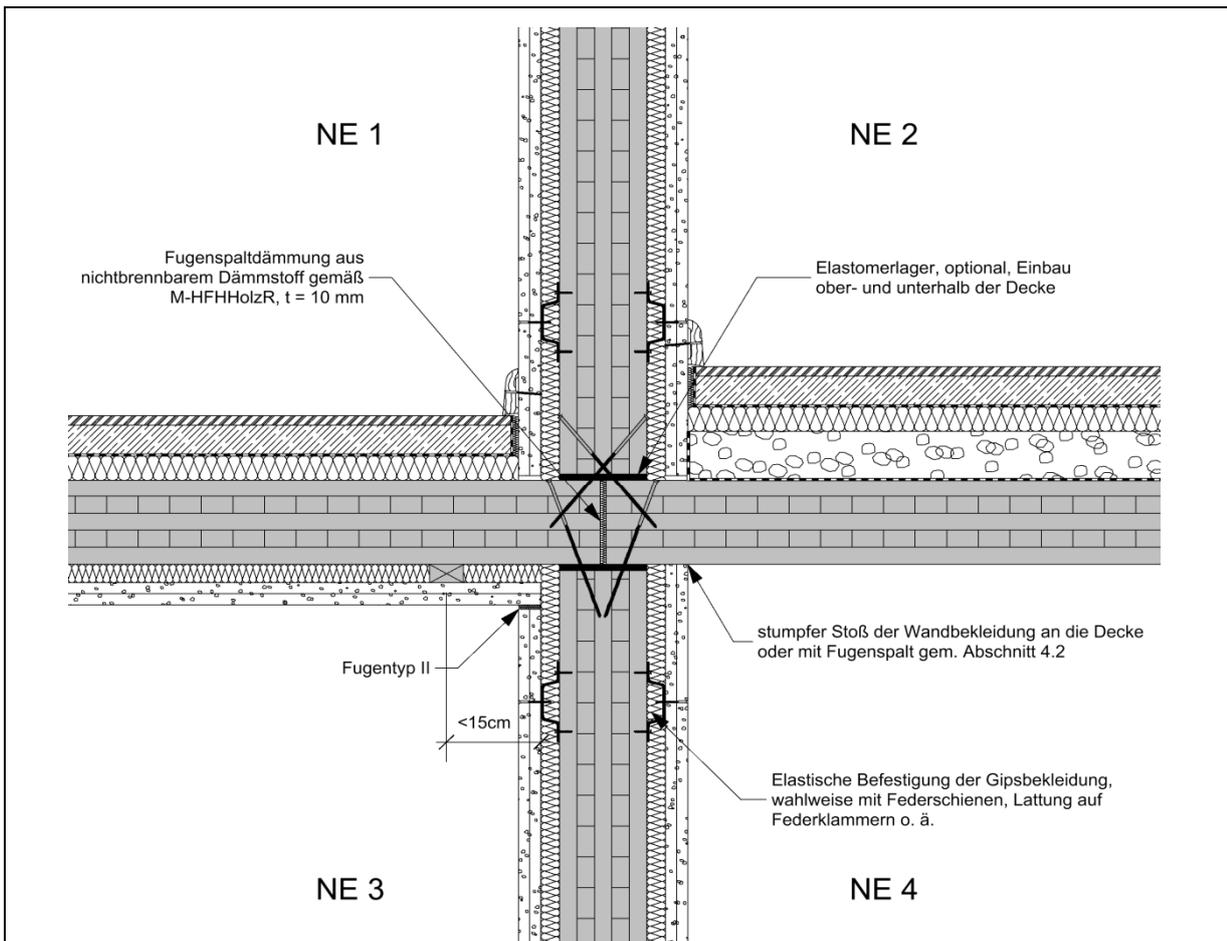
Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Die Befestigung der Vorsatzschalen kann mit Lattung oder Federschienен ausgeführt werden, bei den Varianten sind dargestellt.

Es ergeben sich wegen der quer eingebauten Hölzer verhältnismäßig hohe Querdruckverformungen. Ggf. kann der Einsatz von hochfesten Holzwerkstoffen zur Verringerung dieser Verformungen sinnvoll sein.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 3 Innenwandknoten Holzmassivbauweise

flächige Bauteile TW 2, TD 2/TD 3
Beschreibung

Innenwandknoten in Massivholzbauweise. Wandaufbau mit beidseitigen Vorsatzschalen für hohe Schalldämmung zwischen getrennten Nutzeinheiten.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich, Links und rechts sind zwei Varianten mit bekleideter und un-bekleideter Decke dargestellt.

Es können verschiedene Varianten der Wand/Deckenfuge ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2).

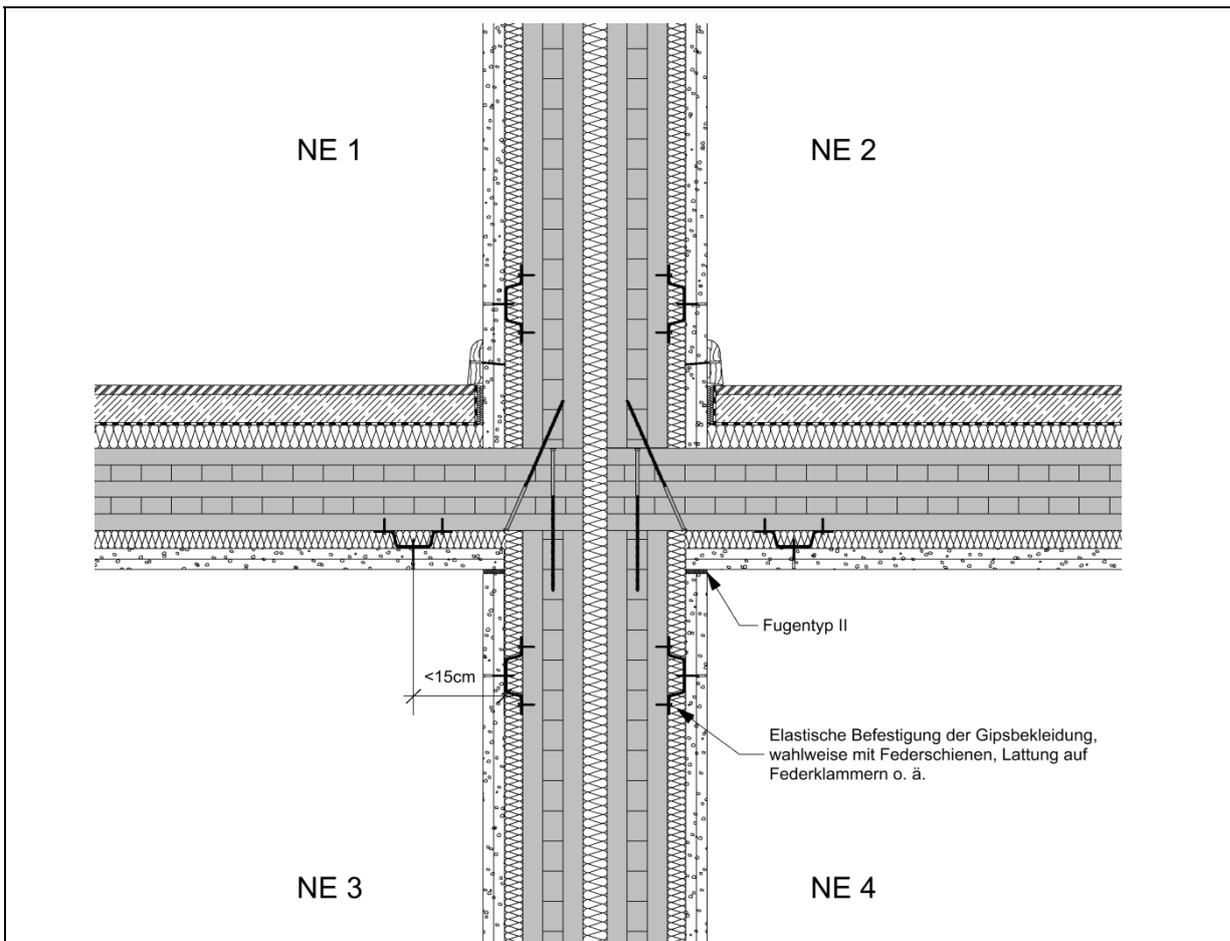
Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Die dargestellten Elastomerlager sind optional, Ausführung gemäß Schallschutznachweis.

Die baurechtliche Verwendbarkeit von un-bekleideten Massivholzdecken ist gesondert nachzuweisen.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 4 Innenwandknoten Holzmassivbauweise, zweischalige Wand

flächige Bauteile TW 1, TD 2

Beschreibung

Innenwandknoten in Massivholzbauweise. Zweischaliger Wandaufbau mit beidseitigen Vorsatzschalen für sehr hohe Schalldämmung zwischen getrennten Nutzeinheiten.

Alternativbauarten, Anmerkungen

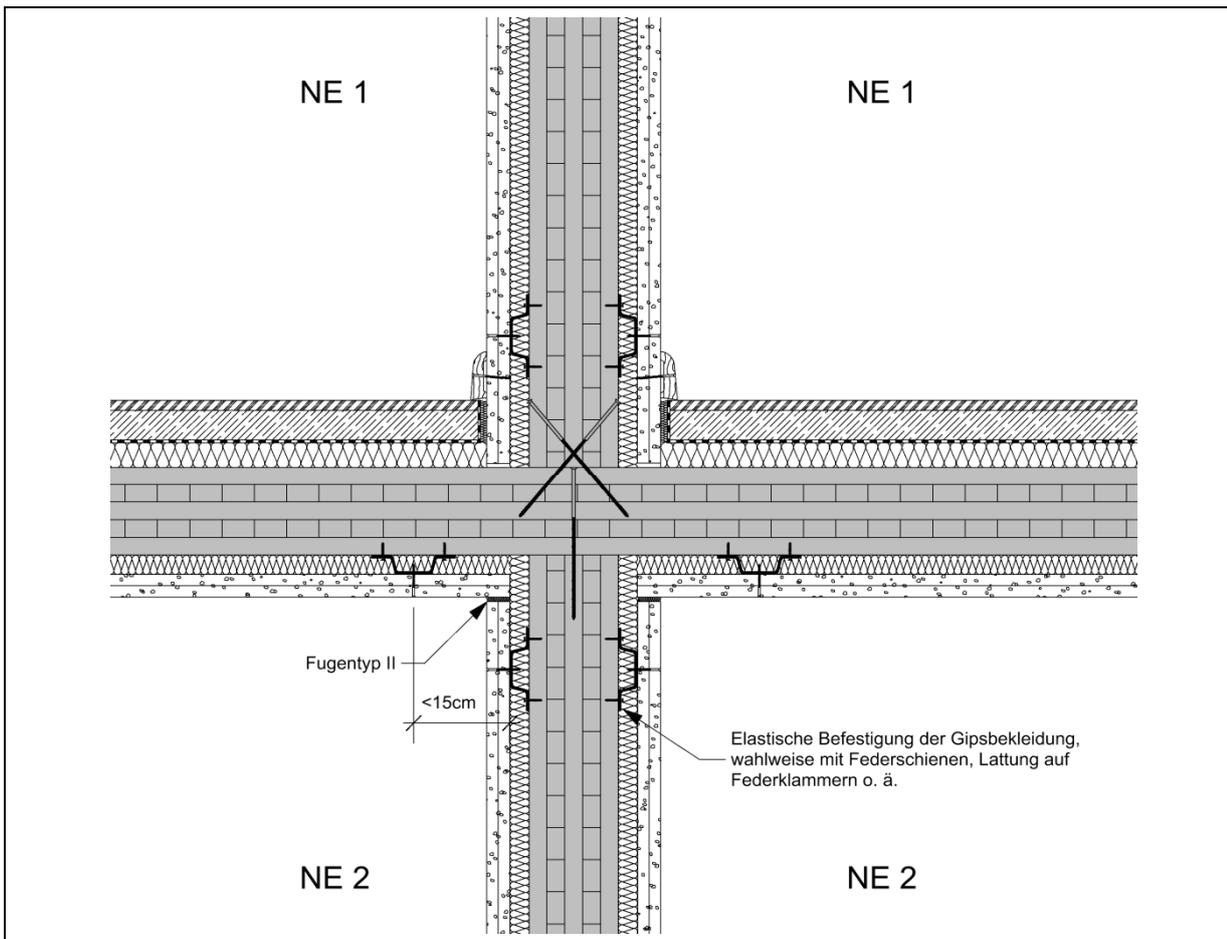
Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich.

Es können verschiedene Varianten der Wand/Deckenfuge ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2).

Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 5 Innenwandknoten Holzmassivbauweise


flächige Bauteile

TW 2, TD 2

Beschreibung

Innenwandknoten in Massivholzbauweise. Wandaufbau mit beidseitigen Vorsatzschalen.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich.

Es können verschiedene Varianten der Wand/Deckenfuge ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2).

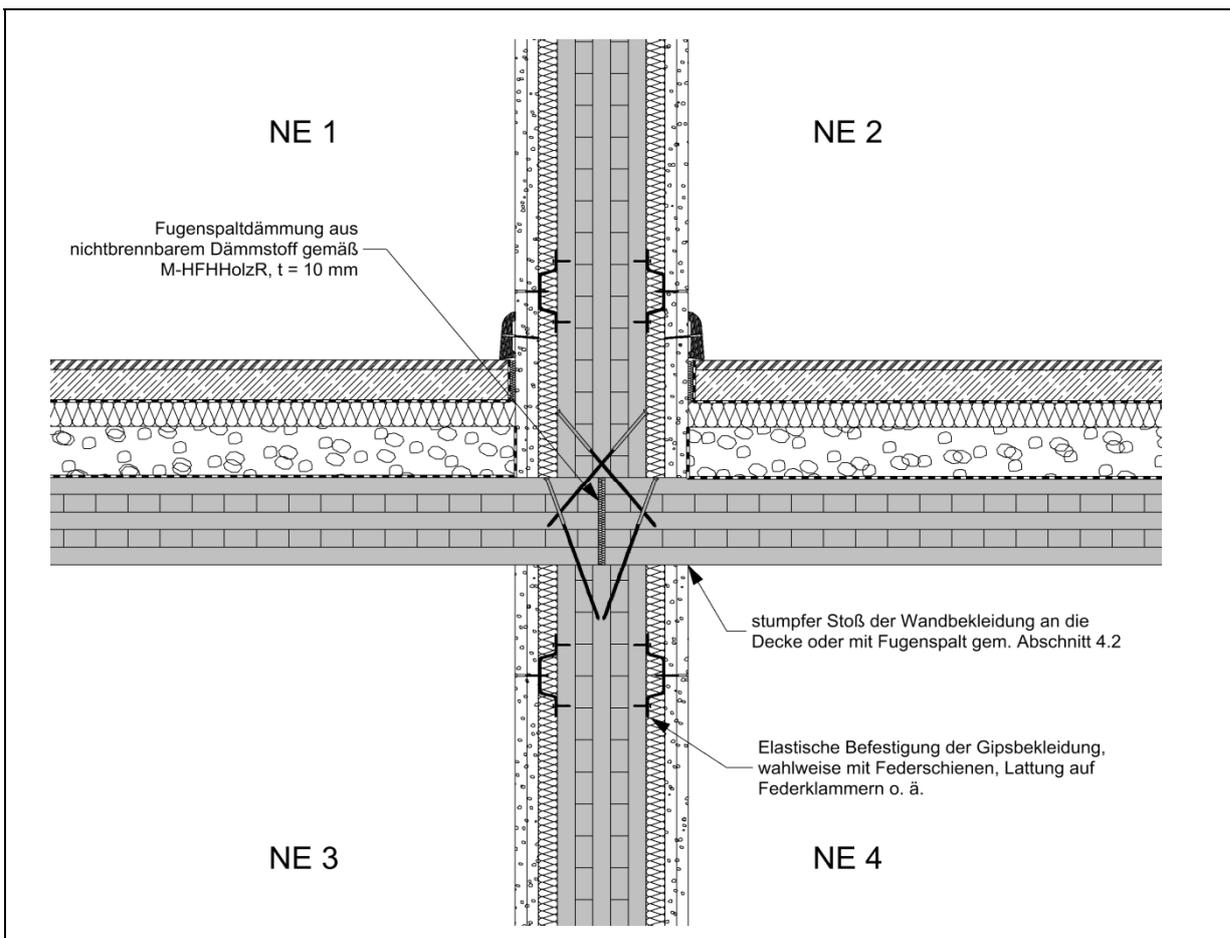
Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Wegen der Schall-Flankenübertragung infolge der durchlaufenden Decke wird diese Bauweise nicht als Trennung zwischen verschiedenen Nuteinheiten empfohlen.

Je nach Schallschutzanforderung kann die Wand auch mit einseitigen oder ohne Vorsatzschalen ausgeführt werden (IW2).

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 6 Innenwandknoten Holzmassivbauweise


flächige Bauteile

TW 2, TD 3

Beschreibung

Innenwandknoten in Massivholzbauweise mit unbekleideten Dechenuntersichten. Wandaufbau mit beidseitigen Vorsatzschalen.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich.

Es können verschiedene Varianten der Wand/Deckenfuge ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2).

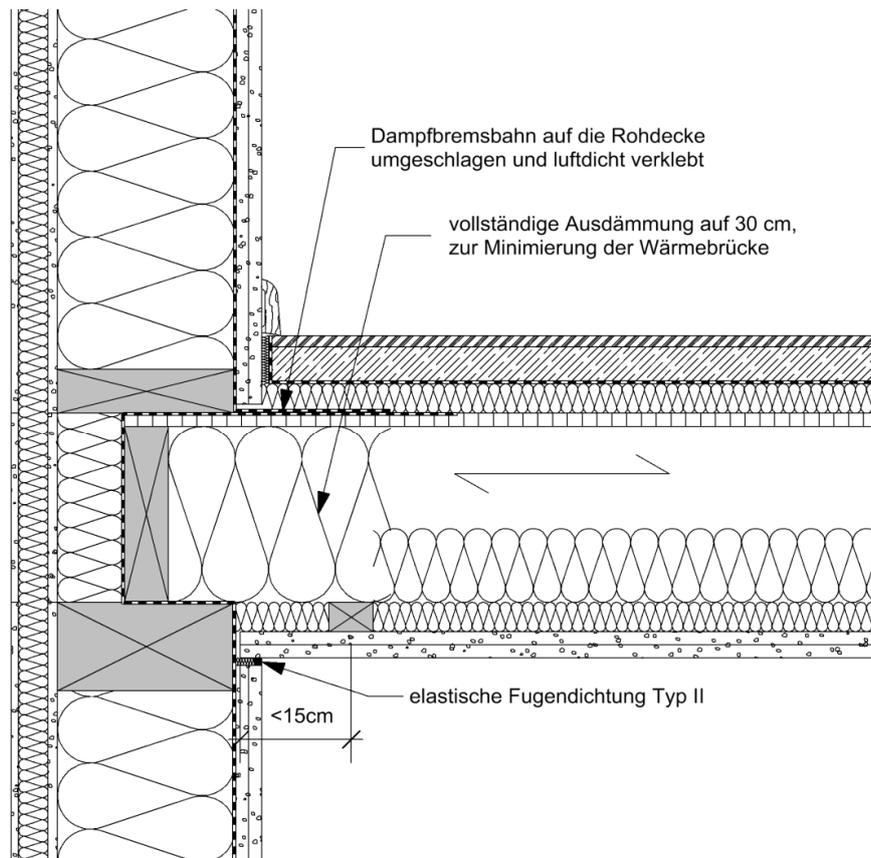
Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Je nach Schallschutzanforderungen können zusätzlich Elastomerlager zur Reduzierung der Flankenübertragung verwendet werden.

Die baurechtliche Verwendbarkeit von unbekleideten Massivholzdecken ist gesondert nachzuweisen.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 7 Außenwandknoten Holzständerbauweise, Putzfassade

flächige Bauteile **AW 1, TD 1**
Beschreibung

Außenwandknoten in Holzständerbauweise, Ausführung mit Putzfassade
 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich.

Es können verschiedene Varianten der Wand/Deckenfuge ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2).

Verbindungsmittel sind aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Verbindung z. B. mit Winkeln und Schrauben. Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

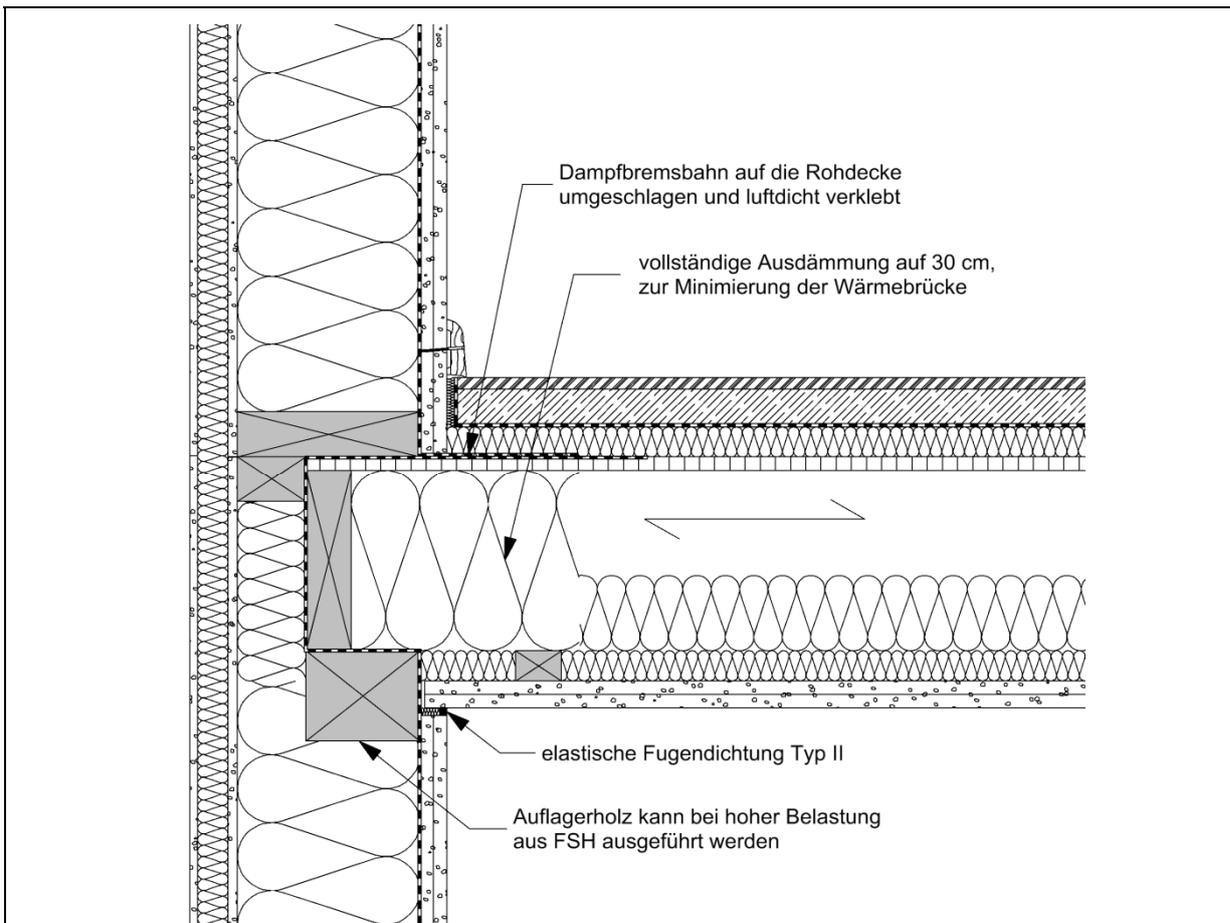
Im WDVS und den Dichtungsschichten sind geeignete Montagestöße vorzusehen.

Bei hoher statischer Belastung können die Riegel und der Randbalken der Decke aus Hartholz oder Furnierschichtholz ausgeführt werden.

Insbesondere bei hohen Lasten sind mögliche Setzungen bei der Ausbildung des WDVS zu berücksichtigen. Gegebenenfalls muss eine horizontale Dehnungsfuge eingeplant werden.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 7a Außenwandknoten Holzständerbauweise, Putzfassade

flächige Bauteile **AW 1, TD 1**
Beschreibung

Außenwandknoten in Holzständerbauweise, Ausführung mit Putzfassade

Alternativausführung mit geteiltem Kopfriegel

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich.

Es können verschiedene Varianten der Wand/Deckenfuge ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2).

Verbindungsmittel sind aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Verbindung z. B. mit Winkeln und Schrauben. Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

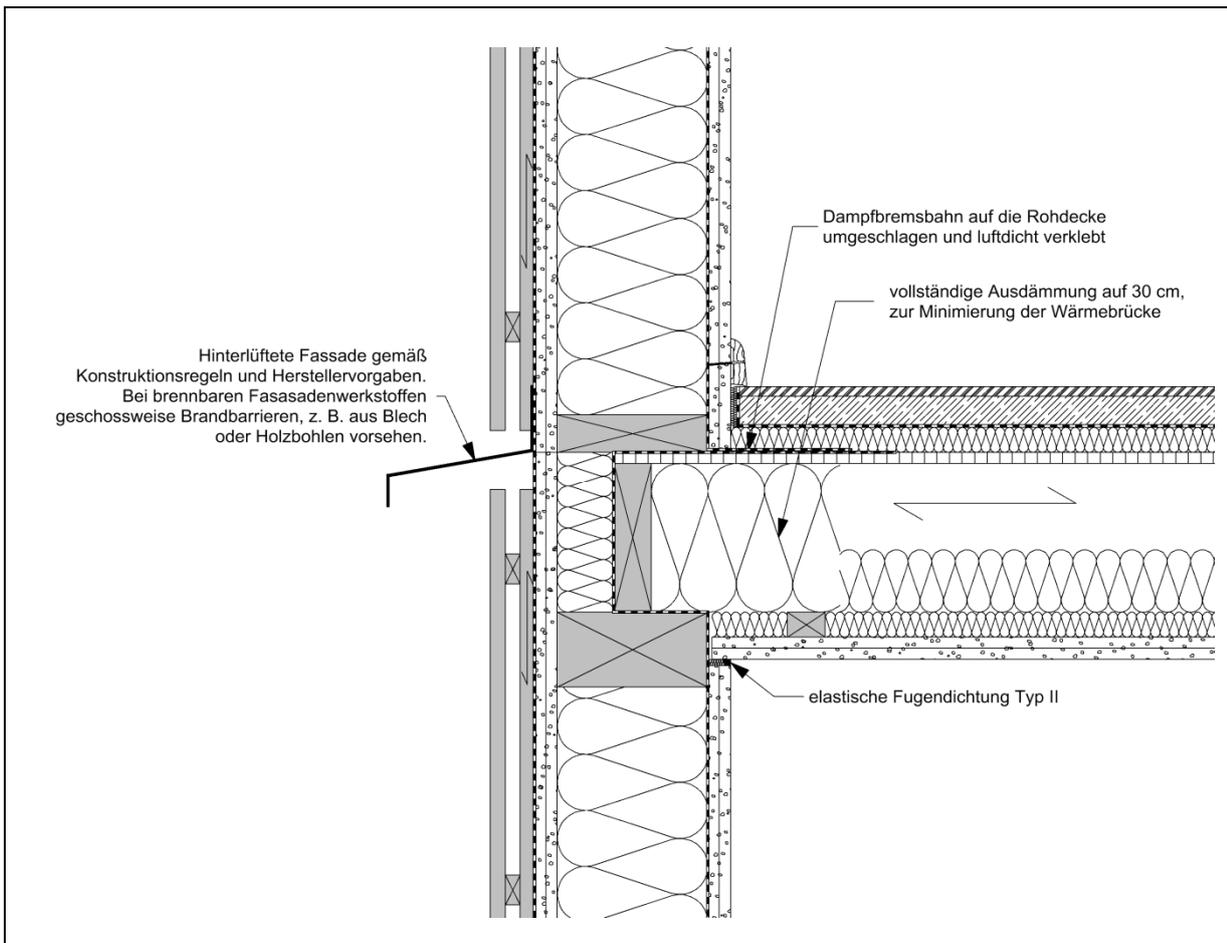
Im WDVS und den Dichtungsschichten sind geeignete Montagestöße vorzusehen.

Variante mit geteiltem Kopfriegel für erhöhte statische Beanspruchung. Bei Bedarf können die Riegel und der Randbalken der Decke aus Hartholz oder Furnierschichtholz ausgeführt werden.

Insbesondere bei hohen Lasten sind mögliche Setzungen bei der Ausbildung des WDVS zu berücksichtigen. Gegebenenfalls muss eine horizontale Dehnungsfuge eingeplant werden.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFH HolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 8 Außenwandknoten Holzständerbauweise, Holzfassade

flächige Bauteile **AW 2, TD 1**
Beschreibung

Außenwandknoten in Holzständerbauweise, Ausführung mit Holzfassade
 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich.

Es können verschiedene Varianten der Wand/Deckenfuge ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2).

Verbindungsmittel sind aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Verbindung z. B. mit Winkeln und Schrauben. Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

In den Dichtungsschichten sind geeignete Montagestöße vorzusehen.

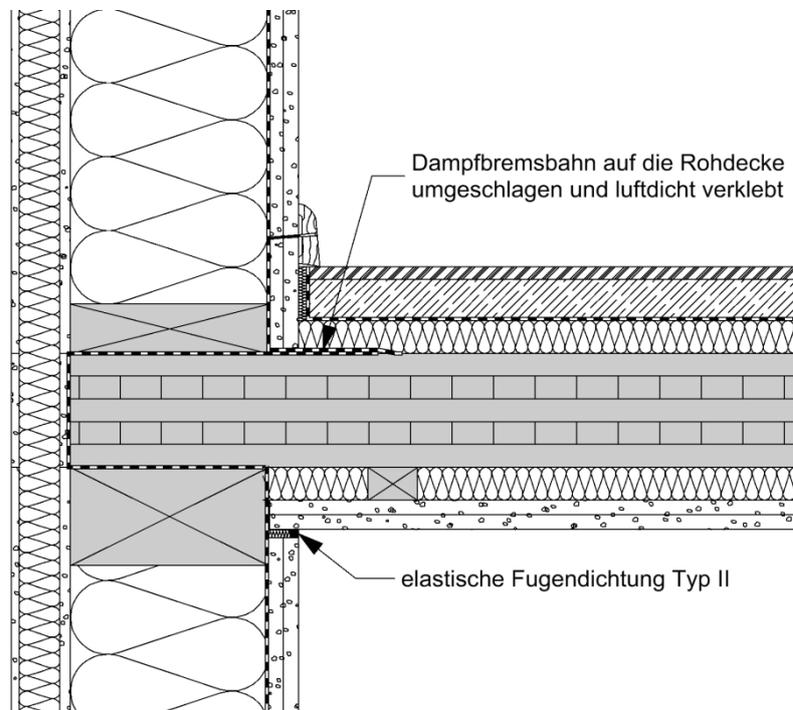
Bei hoher statischer Belastung können die Riegel und der Randbalken der Decke aus Hartholz oder Furnierschichtholz ausgeführt werden. Außerdem ist eine Ausführung mit geteiltem Kopfriegel analog zu Detail Wand/Decke 7a möglich.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 9

Außenwandknoten Holzständerbauweise mit Massivholzdecke, Putzfassade



flächige Bauteile

AW 1, TD 2

Beschreibung

Außenwandknoten in Holzständerbauweise mit Massivholzdecke, Ausführung mit Putzfassade
Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich.

Es können verschiedene Varianten der Wand/Deckenfuge ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2).

Verbindungsmittel sind aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Verbindung z. B. mit Winkeln und Schrauben. Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

In den Dichtungsschichten sind geeignete Montagestöße vorzusehen.

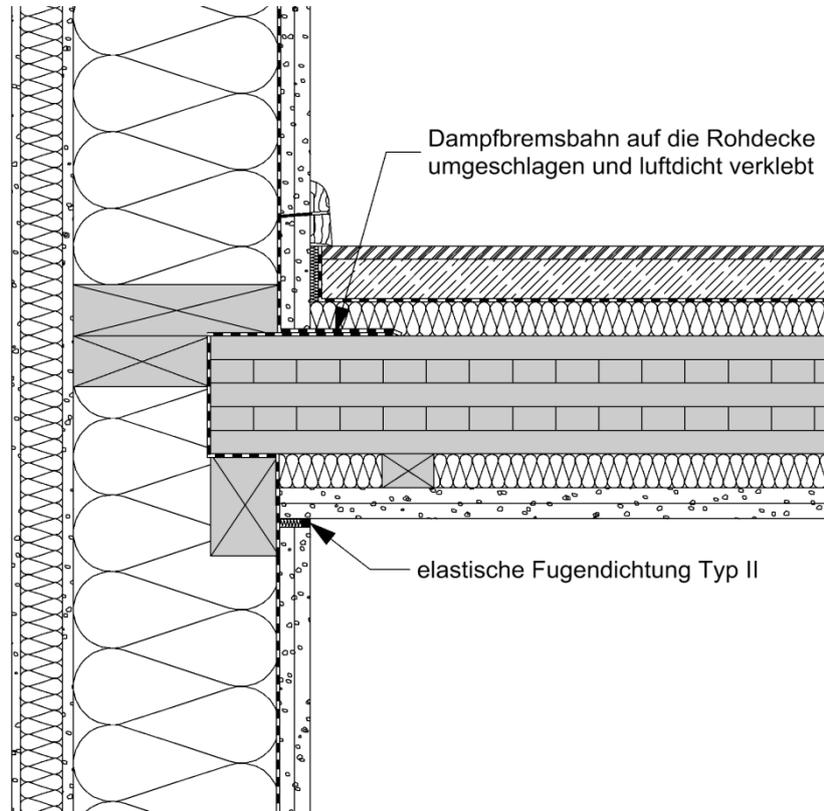
Die Decke kann auch ohne Bekleidung ausgeführt werden (TD3), in diesem Fall ist ein gesonderter Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

Insbesondere bei hohen Lasten sind mögliche Setzungen bei der Ausbildung des WDVS zu berücksichtigen. Gegebenenfalls muss eine horizontale Dehnungsfuge eingeplant werden.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFH HolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 9a

Außenwandknoten Holzständerbauweise mit Massivholzdecke,
Putzfassade

flächige Bauteile

AW 1, TD 2

Beschreibung

Außenwandknoten in Holzständerbauweise mit Massivholzdecke, Ausführung mit Putzfassade
Alternativausführung mit geteiltem Kopfriegel

Alternativbauarten, Anmerkungen

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich.

Es können verschiedene Varianten der Wand/Deckenfuge ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2).

Verbindungsmittel sind aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Verbindung z. B. mit Winkeln und Schrauben. Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

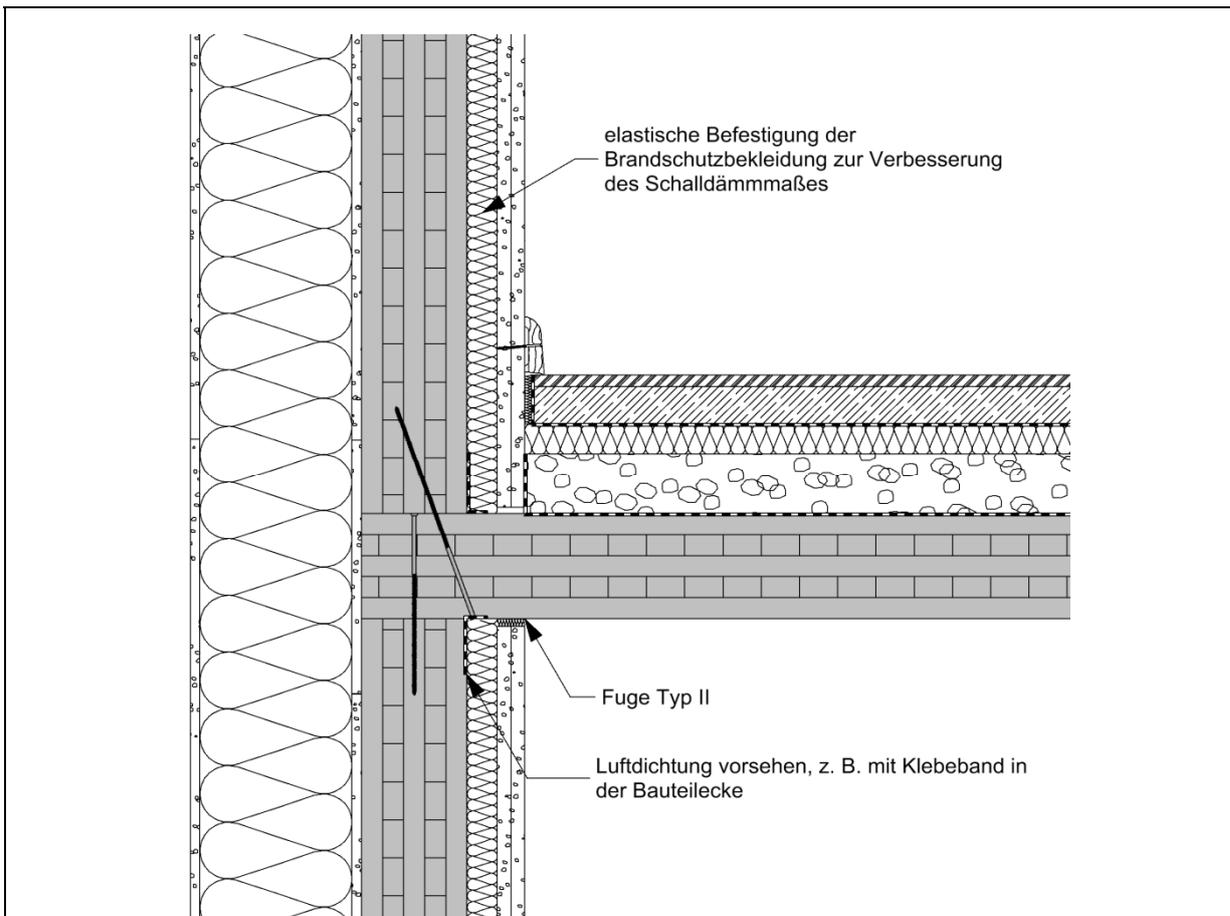
In den Dichtungsschichten sind geeignete Montagestöße vorzusehen.

Die Decke kann auch ohne Bekleidung ausgeführt werden (TD3), in diesem Fall ist ein gesonderter Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

Insbesondere bei hohen Lasten sind mögliche Setzungen bei der Ausbildung des WDVS zu berücksichtigen. Gegebenenfalls muss eine horizontale Dehnungsfuge eingeplant werden.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 10 Außenwandknoten Holzmassivbauweise, Putzfassade

flächige Bauteile **AW 3, TD 3**
Beschreibung

Außenwandknoten in Holzmassivbauweise mit Massivholzdecke, Ausführung mit Putzfassade
 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich, Ausführung z. B. mit bekleideter Deckenuntersicht (TD2).

Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Je nach Schallschutzanforderungen können zusätzlich Elastomerlager zur Reduzierung der Flankenübertragung verwendet werden.

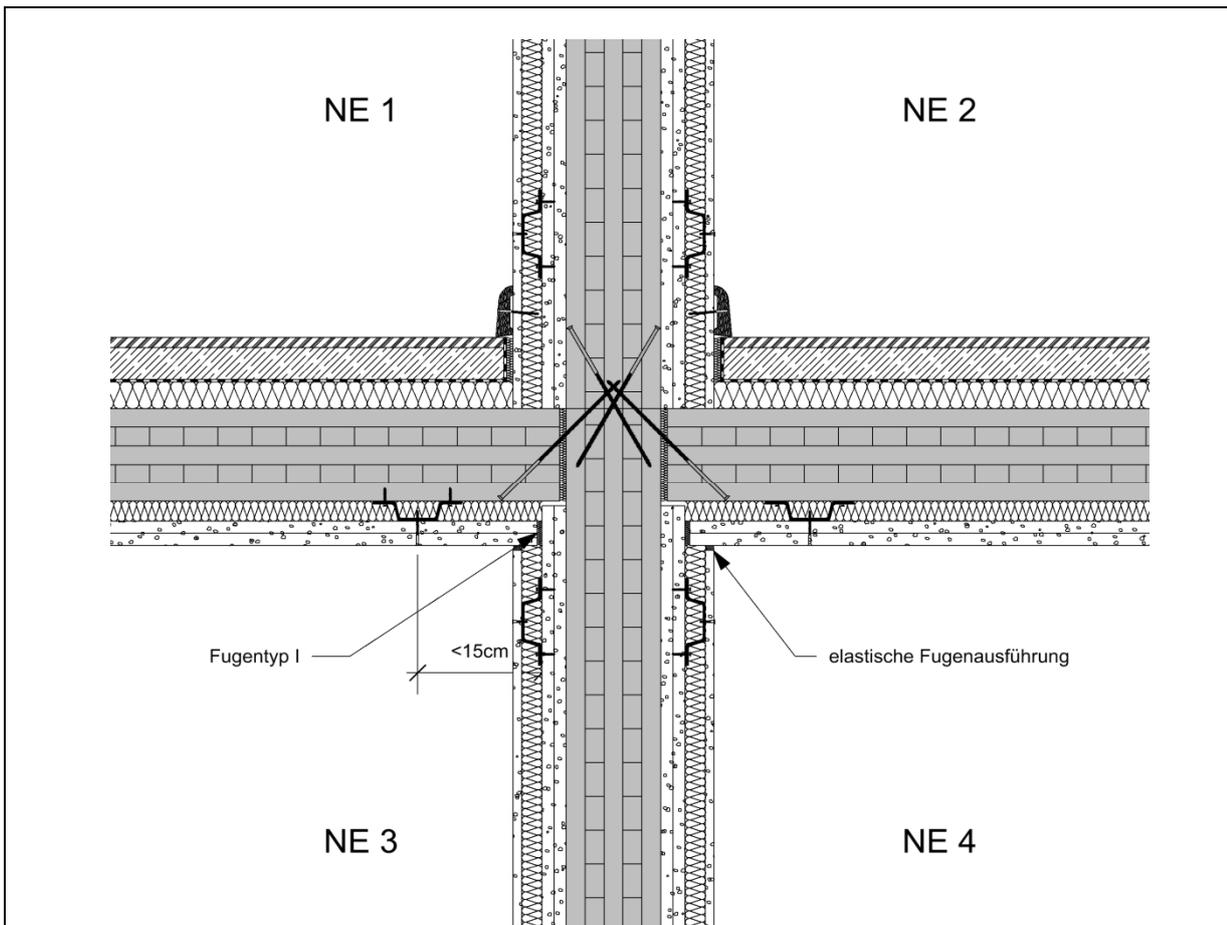
Im WDVS sind geeignete Montagestöße vorzusehen. Insbesondere bei hohen Lasten sind mögliche Setzungen bei der Ausbildung des WDVS zu berücksichtigen. Gegebenenfalls muss eine horizontale Dehnungsfuge eingeplant werden.

Die baurechtliche Verwendbarkeit von unbekleideten Massivholzdecken ist gesondert nachzuweisen.

Bei sonst gleichem Aufbau kann die Fassade auch als Holzfassade ausgeführt werden (AW4).

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 11 Innenwandknoten, Deckenanschluss an Brandwand

flächige Bauteile TW 6, TD 2
Beschreibung

Anschluss von Geschossdecken an eine Brandwand REI60-M/K₂60

Alternativbauarten, Anmerkungen

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich, Ausführung z. B. mit bekleideter Deckenuntersicht (TD2).

Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Je nach Schallschutzerfordernissen können zusätzlich Elastomerlager zur Reduzierung der Flankenübertragung verwendet werden.

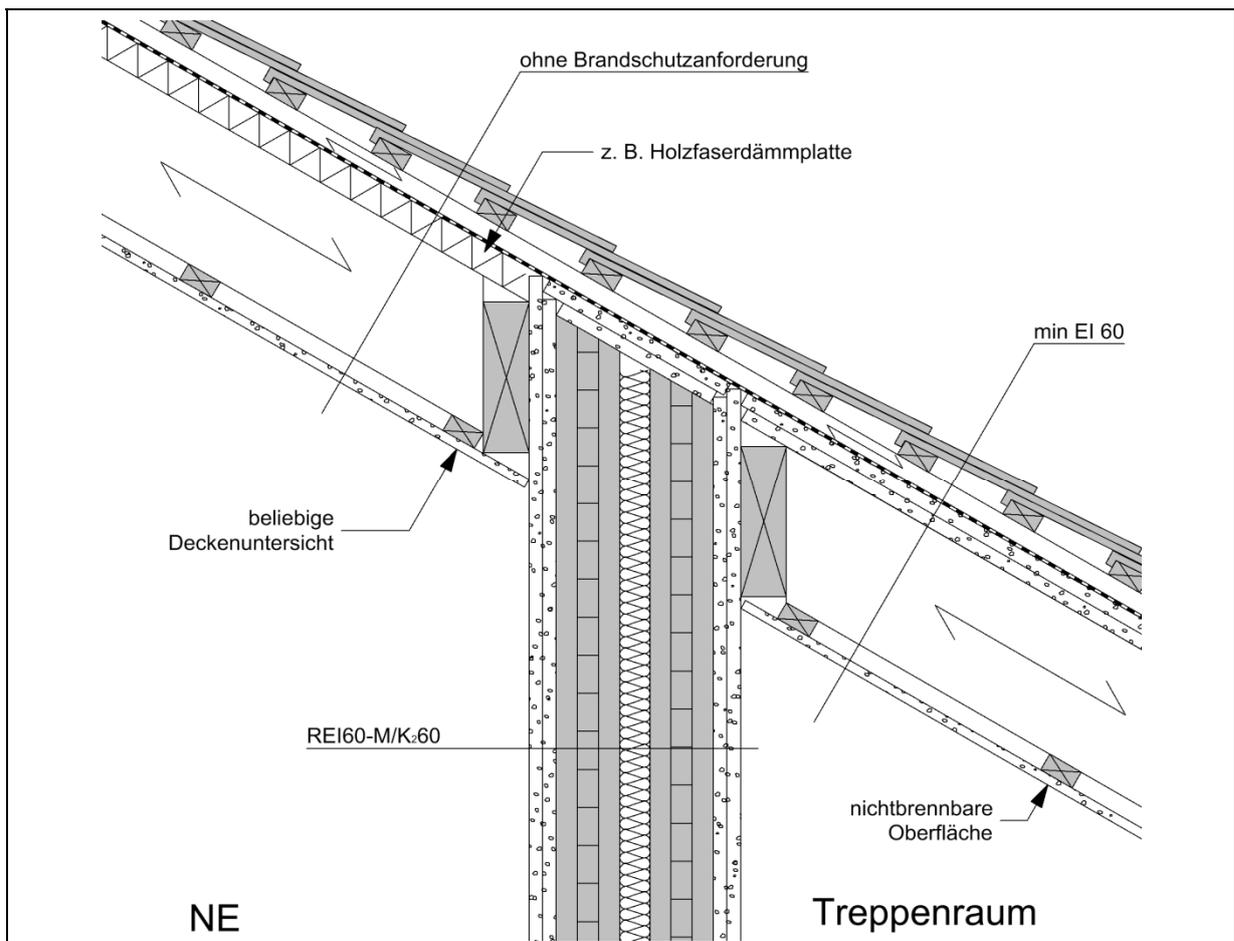
Die Brandwand kann je nach Schallschutzerfordernissen ein- oder zweischalig und/oder mit Vorsatzschalen ausgeführt werden.

Zur Sicherstellung der Leistungseigenschaften der Brandwand sollen die Decken so befestigt werden, dass bei deren Versagen die Brandwand nicht in ihrer Tragfähigkeit beeinträchtigt wird.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Wand/Decke 12 Anschluss Dachkonstruktion an Treppenraumwand



flächige Bauteile TW 5, TW 6, Dachaufbau

Beschreibung

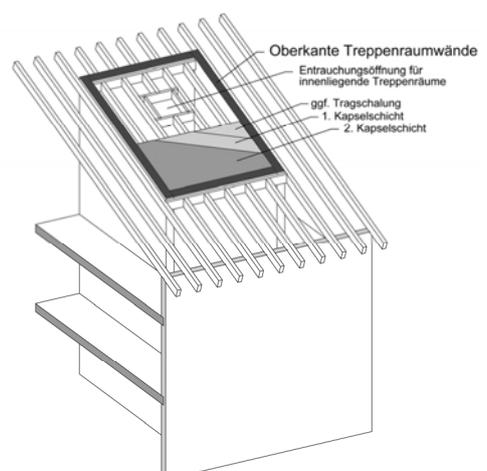
Anschluss von Dachkonstruktionen an Treppenraumwände REI60-M/K₂60

Alternativbauarten, Anmerkungen

Obiger Schnitt zeigt eine beispielhafte Darstellung. Es sind verschiedene Dachaufbauten möglich. Die Anforderungen und Regeln des Dachdeckerhandwerks sind zu beachten.

Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Schutzziel ist die Verhinderung eines Brandüberschlags aus der angrenzenden Nutzereinheit in den Treppenraum über 60 Minuten. Aus diesem Grund muss die Dachkonstruktion über dem Treppenraum mindestens die Feuerwiderstandsklasse EI60 bei Brandbeanspruchung von oben erfüllen.



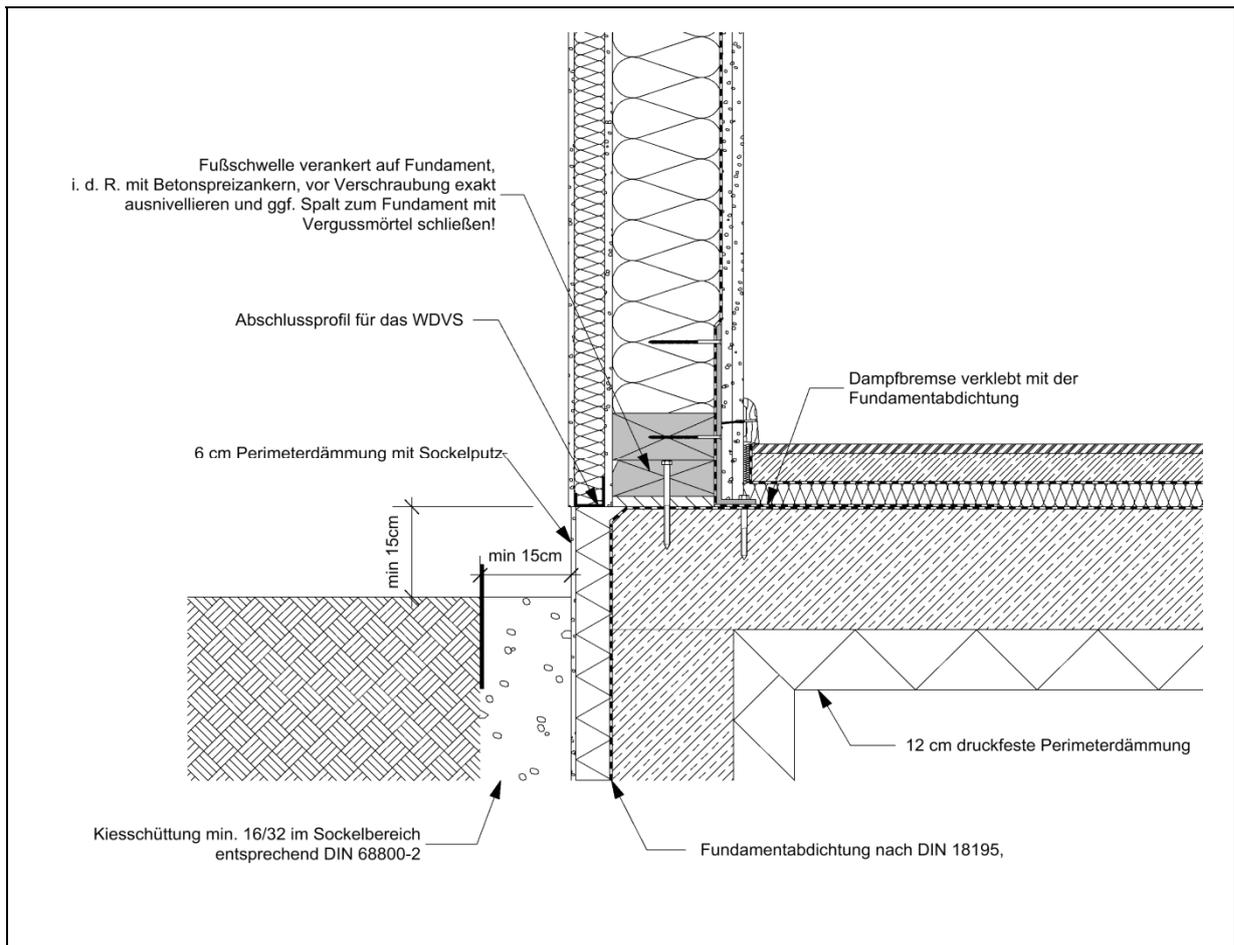
Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFH HolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

5.3.4 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.

Fund 1 Sockelpunkt Holzständerbauaußenwand, Putzfassade


flächige Bauteile

AW 1

Beschreibung

Sockelpunkt Holzständerbauaußenwand mit Putzfassade

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

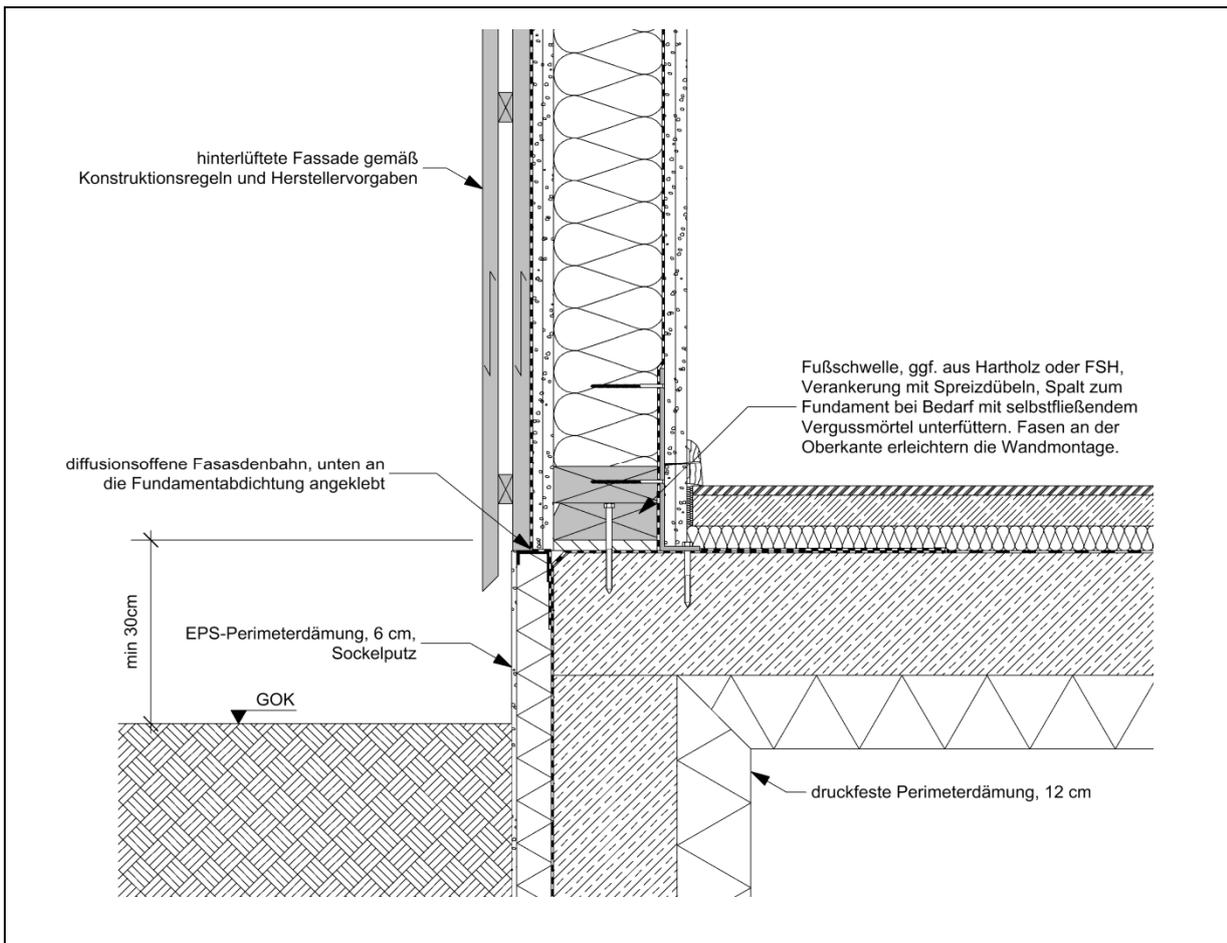
Beispielhafte Darstellung, Dämmstoffdicken können je nach verwendeten Dämmstoffen und sonstigen Randbedingungen variiert werden.

Die Ausführung des Kiesbettes und die Mindestabstände zu Holzbauteilen können gemäß DIN 68800 variiert werden

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten..

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Fund 2 Sockelpunkt Holzständerbauaußenwand, Holzfassade



flächige Bauteile

AW 2

Beschreibung

Sockelpunkt Holzständerbauaußenwand mit Holzfassade

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

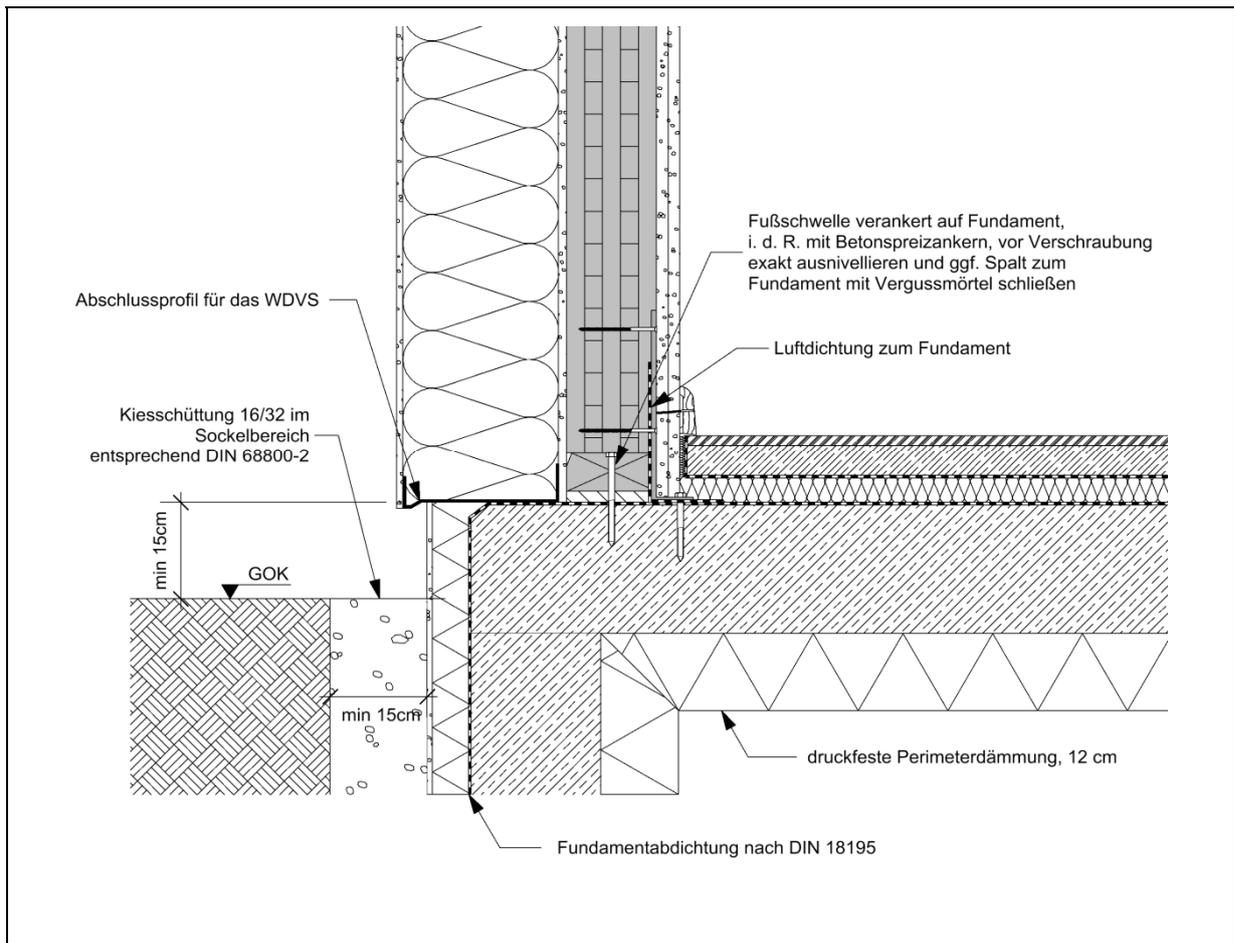
Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Beispielhafte Darstellung, Dämmstoffdicken können je nach verwendeten Dämmstoffen und sonstigen Randbedingungen variiert werden.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Fund 3 Sockelpunkt Holzmassivbauaußenwand, Holzfassade



flächige Bauteile

AW 3

Beschreibung

Sockelpunkt Holzmassivbauaußenwand mit Putzfassade

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

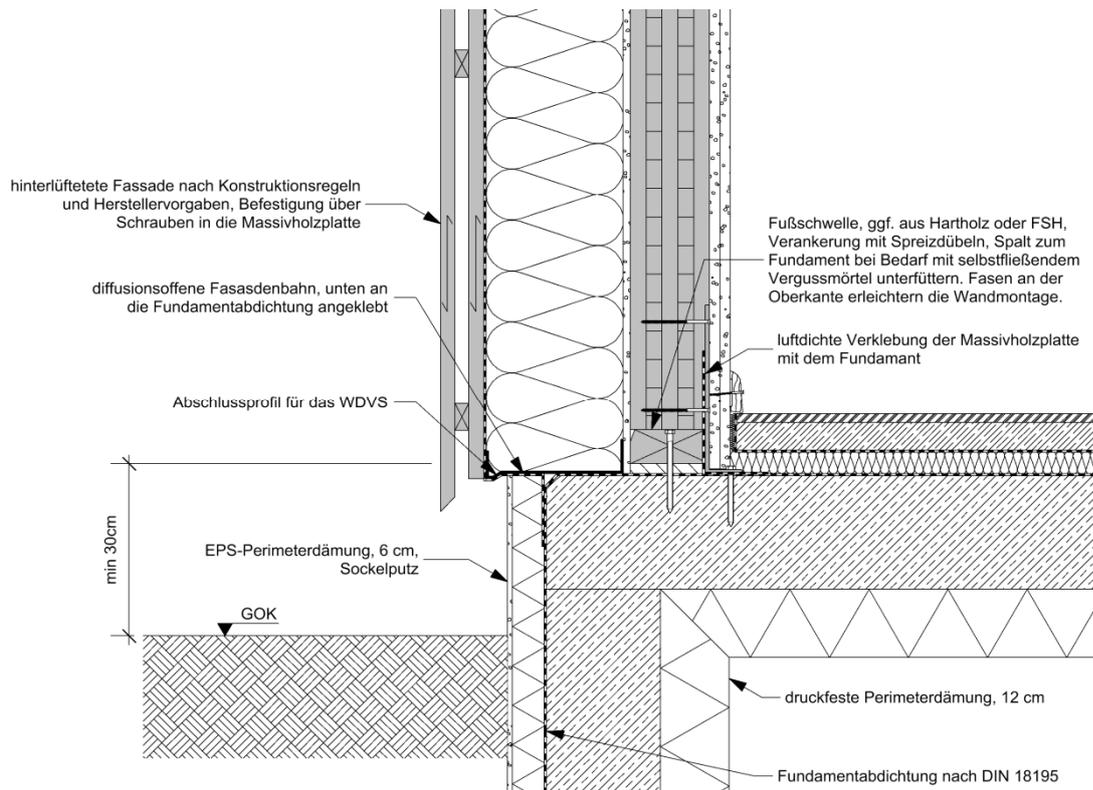
Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Beispielhafte Darstellung, Dämmstoffdicken können je nach verwendeten Dämmstoffen und sonstigen Randbedingungen variiert werden.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Fund 4 Sockelpunkt Holzmassivbauaußenwand, Holzfassade



flächige Bauteile

AW 4

Beschreibung

Sockelpunkt Holzmassivbauaußenwand mit Holzfassade

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

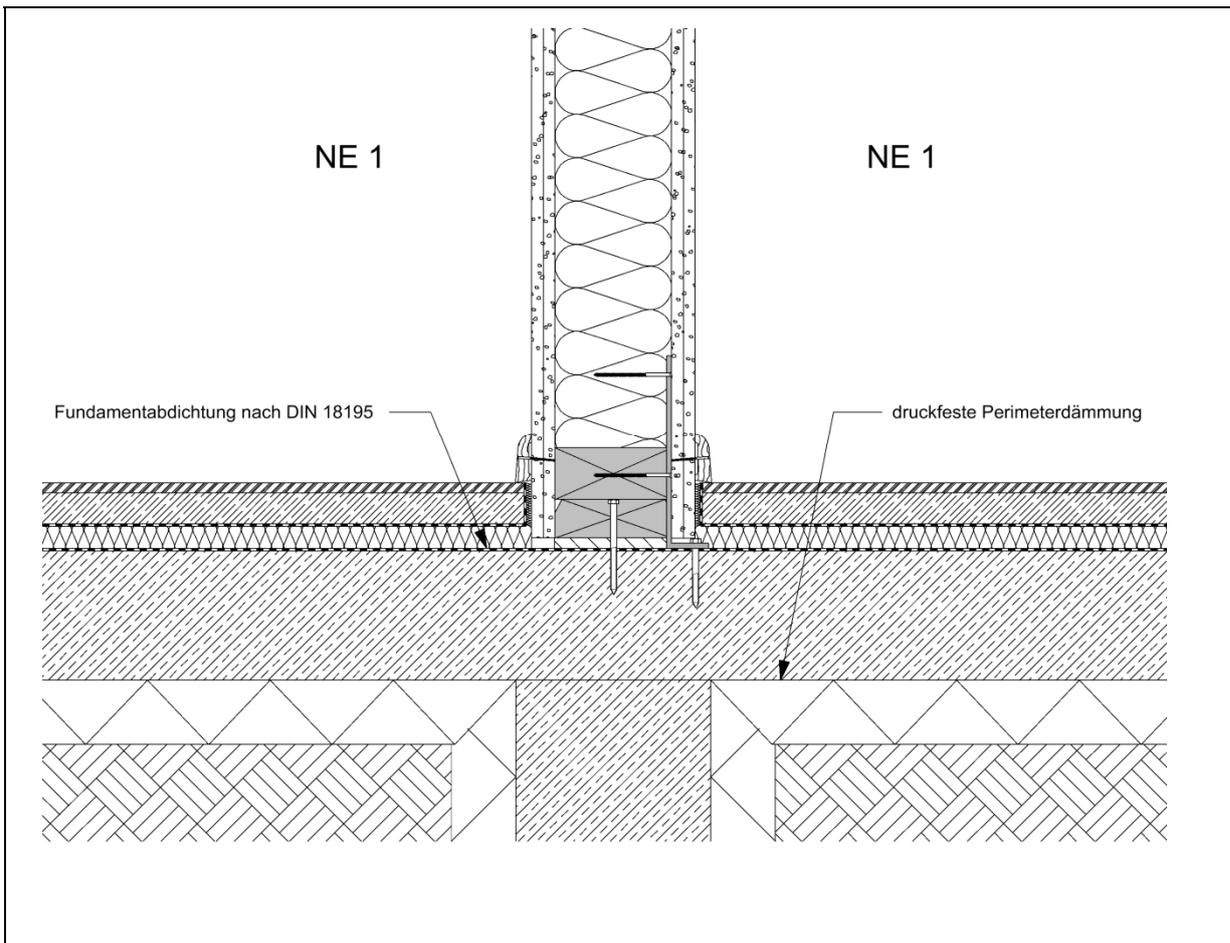
Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Beispielhafte Darstellung, Dämmstoffdicken können je nach verwendeten Dämmstoffen und sonstigen Randbedingungen variiert werden.

Bei Anordnung eines Kiesbettes (gemäß Detail Fund 1) nach DIN 68800 kann der Abstand zum Boden reduziert werden.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Fund 5 Sockelpunkt Innenwand

flächige Bauteile | **IW 1 oder andere Innenwand**
Beschreibung

Sockelpunkt Holzständerbauinnenwand

Alternativbauarten, Anmerkungen

Für die Montage von Verbindungsmitteln ggf. geeignete Aussparungen in der Gipsbekleidung vorsehen und anschließend bauseits schließen.

Beispielhafte Darstellung, Dämmstoffdicken können je nach verwendeten Dämmstoffen und sonstigen Randbedingungen variiert werden.

Bei Verwendung von Streifenfundamenten unter der Wand Wärmebrücke berücksichtigen und durch ausreichende Dämmstoffdicke der Perimeterdämmung minimieren.

Prinzipdarstellung, sinngemäß übertragbar auf alle anderen Wandkonstruktionen. Bei entsprechendem Schalldämmwert der Wand auch zwischen verschiedenen Nuteinheiten geeignet.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

5.3.5 Fensteranschlüsse

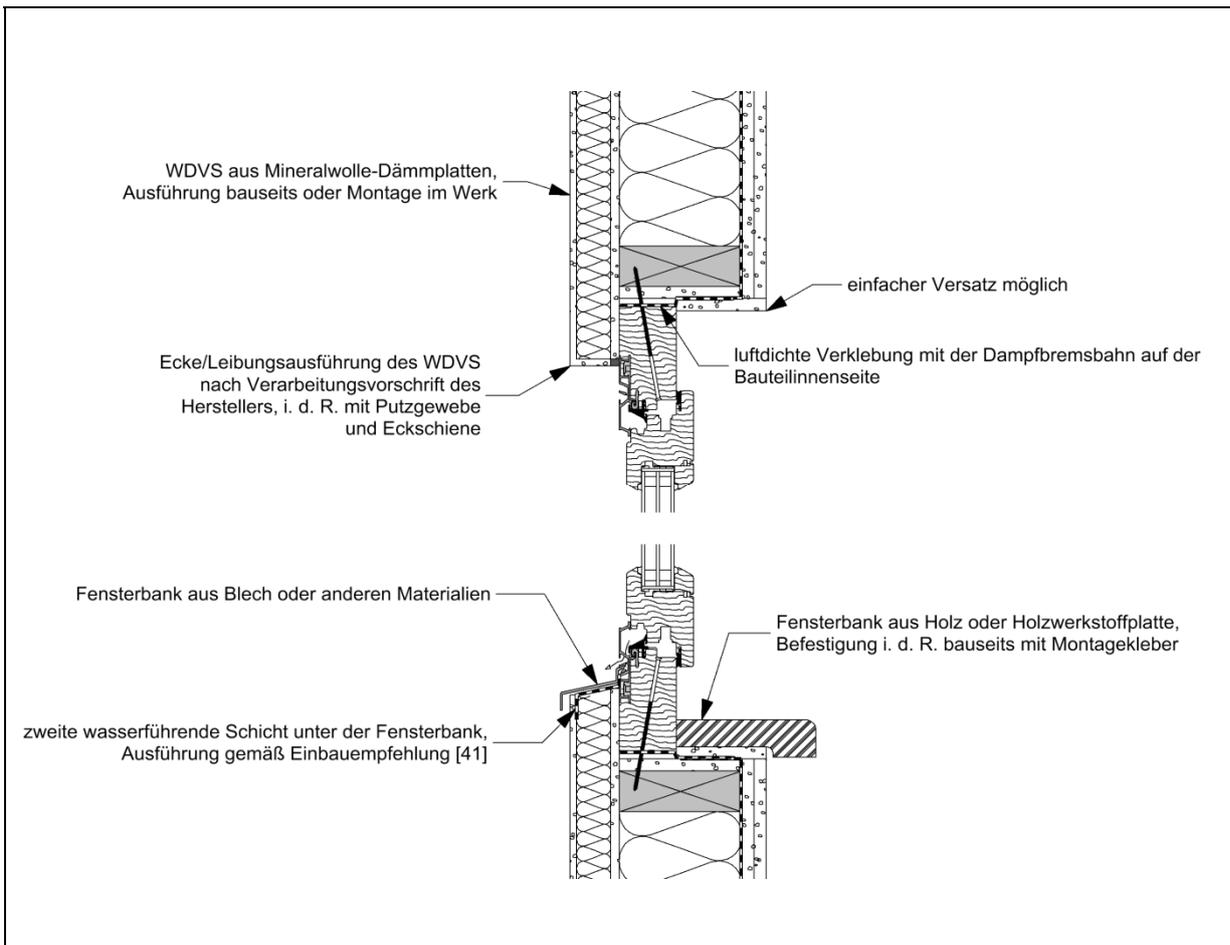
Fensterdetails müssen sehr sorgfältig geplant und ausgeführt werden, um dauerhaft dichte und schadensfreie Konstruktionen zu erhalten. Wichtig ist in diesem Zusammenhang eine Redundanz der Abdichtungen, z. B. durch das Einfügen einer zweiten Dichtungsschicht unter der Fensterbank.

Die Wärmebrücken können durch Überdämmung des Fensterrahmens minimiert werden, es ergeben sich hier bei Verwendung von modernen Fensterkonstruktionen sogar negative U-Werte. Empfehlungen dazu werden in Abschnitt 3.3 gegeben, die empfohlenen Konstruktionsweisen wurden bei der Gestaltung der Details berücksichtigt.

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.

Fenster 1 Fenstereinbau in Holzständerbauwand mit Putzfassade



flächige Bauteile

AW 1

Beschreibung

Einbau eines Holzfensters in eine Holzständerwand mit WDVS und Putzfassade

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

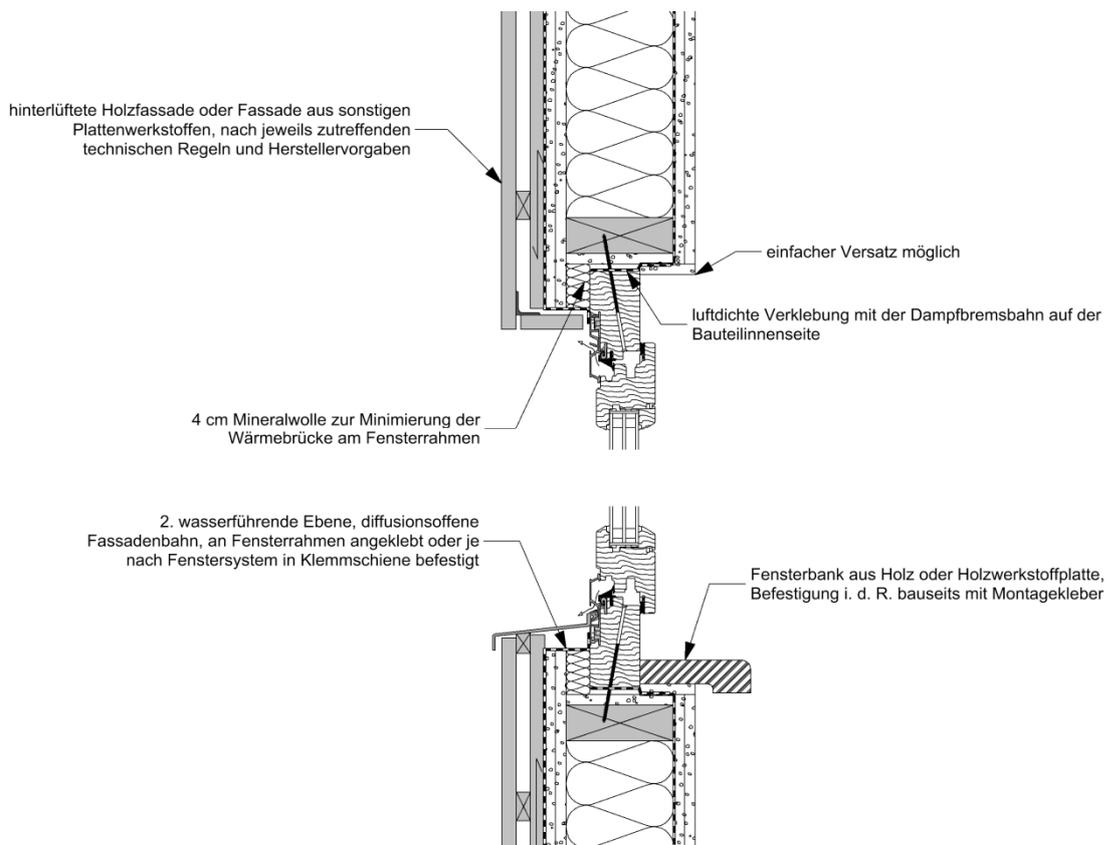
Alternativbauarten, Anmerkungen

Die dampfbremsende Schicht auf der Bauteilinnenseite muss umlaufend luftdicht mit dem Fensterrahmen verbunden werden. Abdichtung mit geeigneten Klebebändern und/oder Kompriband je nach Hersteller.

Für die Detailausführung der Fensterbank siehe z. B. „Richtlinie für den Einbau von Fensterbänken bei WDVS- und Putzfassaden“ [41]. Unter der Fensterbank ist eine zweite wasserführende Schicht vorzusehen.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Fenster 2 Fenstereinbau in Holzständerbauwand mit Holzfassade



flächige Bauteile

AW 2

Beschreibung

Einbau eines Holzfensters in eine Holzständerwand mit Holzfassade

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

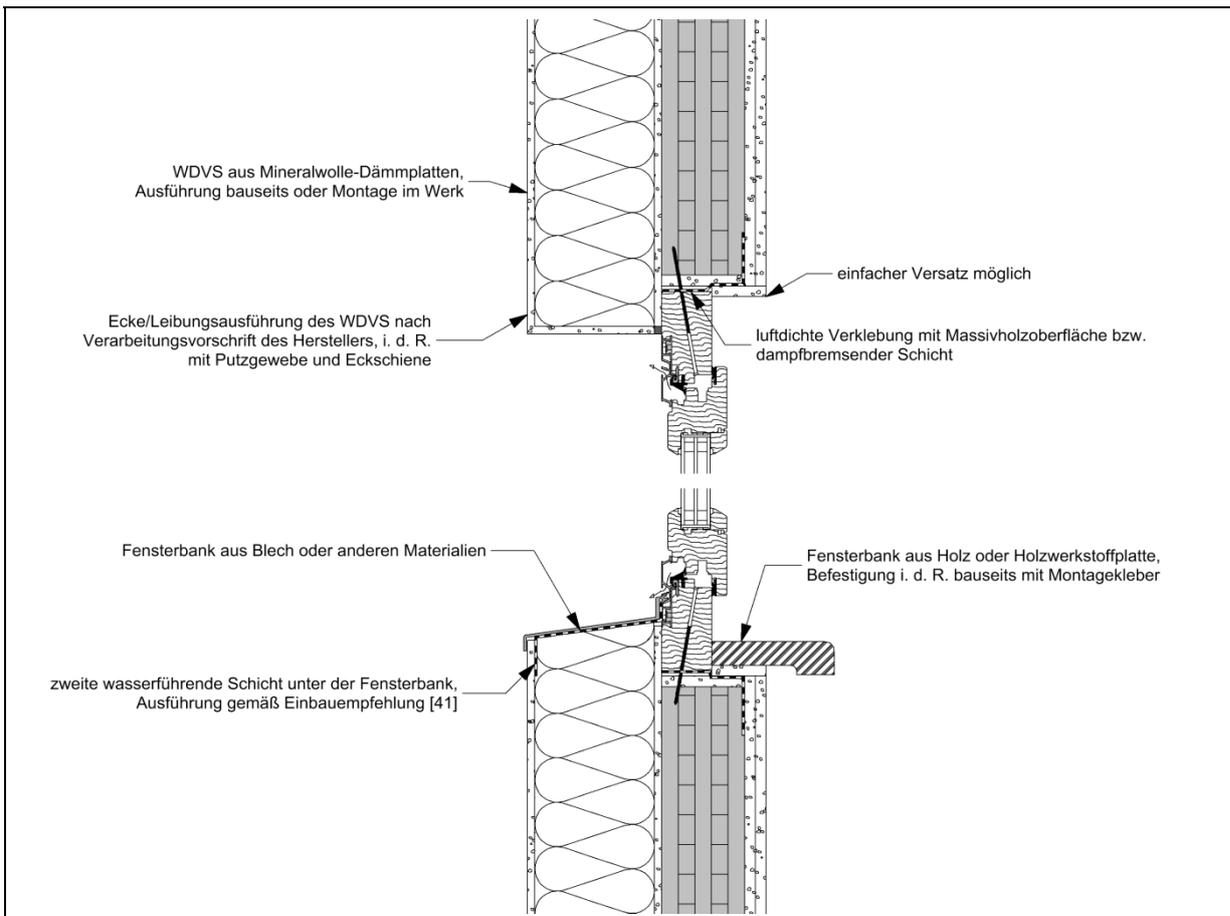
Die dampfbremsende Schicht auf der Bauteilinnenseite muss umlaufend luftdicht mit dem Fensterrahmen verbunden werden. Abdichtung mit geeigneten Klebebändern und/oder Kompriband je nach Hersteller.

Die 2. wasserführende Ebene auf der Bauteilaußenseite muss umlaufend wasserdicht mit dem Fensterrahmen verbunden werden. Hierzu sind geeignete Klebebänder oder Dichtungssysteme je nach Hersteller zu verwenden.

Die Fensterbank ist ausreichend zu befestigen und gegen Verformungen infolge mechanischer Beanspruchung zu sichern. Schalldämpfende Maßnahmen zur Vermeidung starker Regengeräusche können je nach Fensterbankmaterial sinnvoll sein.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Fenster 3 Fenstereinbau in Holzmassivbauwand mit Putzfassade



flächige Bauteile

AW 3

Beschreibung

Einbau eines Holzfensters in eine Holzmassivbauwand mit Putzfassade

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

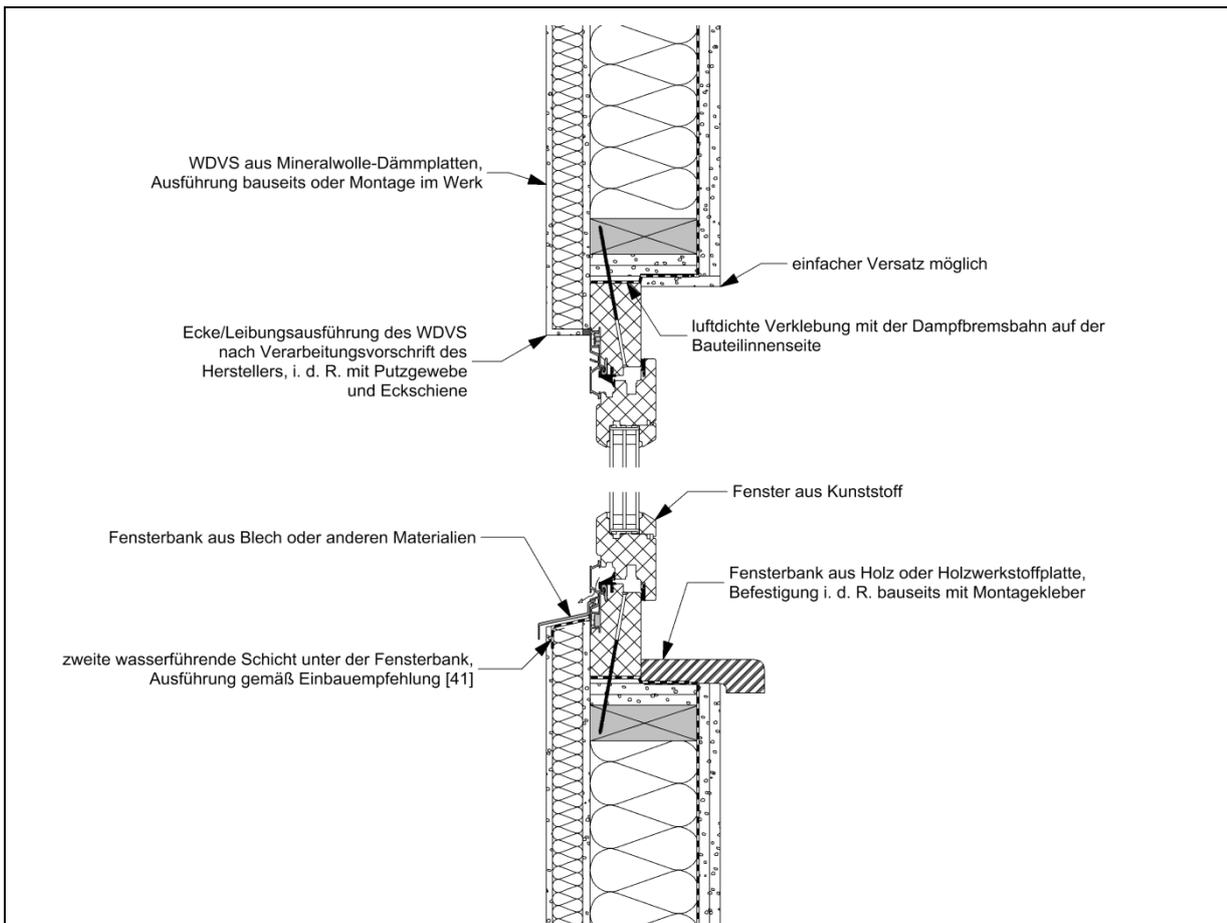
Alternativbauarten, Anmerkungen

Die dampfbremsende Schicht auf der Bauteilinnenseite muss umlaufend luftdicht mit dem Fensterrahmen verbunden werden. Abdichtung mit geeigneten Klebebändern und/oder Komtriband je nach Hersteller. Wenn ausreichend luftdichtes Brettsperrholz verwendet wird (Angabe des Herstellers) kann auf eine zusätzliche Dichtungsschicht auf der Innenseite verzichtet werden. In diesem Fall ist der Fensterrahmen luftdicht mit der Holzoberfläche zu verbinden.

Für die Detailausführung der Fensterbank siehe z. B. „Richtlinie für den Einbau von Fensterbänken bei WDVS- und Putzfassaden“ [41]. Unter der Fensterbank ist eine zweite wasserführende Schicht vorzusehen.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Fenster 4 Kunststoffeinbau in Holzständerbauwand mit Putzfassade



flächige Bauteile

AW 1

Beschreibung

Einbau eines Kunststofffensters in eine Holzständerbauwand mit Putzfassade

Alternativbauarten, Anmerkungen

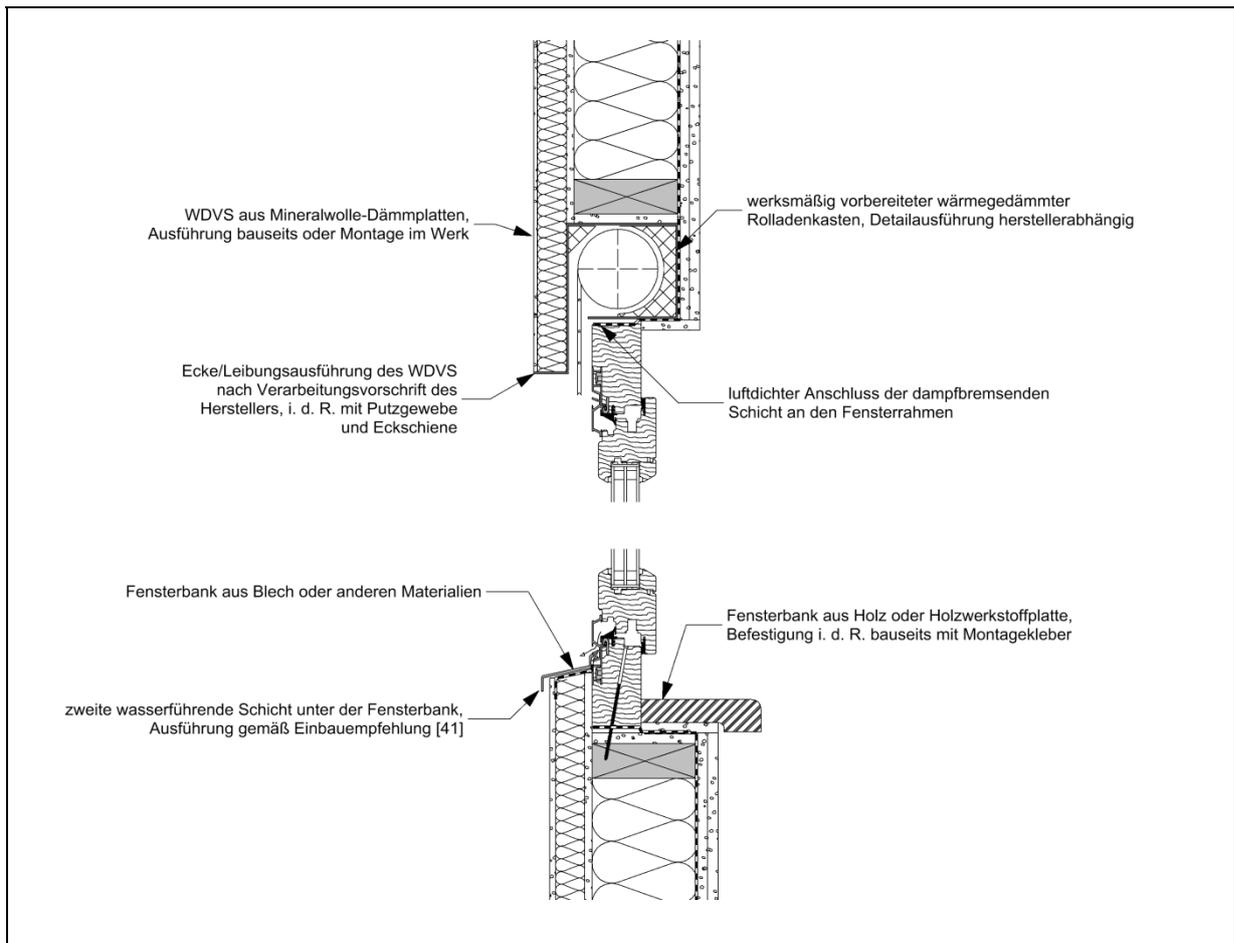
Die dampfbremsende Schicht auf der Bauteilinnenseite muss umlaufend luftdicht mit dem Fensterrahmen verbunden werden. Abdichtung mit geeigneten Klebebändern und/oder Kompriband je nach Hersteller.

Für die Detailausführung der Fensterbank siehe z. B. „*Richtlinie für den Einbau von Fensterbänken bei WDVS- und Putzfassaden*“ [41]. Unter der Fensterbank ist eine zweite wasserführende Schicht vorzusehen.

Sinngemäß können Kunststofffenster auch in die anderen Wandkonstruktionen eingebaut werden.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Fenster 5 Einbau eines Fensters mit Rollladenkasten



flächige Bauteile

AW 1

Beschreibung

Einbau eines Holzfensters mit Rollladenkasten in eine Holzständerbauwand mit Putzfassade

Alternativbauarten, Anmerkungen

Die dampfbremsende Schicht auf der Bauteilinnenseite muss umlaufend luftdicht mit dem Fensterrahmen verbunden werden. Abdichtung mit geeigneten Klebebändern und/oder Kompriband je nach Hersteller.

Für die Detailausführung der Fensterbank siehe z. B. „Richtlinie für den Einbau von Fensterbänken bei WDVS- und Putzfassaden“ [41]. Unter der Fensterbank ist eine zweite wasserführende Schicht vorzusehen.

Die Ausführung des Rollladenkastens kann je nach Hersteller abweichen, die Einbauvorschriften des Herstellers sind zu beachten. Prinzipdarstellung, es sind verschiedene Lösungen an dieser Stelle möglich. Je nach Breite des Rollladenkastens kann das WDVS im Anschlussbereich ausgespart werden.

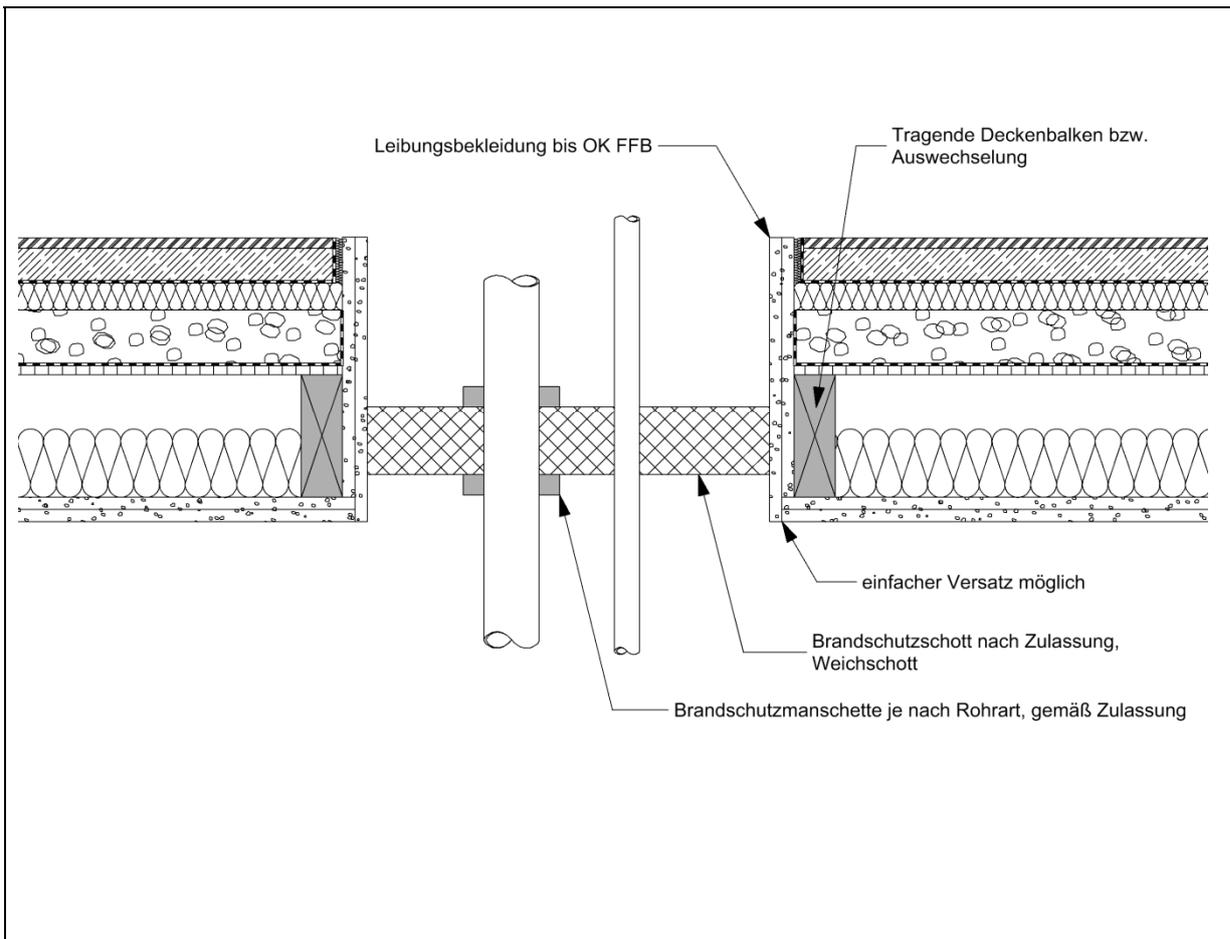
Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

5.3.6 Installationsabschottungen in Decken

Die vorgestellten Konstruktionen wurden auf Basis der theoretischen und praktischen Untersuchungen in diesem Forschungsvorhaben zusammengestellt. (vgl. Abschnitt 2.3, 3.1, 3.2, 4.5) Sie weichen teilweise von den Empfehlungen der M-HFHolzR ab, sind jedoch geeignet, die gestellten Schutzziele zu erfüllen.

Bei Abschottungen in Decken wurden teilweise keine Schächte dargestellt, da diese brand-schutztechnisch nicht immer erforderlich sind (vgl. Abschnitt 4.5). Soweit die Leitungen aus anderen Gründen hinter Schachtwänden verkleidet werden sollen, kann dies in der üblichen Weise nach Montage des Schottes ausgeführt werden.

Schott 1 Installationsschott in Holzbalkendecke



flächige Bauteile

TD 1

Beschreibung

Einbau einer Brandschutzabschottung mit Weichschott in eine Holzbalkendecke

Alternativbauarten, Anmerkungen

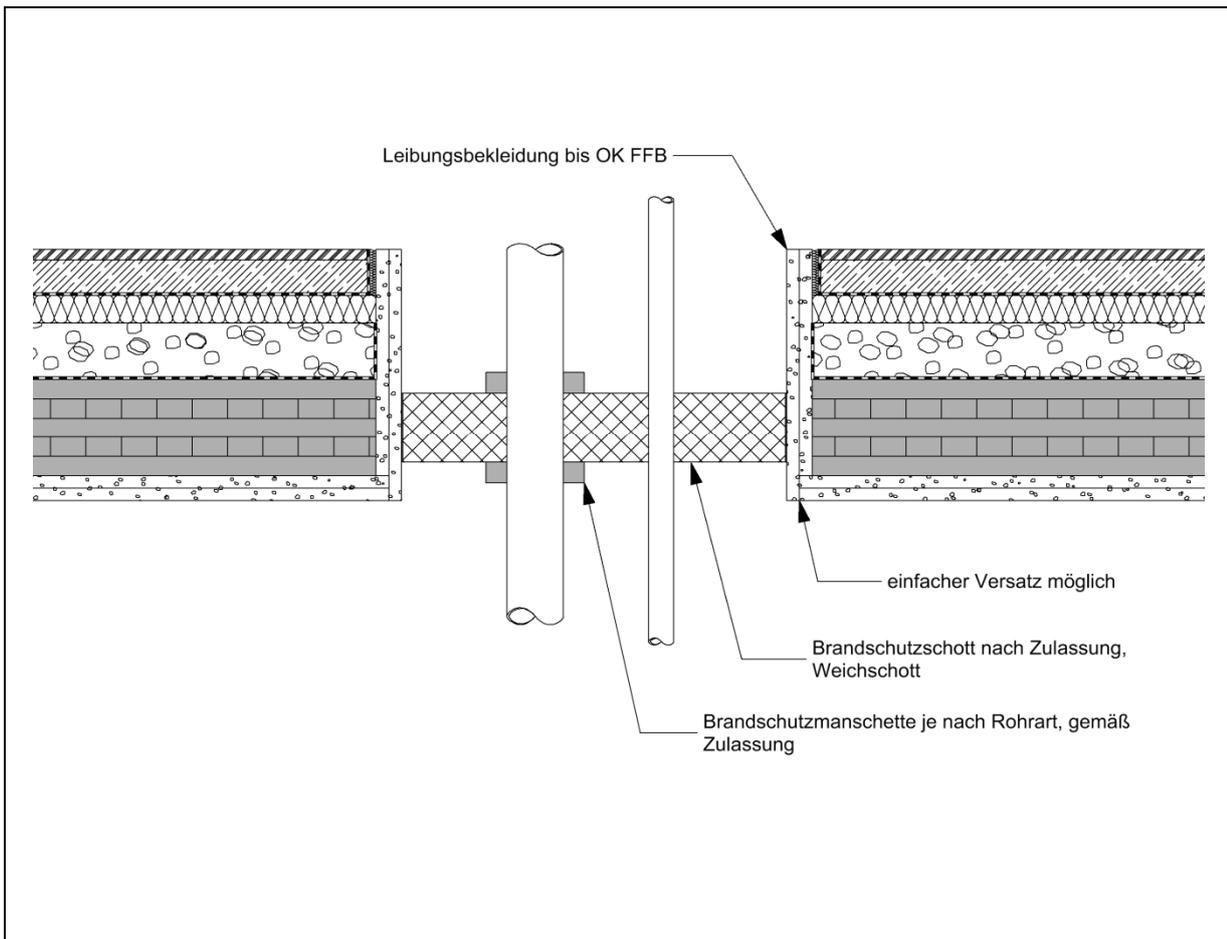
Bei Bedarf können Schachtwände eingebaut werden, diese haben keine brandschutztechnische Anforderung. Ggf. Schallschutz beachten!

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich, exemplarische Darstellung. Unterkonstruktionen (z. B. Lattung, Federschielen) unter der Brandschutzbekleidung sind gem. AbP möglich.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Schott 2 Installationsschott in bekleideter Massivholzdecke



flächige Bauteile TD 2

Beschreibung

Einbau einer Brandschutzabschottung mit Weichschott in eine Massivholzdecke

Alternativbauarten, Anmerkungen

Bei Bedarf können Schachtwände eingebaut werden, diese haben keine brandschutztechnische Anforderung. Ggf. Schallschutz beachten!

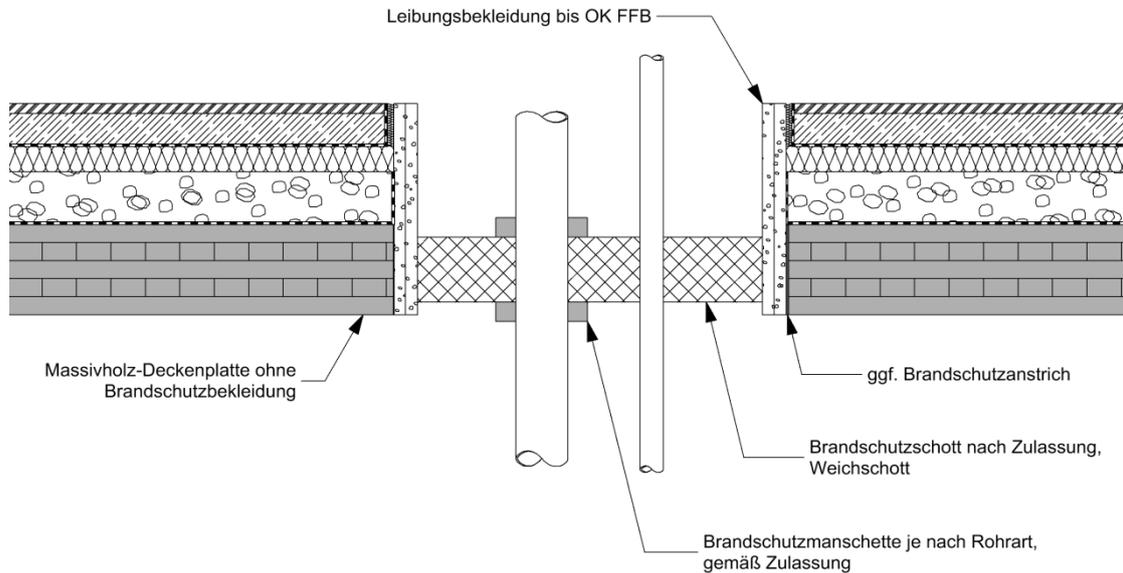
Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich, exemplarische Darstellung. Unterkonstruktionen (z. B. Lattung, Federschienen) unter der Brandschutzbekleidung sind gem. AbP möglich.

Die Aussparung in der Massivholzplatte muss passgenau und scharfkantig hergestellt werden, um eine ordnungsgemäße Montage der Leibungsbekleidung zu ermöglichen.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Schott 3 Installationsschott in unbedeckter Massivholzdecke



flächige Bauteile

TD 3

Beschreibung

Einbau einer Brandschutzabschottung mit Weichschott in eine Massivholzdecke ohne unterseitige Brandschutzbekleidung

Alternativbauarten, Anmerkungen

Bei Bedarf können Schachtwände eingebaut werden, diese haben keine brandschutztechnische Anforderung. Ggf. Schallschutz beachten!

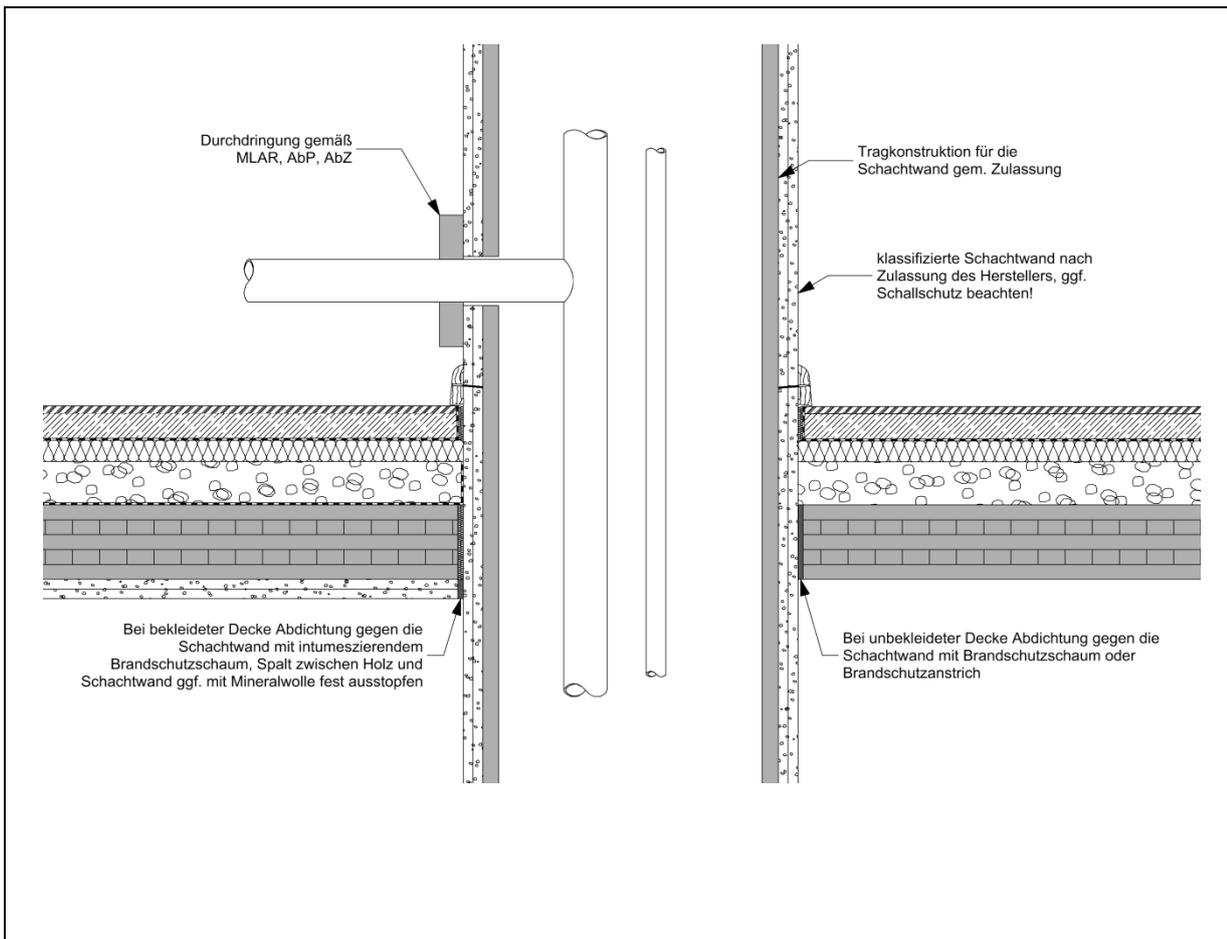
Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich, exemplarische Darstellung.

Die Aussparung in der Massivholzplatte muss passgenau und scharfkantig hergestellt werden, um eine ordnungsgemäße Montage der Leibungsbekleidung zu ermöglichen. Ein Brandschutzanstrich auf den Schnittkanten des Massivholzelementes unter der Leibungsbekleidung kann Fugenspalten von bis zu 5 mm zwischen Holz und Bekleidung abdichten. Erfahrungsgemäß geeignet ist z. B. eine Anstrichmenge von 1,0 kg/m² des Anstrichs „DBU Dispersion“ gem. ETA 13/0165.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Schott 4 Klassifizierter Schacht in Massivholzdecke



flächige Bauteile TD2, TD 3

Beschreibung

Einbau eines klassifizierten Schachtes in eine Massivholzdecke mit oder ohne unterseitiger Brandschutzbekleidung

Alternativbauarten, Anmerkungen

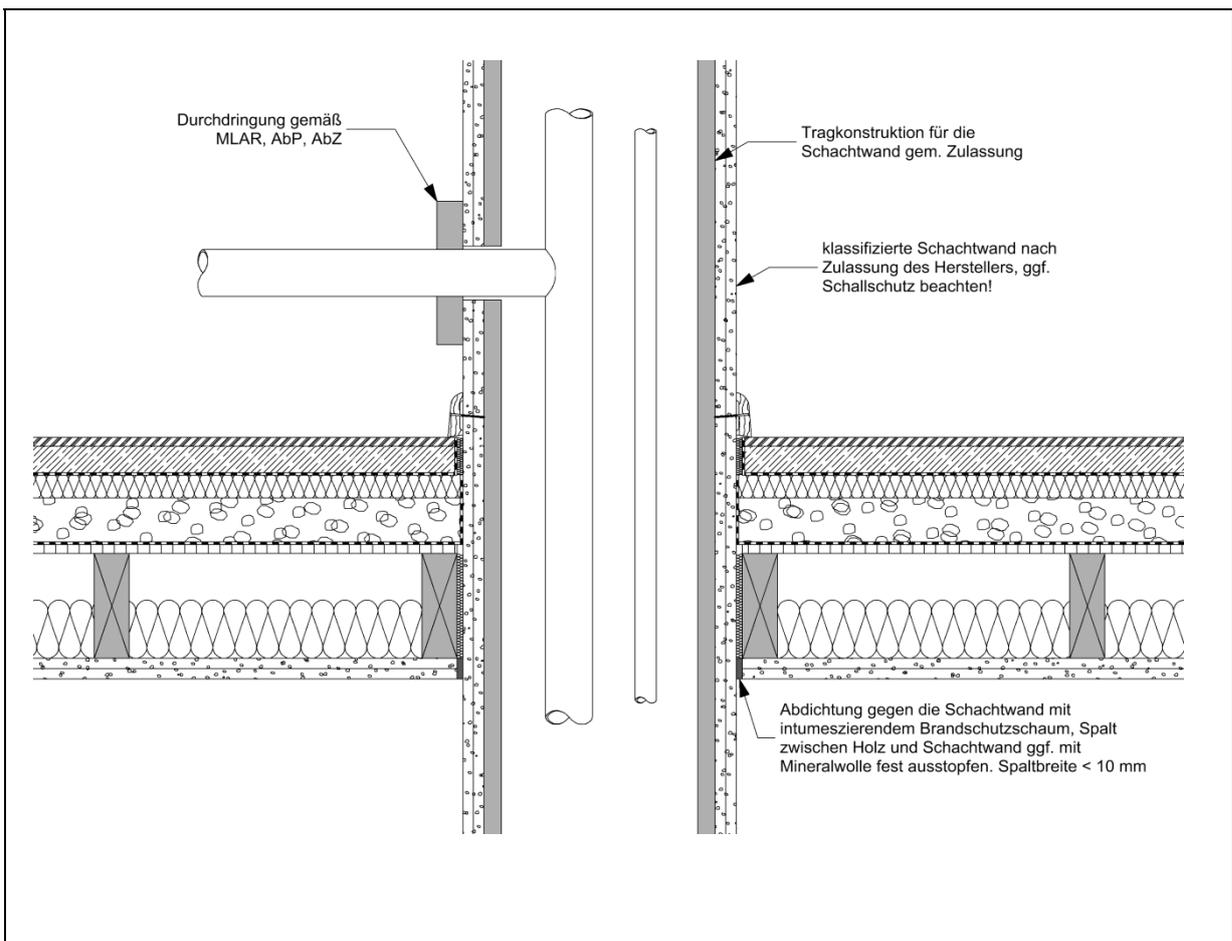
Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich, exemplarische Darstellung. Unterkonstruktionen (z. B. Lattung, Federschienen) unter der Brandschutzbekleidung sind gem. AbP möglich.

Die Aussparung in der Massivholzplatte muss passgenau und scharfkantig hergestellt werden, um einen geringen Fugenspalt zwischen Holz und Schachtwand zu erreichen. Fugenspalten bis zu 10 mm sind mit fest verstopfter Mineralwolle abzudichten. Bei unbekleideten Decken ist die Schnittfläche des Holzes mit Brandschutzanstrich oder Brandschutzschaum zu schützen. Erfahrungsgemäß geeignet ist z. B. eine Anstrichmenge von 1,0 kg/m² des Anstrichs „DBU Dispersion“ gem. ETA 13/0165.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Schott 5 Klassifizierter Schacht in Holzbalkendecke



flächige Bauteile TD 1

Beschreibung

Einbau eines klassifizierten Schachtes in eine Massivholzdecke mit oder ohne unterseitiger Brandschutzbekleidung

Alternativbauarten, Anmerkungen

Es sind verschiedene Deckenaufbauten möglich, exemplarische Darstellung. Unterkonstruktionen (z. B. Lattung, Federschienen) unter der Brandschutzbekleidung sind gem. AbP möglich.

Der Fugenspalt zwischen Brandschutzbekleidung der Decke und Schachtwand muss kleiner 10 mm sein. Er ist mit intumeszierendem Brandschutzschaum zu schließen (Entsprechend Fugentyp I gem. Abschnitt 4.2). Der Spalt zwischen Holz und Schachtwand ist mit fest verstopfter Mineralwolle hohraumfüllend zu schließen.

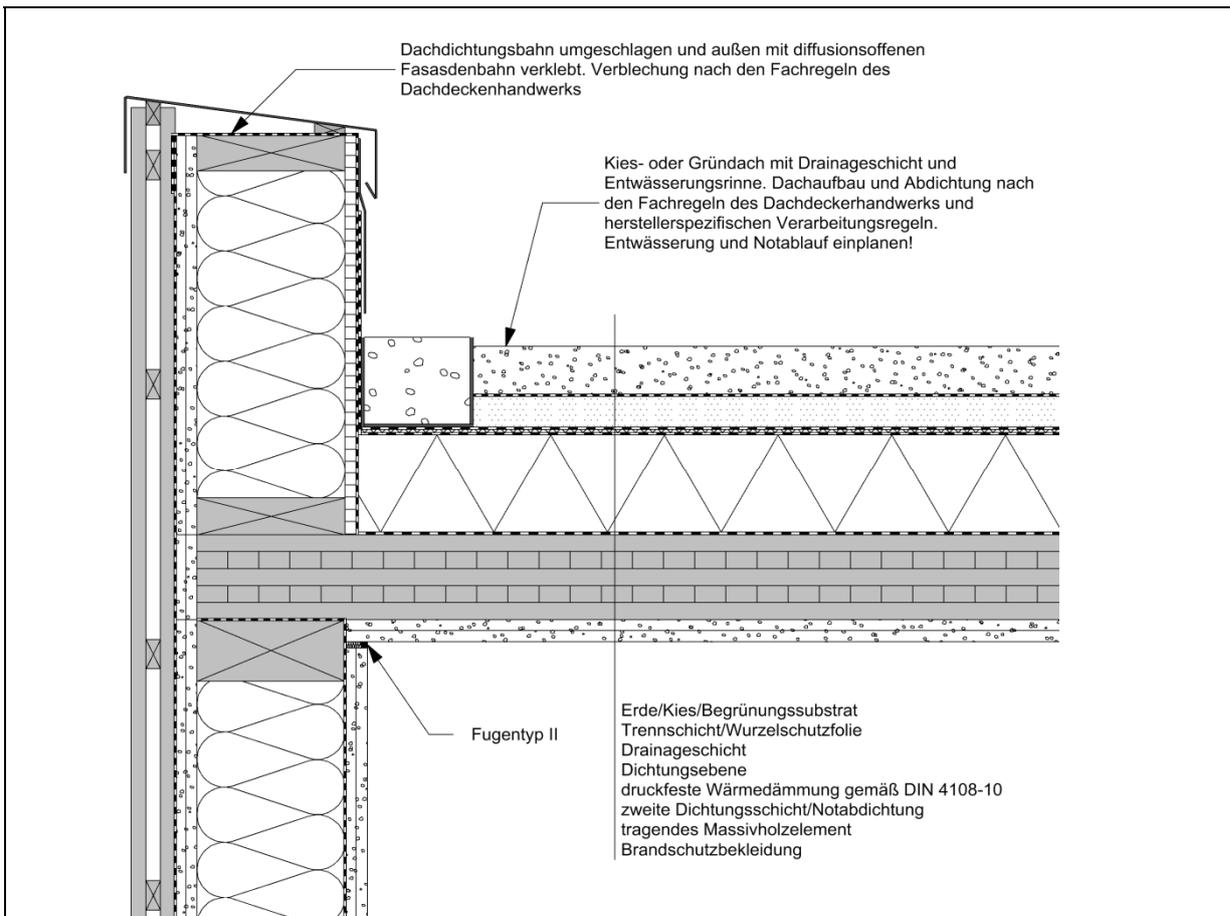
Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

5.3.7 Attikaanschlüsse und Wandecken

Attika 1

Attikaanschluss an Massivholzdecke



flächige Bauteile

AW 2, TD 2

Beschreibung

Attikaanschluss einer Holzständerwand mit Holzfassade an eine Massivholzdecke mit Brandschutzbekleidung. Dachaufbau mit Dachbegrünung

Alternativbauarten, Anmerkungen

Unterkonstruktionen (z. B. Lattung, Federschienen) unter der Brandschutzbekleidung sind gem. AbP möglich.

Der Dachaufbau und die Anschlussdetails sind exemplarisch dargestellt. Die bauphysikalische Eignung ist für den Einzelfall nachzuweisen. Grundsätzlich sind die einschlägigen technischen Fachregeln, z. B. für Gründachaufbauten und das Dachdeckerhandwerk, zu beachten.

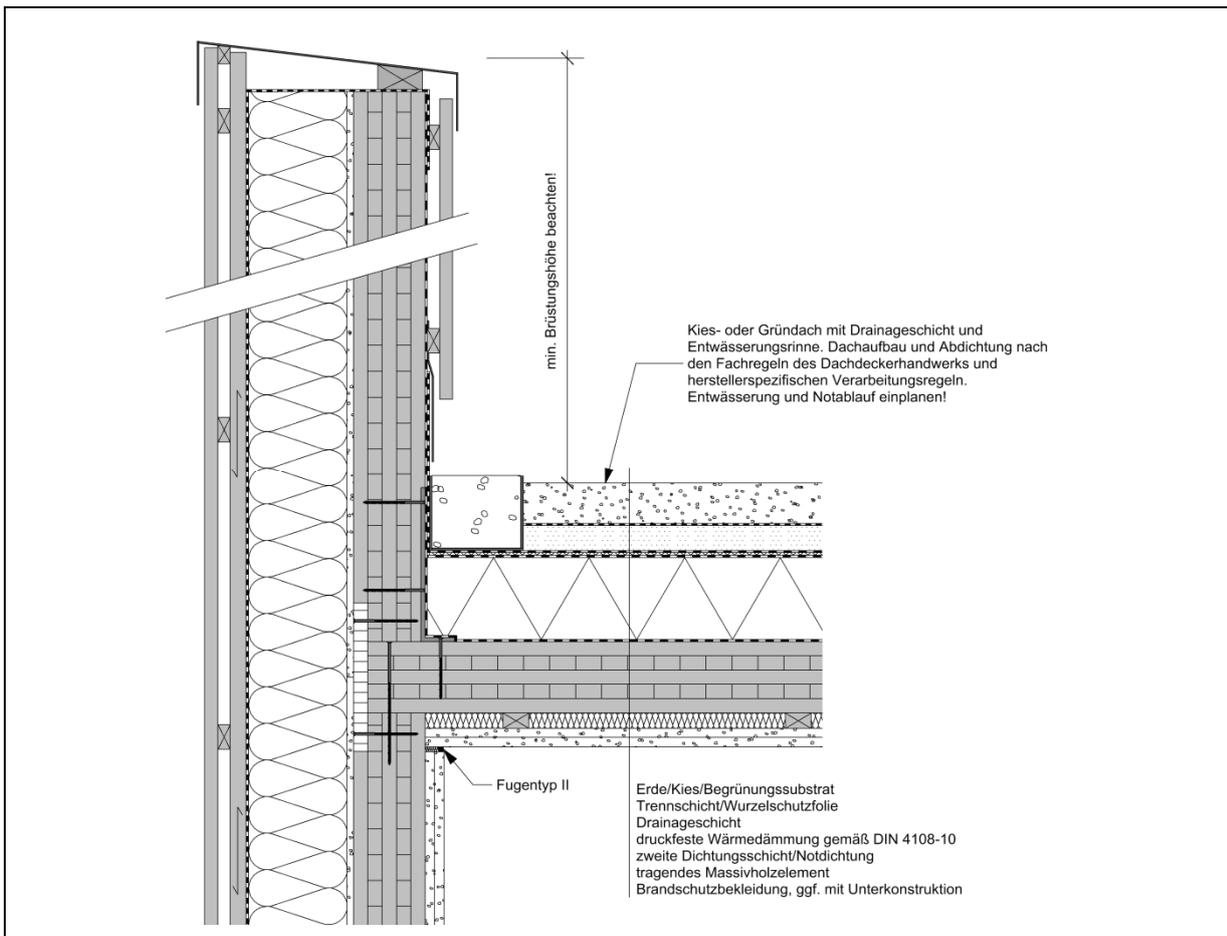
Verbindungsmittel sind nicht dargestellt, Verbindung kann z. B. mit Stahlblechwinkeln und Schrauben ausgeführt werden.

Bei Nutzung als regelmäßig begehbares Dach muss die schalltechnische Eignung des Aufbaus gesondert überprüft werden.

Bei begehbaren Dächern erforderliche Brüstungshöhe beachten!

Bei Vormontage der Fassadenkonstruktion im Werk sind geeignete Montagestöße vorzusehen.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

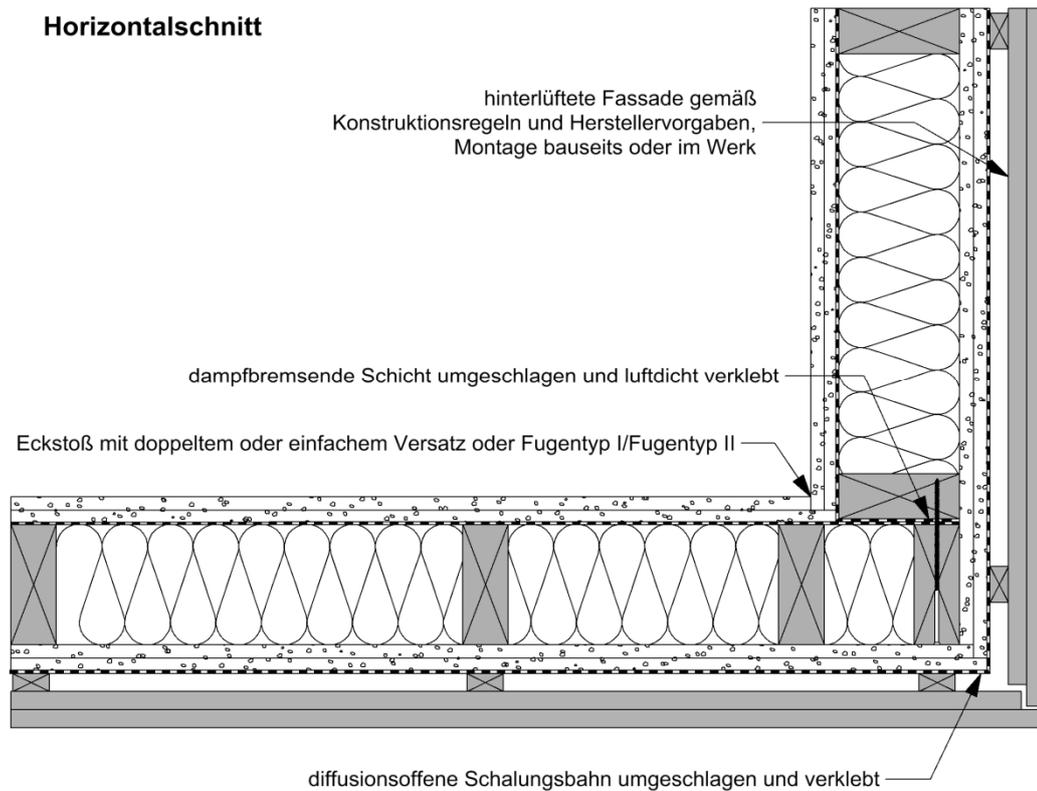
Attika 2**Attikaanschluss Massivholzwand an Massivholzdecke****flächige Bauteile****AW 4, TD 2****Beschreibung**

Attikaanschluss Massivholzwand mit Holzfassade an eine Massivholzdecke mit Brandschutzbekleidung. Dachaufbau mit Dachbegrünung

Alternativbauarten, Anmerkungen

- Unterkonstruktionen (z. B. Lattung, Federschienen) unter der Brandschutzbekleidung sind gem. AbP möglich.
- Der Dachaufbau und die Anschlussdetails sind exemplarisch dargestellt. Die bauphysikalische Eignung ist für den Einzelfall nachzuweisen. Grundsätzlich sind die einschlägigen technischen Fachregeln, z. B. für Gründachaufbauten und das Dachdeckerhandwerk, zu beachten.
- Verbindungsmittel und Verbindungsbauart exemplarisch.
- Bei Nutzung als regelmäßig begehbare Dach muss die schalltechnische Eignung des Aufbaus gesondert überprüft werden.
- Bei begehbaren Dächern erforderliche Brüstungshöhe beachten!
- Bei Vormontage der Fassadenkonstruktion im Werk sind geeignete Montagestöße vorzusehen.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Ecke 1 Außenecke Holzständerbau mit Holzfassade
Horizontalschnitt

flächige Bauteile
AW 2
Beschreibung

Eckstoß Außenecke Holzständerbauwand mit Holzfassade

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Die luftdichten Schichten auf der Bauteilinnenseite müssen dicht miteinander verbunden werden. Im hier dargestellten Beispiel können dazu z. B. doppelseitige Klebebänder verwendet werden.

Die diffusionsoffene Wetterschutzbahn wird um die Ecke umgeschlagen und wasserdicht miteinander verklebt.

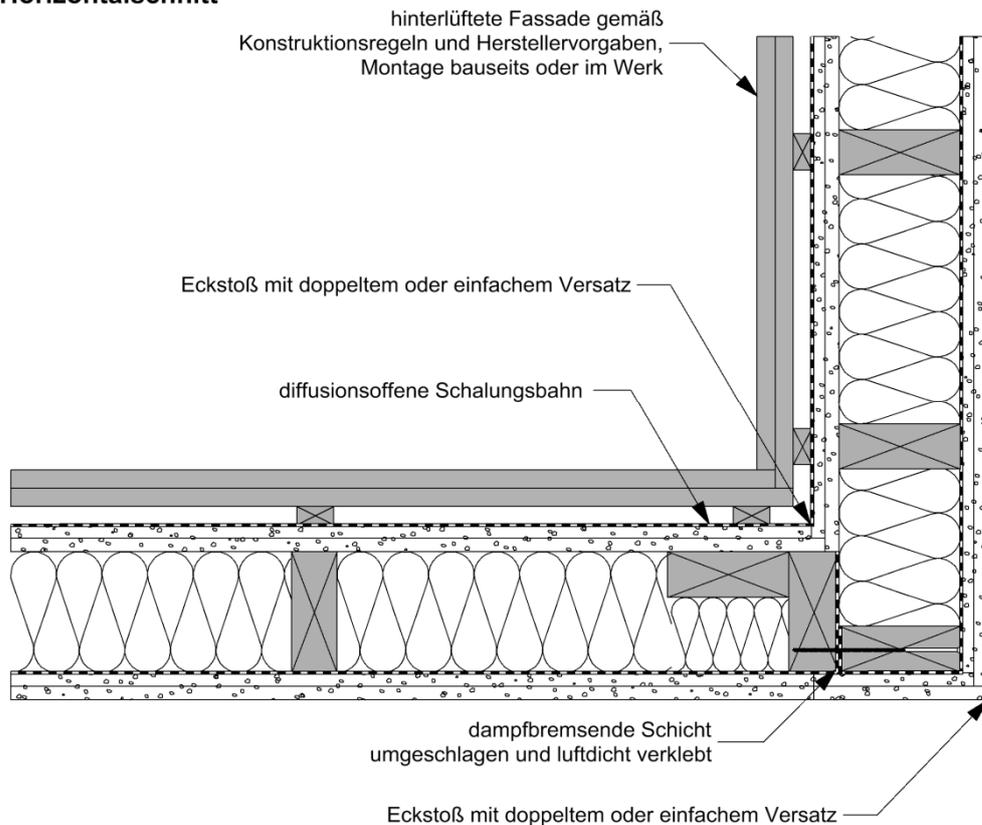
Die Eckfuge kann mit einfachem oder doppeltem Versatz oder entsprechend Typ I / Typ II der Wand/Deckenfugen ausgeführt werden.

Beispielhafte Darstellung, es sind unter Beachtung dieser Grundsätze verschiedene Lösungen möglich.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Ecke 2 Innenecke Holzständerbau mit Holzfassade

Horizontalschnitt



flächige Bauteile

AW 2

Beschreibung

Eckstoß Außenecke Holzständerbauwand mit Holzfassade

Alternativbauarten, Anmerkungen

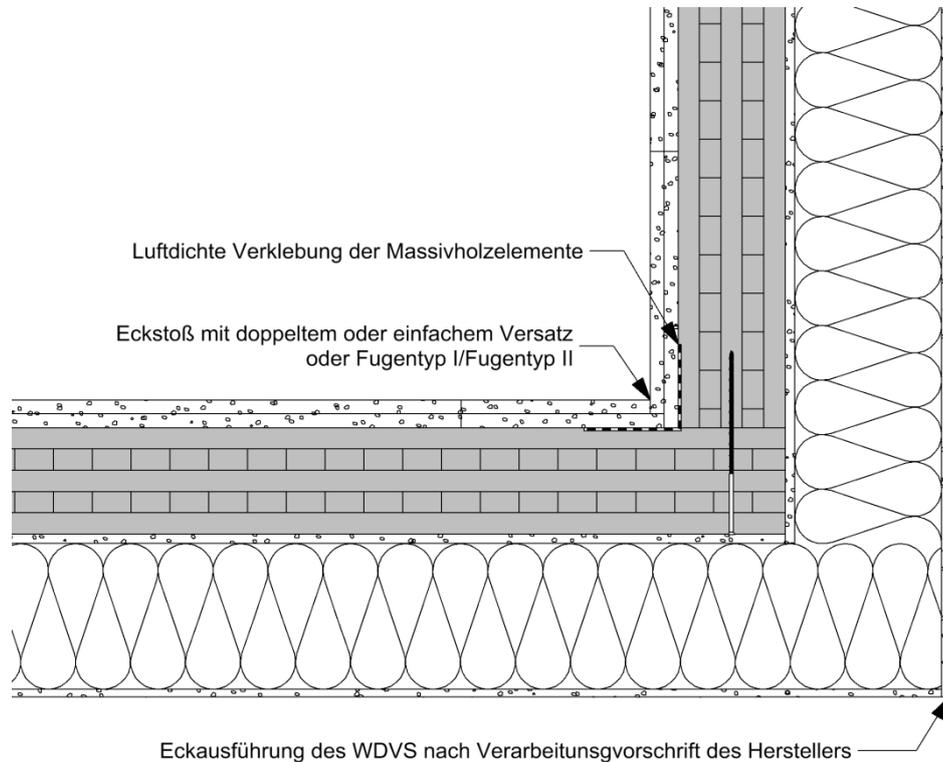
Die luftdichten Schichten auf der Bauteilinnenseite müssen dicht miteinander verbunden werden. Im hier dargestellten Beispiel können dazu z. B. doppelseitige Klebebänder verwendet werden.

Die diffusionsoffene Wetterschutzbahn wird um die Ecke umgeschlagen und wasserdicht miteinander verklebt.

Die Eckfugen der Brandschutzbekleidung können mit einfachem oder doppeltem Versatz ausgeführt werden.

Beispielhafte Darstellung, es sind unter Beachtung dieser Grundsätze verschiedene Lösungen möglich.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFH HolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Ecke 3**Außenecke Holzmassivbau mit Putzfassade**

flächige Bauteile

AW 2**Beschreibung**

Eckstoß Außenecke Holzständerbauwand mit Holzfassade

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten siehe Anlage 8.3.

Alternativbauarten, Anmerkungen

Wenn luftdichte Brettsperrholzelemente verwendet werden (Herstellerangabe), müssen diese an der Ecke durch Verklebung luftdicht miteinander verbunden werden. Ansonsten ist an dieser Stelle die zusätzliche Luftdichtungsschicht zu verbinden. Hierzu muss die Brandschuttbekleidung teilweise ausgespart und später bauseits ergänzt werden.

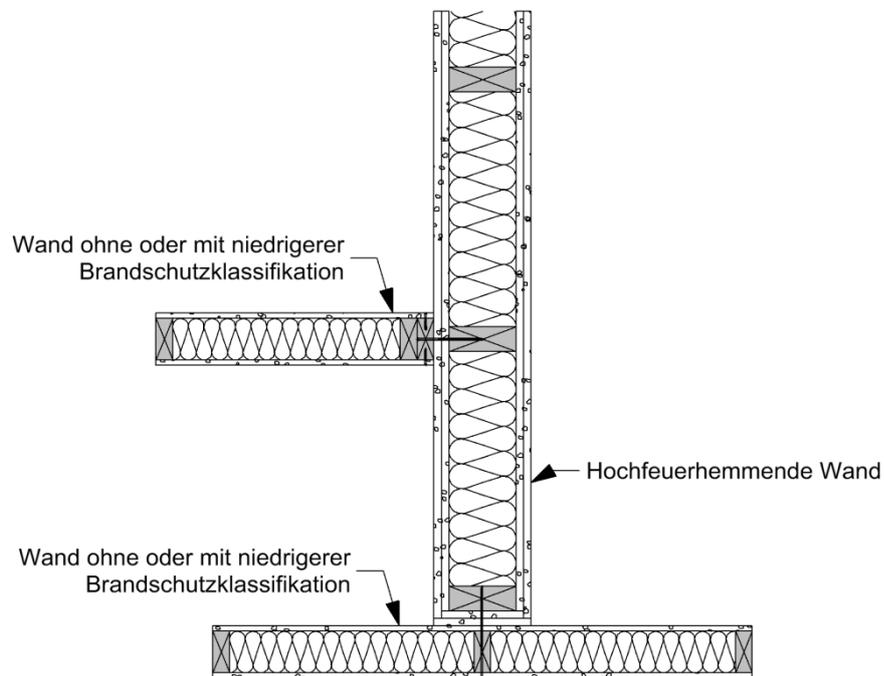
Die Eckfugen der Brandschuttbekleidung können mit einfachem oder doppeltem Versatz ausgeführt werden.

Beispielhafte Darstellung, es sind unter Beachtung dieser Grundsätze verschiedene Lösungen möglich.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

5.3.8 Anschlüsse an Bauteile geringerer Brandschutzklassifikation

Derartige Anschlüsse kommen häufig an nichttragenden Trennwänden, nicht brandschutztechnisch relevanten Unterdecken und ähnlichen Konstruktionen vor. Grundsatz bei der Konstruktion ist hierbei, dass die Brandschutzbekleidung der tragenden hochfeuerhemmenden Bauteile umlaufend vorhanden sein muss, d. h. beispielsweise um die Stirnkante einer Wand herumgeführt wird. Eine hilfreiche Vorstellung bei der Gestaltung solcher Anschlüsse ist es häufig, sich alle Bauteile mit geringerer Brandschutzklassifikation zunächst wegzudenken und die Brandschutzbekleidung der tragenden Bauteile fertig zu konstruieren. Anschließend werden alle nichttragenden Bauteile hinzugefügt. Je nach Einbausituation sind Bewegungsfugen einzuplanen.

Nt 1 Anschluss an Bauteile mit geringerer Brandschutzklassifikation

flächige Bauteile **Alle Wände**
Beschreibung

Anschluss von hochfeuerhemmenden Wandbauteilen an Wände mit niedrigerer oder ohne Brandschutzklassifikation

Alternativbauarten, Anmerkungen

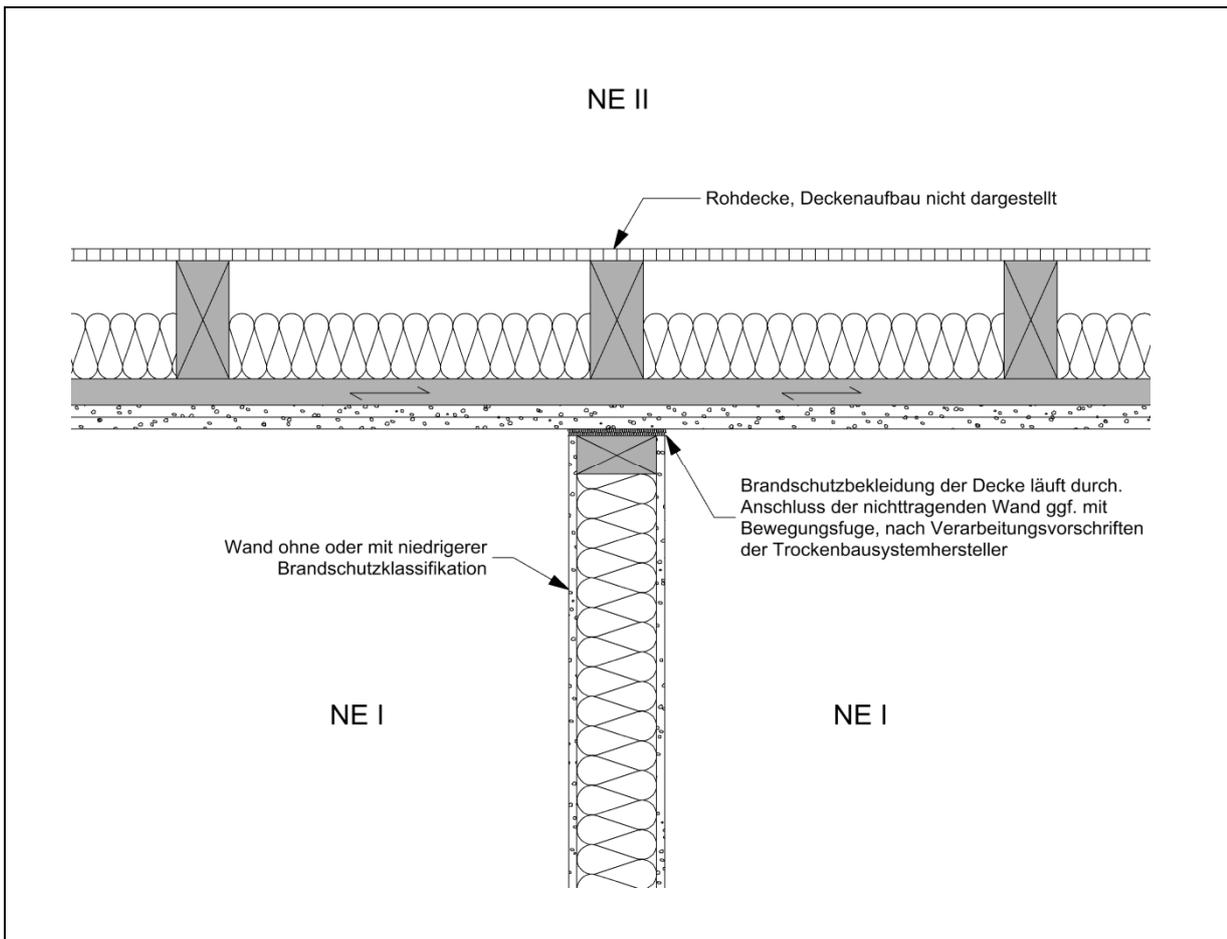
Die Brandschutzbekleidung der „K₂60“ Bauteile muss grundsätzlich umlaufend vollständig vorhanden sein. Eckausbildungen können mit doppeltem oder einfachem Versatz oder entsprechend der Fugentypen I und II der Wand/Deckenfugen ausgeführt werden.

Dies gilt für alle Arten und Ausführungen von Wänden und sonstigen Bauteilen aus brennbaren Baustoffen mit geringerer Klassifikation der Kapsel eigenschaft.

Beispielhafte Darstellung, kann sinngemäß auf alle Wandarten übertragen werden.

Je nach Nutzungssituation Schallschutz und Luftdichtheit beachten!

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFH HolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Nt 2**Anschluss an Bauteile mit geringerer Brandschutzklassifikation****flächige Bauteile****Alle Decken****Beschreibung**

Anschluss von hochfeuerhemmenden Deckenbauteilen an Wände mit niedrigerer oder ohne Brandschutzklassifikation

Alternativbauarten, Anmerkungen

Die Brandschutzbekleidung der „K₂60“ Bauteile muss grundsätzlich umlaufend vollständig vorhanden sein. Eckausbildungen können mit doppeltem oder einfachem Versatz oder entsprechend der Fugentypen I und II der Wand/Deckenfugen ausgeführt werden.

Dies gilt für alle Arten und Ausführungen von Wänden und sonstigen Bauteilen aus brennbaren Baustoffen mit geringerer Klassifikation der Kapselungsart.

Beispielhafte Darstellung, kann sinngemäß auf alle Deckenarten übertragen werden.

Bei nichttragenden Wänden ist i. d. R. eine Bewegungsfuge am Wandkopf vorzusehen. Ausführung gemäß den Verarbeitungsempfehlungen der Trockenbausystemhersteller.

Je nach Nutzungssituation Schallschutz und Luftdichtheit beachten!

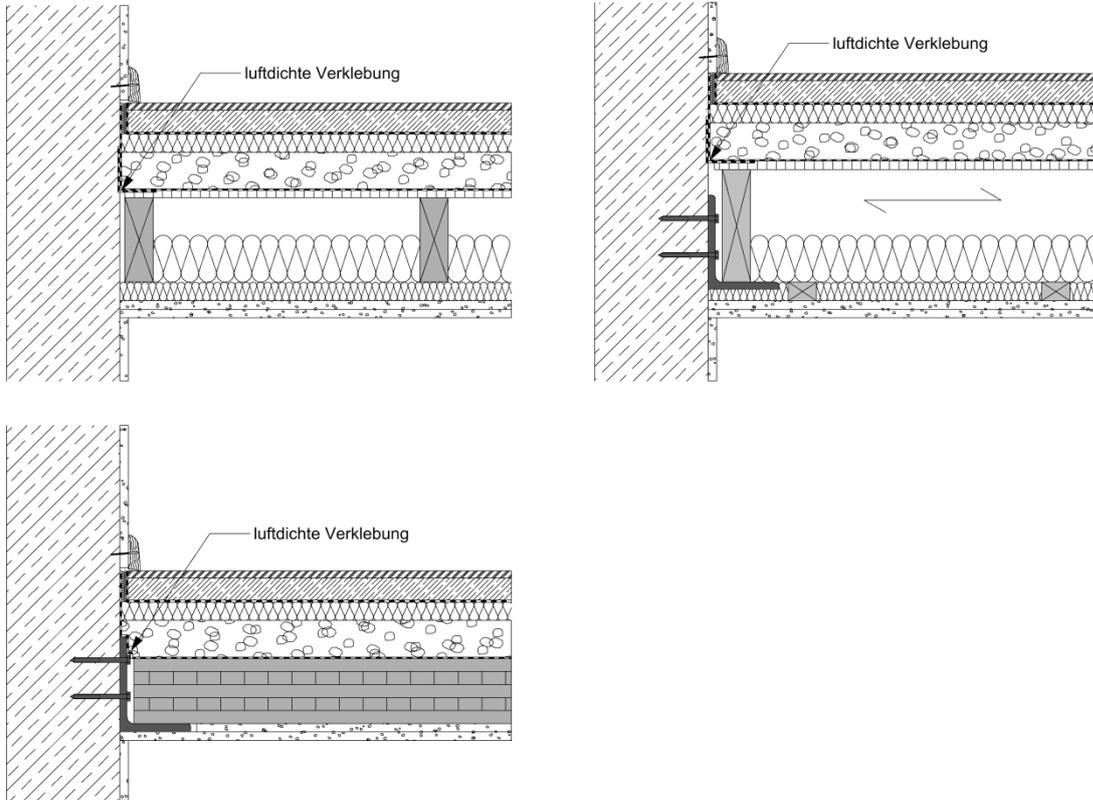
Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFH HolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

5.3.9 Anschlüsse zu nichtbrennbaren Bauteilen

Diese Art von Anschlüssen kommt insbesondere an Kontaktstellen zu Betonbauteilen, z. B. Treppenhauskerne, Fundamente, HBV-Konstruktionen vor. Die Brandschutzbekleidung kann in der Regel stumpf an solche Bauteile anschließen. Wenn das nichtbrennbare Bauteil nicht ausreichend eben ist (z. B. sehr unebene rohe Betonflächen, raues Mauerwerk) ist eine Verspachtelung der Fuge notwendig. Bei sehr unebenen Massivbauoberflächen oder zum Ausgleich von Bautoleranzen ist es u. U. sinnvoll, die Brandschutzbekleidung der angrenzenden Holzbauteile in der Werksfertigung im Anschlussbereich auszusparen und anschließend bauseits passgenau zu ergänzen. Soweit statisch erforderliche Verbindungsmittel verwendet werden, müssen diese in der Regel durch die flächige Brandschutzbekleidung geschützt oder bei Bedarf mit einem anderweitigen Schutz (z. B. Brandschutzanstrich für Stahlteile) versehen werden. Ihre Tragfähigkeit ist unter Berücksichtigung der jeweiligen Einbaubedingungen nachzuweisen.

Nbb 1

Anschluss von Decken an mineralische Massivbauwände



flächige Bauteile

Alle Decken

Beschreibung

Anschluss von hochfeuerhemmenden Deckenbauteilen an mineralische Massivbauwände (Stahlbeton, Mauerwerk)

Alternativbauarten, Anmerkungen

Der Wandverputz wird nach der Deckenmontage ergänzt und stößt dann an die Brandschutzbekleidung. Bei Wänden ohne Verputz (z. B. Sichtbeton) muss die Fuge verspachtelt werden. Zum Ausgleich von Bautoleranzen kann es sinnvoll sein, die Brandschutzbekleidung in der Werksfertigung partiell im Anschlussbereich auszusparen und anschließend bauseits passgenau zu ergänzen.

Je nach Nutzungssituation müssen die Decken luftdicht an die Wände angeschlossen werden.

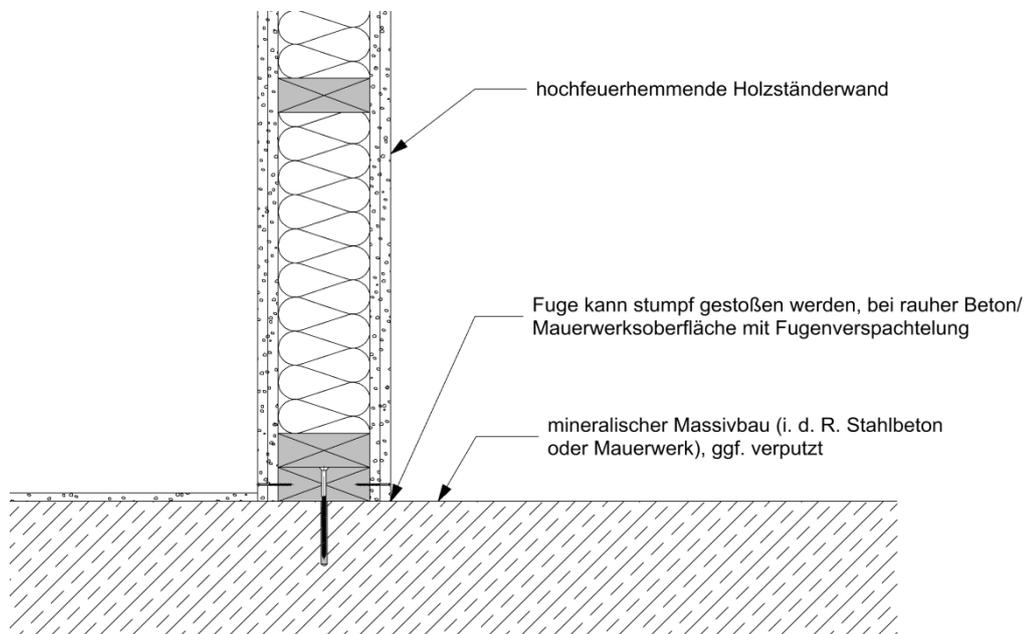
Statisch erforderliche Verbindungsmittel müssen entweder durch die Brandschutzbekleidung geschützt oder unter Brandeinwirkung nachgewiesen werden. Je nach Einbausituation sind Möglichkeiten zum Toleranzausgleich vorzusehen.

Beispielhafte Darstellung, kann sinngemäß auf alle Deckenarten übertragen werden.

Der Wandaufbau der mineralischen Massivbauteile ist beispielhaft dargestellt. Je nach Einbausituation ist z. B. eine außenseitige Wärmedämmung erforderlich.

Beim Einbau von schwimmenden Estrichen sind die gültigen Regelwerke (z.B. DIN 18560, Teil 2) zu beachten.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

Nbb 2 Anschluss von Wänden an mineralische Massivbauwände


flächige Bauteile	Alle Wände
-------------------	------------

Beschreibung

Anschluss von hochfeuerhemmenden Wänden an mineralische Massivbauteile (Stahlbeton, Mauerwerk)

Alternativbauarten, Anmerkungen

Der Wandverputz der Massivbauwände wird nach der Holzbaumontage ergänzt und stößt dann an die Brandschutzbekleidung. Bei Wänden ohne Verputz (z. B. Sichtbeton) muss die Fuge verspachtelt werden. Zum Ausgleich von Bautoleranzen kann es sinnvoll sein, die Brandschutzbekleidung in der Werksfertigung partiell im Anschlussbereich auszusparen und anschließend bauseits passgenau zu ergänzen.

Je nach Nutzungssituation müssen die Wände luftdicht angeschlossen werden, hierzu sind die Luftdichtungsschichten miteinander zu verbinden.

Statisch erforderliche Verbindungsmittel müssen entweder durch die Brandschutzbekleidung geschützt oder unter Brandeinwirkung nachgewiesen werden. Je nach Einbausituation sind Möglichkeiten zum Toleranzausgleich vorzusehen.

Beispielhafte Darstellung, kann sinngemäß auf alle Wandarten übertragen werden.

Der Aufbau des mineralischen Massivbauteils ist beispielhaft dargestellt. Je nach Einbausituation ist z. B. eine außenseitige Wärmedämmung erforderlich.

Die Ausführung stellt den Stand der Wissenschaft dar und kann im Einzelnen von den Empfehlungen der M-HFHolzR abweichen. Die in Kapitel 2 der Richtlinie genannten Schutzziele werden erfüllt.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die in diesem Forschungsvorhaben durchgeführten Recherchen, experimentellen Untersuchungen und Dokumentationen stellen den aktuellen Kenntnisstand zur Planung und Ausführung brandsicherer mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise dar. Die gewonnenen Ergebnisse fügen bestehendes Wissen und praktische Erfahrungen zusammen und erweitern die bisherigen Erfahrungen auf denen die M-HFHolzR basiert.

Dazu wurden im Zuge der Voruntersuchungen zum Forschungsvorhaben die baurechtlichen Anforderungen und Grenzen für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise aufbereitet und dargestellt. Problemstellungen aus mehrjähriger baupraktischer Erfahrung im Umgang mit der eingeführten Richtlinie wurden aufgezeigt sowie die meist vorkommenden Abweichungen zu den üblich verwendeten Konstruktionen identifiziert und Handlungsanweisungen für den richtigen Umgang mit diesem verfasst.

Hierfür wurden experimentelle und theoretische Untersuchungen durchgeführt. Diese umfassten Brandversuche zu Anschlussstypen und –details, Ausführungen haustechnischer Installationen (Elektro, Sanitär, Lüftung) sowie dem Einsatz neuer Konstruktionswerkstoffe. Ergänzend wurden schallschutztechnische Untersuchungen an ausgewählten Wand- und Deckenelementen durchgeführt. Daneben wurden in rechnerischen Analysen die Konstruktionen in Bezug auf ihre wärme- und feuchteschutztechnischen Eigenschaften bewertet. Als Ergebnis entstanden Konstruktionen, die sowohl die brandschutztechnischen Schutzziele als auch die bauphysikalischen Anforderungen des Schall-, Wärme- und Holzschutzes erfüllen, konstruktiv umsetzbar und wirtschaftlich anwendbar sind.

Alle Ergebnisse werden durch den erarbeiteten Konstruktions- und Detailkatalog den Planern und Ausführenden zugänglich gemacht und liefern wichtige Hinweise als auch eine Sicherheit in der Umsetzung mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise.

Durch Anwendung der Forschungsergebnisse werden die Anwendungsgrenzen des Einsatzes von Holz und Holzwerkstoffen in Verbindung mit der geltenden Richtlinie erweitert.

Der Katalog und die Ausführungen im Bericht dienen des Weiteren den Entscheidungsträgern bzw. Genehmigungsbehörden dazu über die geltende Richtlinie hinausgehende Entwürfe zu beurteilen und zu genehmigen.

Im Zuge einer kontinuierlichen Weiterentwicklung des mehrgeschossigen Holzbaus erfolgt im nächsten Schritt eine vollständige Überführung der Ergebnisse in die Praxis mit dem Ziel einer künftig geregelten und standardisierten Anwendung. Gleichzeitig mit dem Technologie- und Wissenstransfer in die Praxis wird auf wissenschaftlicher Basis an der Fortschreibung der Richtlinie gearbeitet. In diesem Zuge werden die neuen Rahmenbedingungen für den künftigen mehrgeschossigen Holzbau in Deutschland bis zur Hochhausgrenze untersucht und festgelegt.

Hierfür haben die bisher vorrangig in diesem Bereich tätigen Forschungsinstitute, das iBMB der TU Braunschweig, die Hochschule Magdeburg-Stendal und der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TU München gemeinsam die notwendigen Forschungsschwerpunkte identifiziert. Abbildung 6-1 zeigt die gesetzten Schwerpunkte und deren Verknüpfung.



Abbildung 6-1 Forschungsschwerpunkte zur Fortschreibung der Holzbau-Richtlinie

Durch eine solche gebündelte und koordinierte Forschungsaktivität unter zusätzlicher Einbindung interessierter Kreise wird dem Holzbau einerseits die Möglichkeit eröffnet anstehende Fragestellungen schnell und andererseits sehr tiefgreifend mit den spezifischen Expertisen der Forschungsvereinigungen zu lösen.

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

- [1] Herhan, A., Winkler, A, *Elektroinstallation nach DIN VDE 0100*, 19. Auflage, Vogel-Verlag, Würzburg 1998
- [2] Hösl, A., Ayx, R., Busch, H. *Die vorschriftsmäßige Elektroinstallation*, 17. Auflage, Hüthig Verlag, Heidelberg 2000
- [3] Wellpot, E., *Technischer Ausbau von Gebäuden*, 8. Auflage, Kohlhammer Verlag, Stuttgart 2000
- [4] *Lignum-Dokumentation Brandschutz – Haustechnik, Installation, Abschottungen* LIGNUM Holzwirtschaft Schweiz, Zürich 2010
- [5] *Lignum-Dokumentation Bauen mit Holz – Qualitätssicherung und Brandschutz* LIGNUM Holzwirtschaft Schweiz, Zürich 2000
- [6] *Lignum-Dokumentation Bauen mit Holz – Außenwände – Konstruktion und Bekleidungen* LIGNUM Holzwirtschaft Schweiz, Zürich 2000
- [7] Kotthoff, I., Wiederkehr, R., *Brandsichere Anwendung von Holz an der Fassade*, Internationales Holzbauforum 2004
- [8] Lignum Holzwirtschaft Schweiz, Zürich. www.lignum.ch
- [9] Teibinger, M., Matzinger, I., *Brandabschottung im Holzbau*, Holzforschung Austria, Wien 2012
- [10] Teibinger, M., Matzinger, I., *Bauen mit Brettspertholz im Geschossbau*, Holzforschung Austria, Wien 2013
- [11] Teibinger, M., Matzinger, I., *Deckenkonstruktionen für den mehrgeschossigen Holzbau*, Holzforschung Austria, Wien 2009
- [12] Kordina, K., Meyer-Ottens, C., *Holz-Brandschutz Handbuch*, 2. Auflage, DGfH, München 1994
- [13] Winter, S., Merk, M., *Teilprojekt TP 02 Brandsicherheit im mehrgeschossigen Holzbau* High Tech Initiative Bayern – Holzbau der Zukunft, Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst
- [14] Babrauskas, V. *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers, USA, Issaquah 2003
- [15] Lutz, Freymuth, H., Jenisch, R. et al., *Lehrbuch der Bauphysik*, 5. Auflage, Teubner Verlag, Stuttgart 2002
- [16] Terhardt, C., *Brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzrahmenbauweise*, Masterarbeit, Hochschule Zittau/Görlitz (FH) 2007
- [17] Kampmeier, K., *Risikogerechte Brandschutzlösungen für den mehrgeschossigen Holzbau*, Dissertation TU Braunschweig 2008
- [18] *Grundlagen des Schallschutzes*, Holzbau-Handbuch Reihe 3 Teil 3 Folge 1, Informationsdienst Holz 1998
- [19] *Schallschutz – Wände und Dächer*, Holzbau-Handbuch Reihe 3 Teil 3 Folge 4, Informationsdienst Holz 2004

- [20] *Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken*, Holzbau-Handbuch Reihe 3 Teil 3 Folge 3, Informationsdienst Holz 1999
- [21] *Informationsdienst Holz Spezial – Flachdächer in Holzbauweise*, Informationsdienst Holz 2008
- [22] *Mehrgeschossiger Wohnungsbau in Holz*, Holzbau-Handbuch Reihe 1 Teil 3 Folge 1, Informationsdienst Holz 1997
- [23] *Holzrahmenbau*, Holzbau-Handbuch Reihe 1 Teil 1 Folge 7, Informationsdienst Holz 2009
- [24] *Binder Handbuch Massivholzbau*, Binderholz Bausysteme GmbH 2010
- [25] Getzner Werkstoffe GmbH: *Elastische Entkopplung im Holzbau* Technische Informationen, Getzner, 2012
- [26] *fertighauscity5+*, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, Forschungsinitiative Zukunft Bau beim BBR, Fraunhofer IRB Verlag 2007
- [27] *Planungs- und Konstruktionsrichtlinie für die Ausführung mehrgeschossiger Holzbauelemente zur Steigerung der Holzverwendung*, VHT Darmstadt, Fraunhofer IRB Verlag 1998
- [28] *Konstruieren mit Holz 1992 - 2012 – Dokumentierte Bauprojekte*, Makiol & Wiederkehr Holzbauingenieure, Lignum Verlag, Zürich 2012
- [29] Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e. V. (IFS) Internet: www.ifs-ev.org
- [30] *FireInTimber – Fire resistance of innovative timber structures*, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, TU München 2010
- [31] *Prüfbericht (3049/9435)-13-TP vom 25.08.2006*, MPA TU Braunschweig
- [32] *Prüfbericht (3049/9435)-7-TP vom 17.03.2006*, MPA TU Braunschweig
- [33] *Prüfbericht Nr. 08-04-13 Brandversuche V1, V2a, V3*, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, TU München 2013
- [34] *Prüfbericht Nr. 10-02-14 Brandversuch V4*, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, TU München 2014
- [35] Wabl, A., *Brandschutz im mehrgeschossigen Holz-Massivbau*, Masterarbeit TU Graz, Institut für Holzbau und Holztechnologie, TU Graz 2012
- [36] Hosser, D., Kampmeier, B., Kruse, D., Rüter, N. *Optimierung der Konstruktion und der Herstellungsprozesse von hochfeuerhemmenden Holztafelelementen unter sicherheitsrelevanten, technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten (Optimierung K60)* Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, Fraunhofer IRB Verlag 2013
- [37] Novak, C. J. et al. *An analysis of heat flux induced arc formation in a residential electrical cable* Fire Safety Journal 55 61 – 68, 2013
- [38] Kaiser, K. *Haustechnik Brandschutztechnische Bauüberwachung* Feuertrutz GmbH Verlag für Brandschutzpublikationen, Köln 2008
- [39] Geberit Vertriebs GmbH, *Brand- und Schallschutz* Planungsbroschüre, 2013

- [40] Lippe, M., Wachs, P., *Brandschutzleitfaden für Leitungsanlagen in Verbindung mit Rigips-Systemlösungen nach MLAR 2005* Saint-Gobain Rigips GmbH 2010
- [41] *Richtlinie für den Einbau von Fensterbänken bei WDVS- und Putzfassaden*, Österreichische Arbeitsgemeinschaft Fensterbank, Version 1/2012, ARGE Fensterbank 2012
- [42] Marutzky, R., *Holzschutz Praxiskommentar zur DIN 68800 Teile 1 bis 4*, 2. Auflage 2013, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2013
- [43] Vortrag DAGA 2013 „*Development of wall-floor-junctions in timber buildings with resilient layers to reduce flanking sound transmission*“; Ali Savani, Christopg Geyer, Andreas Müller, Bernhard Schuppisser, Ulrich Gerhaher, Hans-Jakob Strehler, Berner Fachhochschule in CH-2500 Biel, Mageba SA in CH-8180 Bülach
- [44] Willems W., Schild, K., *Wärmebrücken. Berechnung – Bewertung – Vermeidung*, Bauphysik-Kalender 2013, Ernst und Sohn, Berlin 2013
- [45] Informationsdienst Holz, *Das Passivhaus-Energieeffizientes Bauen, Holzbau Handbuch, Reihe 1, Teil 3, Folge 10*, DGfH München 2002
- [46] Therm 6.3, Finite Element Simulator
<http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>, Zugriff am 16.6.2014
- [47] *TES EnergyFaçade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope*, <http://tesenergyfacade.com>
- [48] Maurer, M., *Thermomechanisches Materialverhalten von Gipsbauplatten*, Bachelor's Thesis, TUM, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion 2013
- [49] Mögele, T., *Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Einfluss des Befestigungssystems auf die thermische Schutzwirkung von Brandschutzbekleidungen an Holzkonstruktionen*, Diplomarbeit, TUM, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion 2010
- [50] *Untersuchungen zur Optimierung und Standardisierung von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen*, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, Fraunhofer Institut für Bauphysik 2008
- [51] Just, A., *Structural Fire Design of Timber Frame Assemblies Insulated by Glass Wool and Covered by Gypsum Plasterboards*, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia 2010
- [52] Just, A., Schmid, J., König, J., *Failure times of gypsum boards*, Paper presented at the SiF'10, Structures in Fire 2010, East Lansing, Michigan State University 2010

7.2 Normen und Regelwerke

7.2.1 Baurecht, Brandschutz, Tragwerksplanung

Musterbauordnung MBO, Fassung 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz am 21.09. 2012

Richtlinie über hochfeuerhemmende Holzbauteile (M-HFHolzR) 2004-06

Muster-Leitungsanlagenrichtlinie MLAR 2005-11

Bauregelliste BRL, Ausgabe 01/2014

DIN EN 1995-1-1: 2010-12, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau

DIN EN 1995-1-2: 2010-12, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall

DIN VDE 0100-482: 2003-06, Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 4, Kapitel 48, Hauptabschnitt 482: Brandschutz bei besonderen Risiken und Gefahren

DIN 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

DIN 4102-1: 1998-05, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil1: Baustoffe, Begriffe, Anforderungen, Prüfungen

DIN EN 520: 2005-03, Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren

DIN 18180: 2013-12 (Entwurf), Gipsplatten – Arten und Anforderungen

DIN EN 15283-2: 2009-12, Faserverstärkte Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren – Teil 2: Gipsfaserplatten

7.2.2 Wärmeschutz, Holzschutz, Feuchteschutz

DIN 4108 Beiblatt 2 (2006-03), Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele, Beuth Berlin 2006

DIN 4108-2 (2013-02), Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Beuth Berlin 2013

DIN 4108-3 (2001-07), Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, Beuth Berlin 2001

DIN V 18599-2 (2011-12), Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen, Beuth Berlin 2011

DIN 68800-2 (2012-02), Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende Maßnahmen, Beuth Berlin 2012

EnEV Energieeinsparverordnung (2014), veröffentlicht am 21.11.2013, http://www.enev-online.com/enev_2014_volltext/index.htm, Zugriff am 16.6.2014

DIN EN ISO 6946 (2008-04), Bauteile- Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren, Beuth Berlin 2008

DIN EN ISO 10211 (2008-04), Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen, Beuth Berlin 2008

DIN EN 13829 (2001-02), Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit – Differenzdruckverfahren, Beuth Berlin 2001

DIN EN 15026 (2007-07), Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen, Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation, Beuth Berlin 2007

7.2.3 Schallschutz

- [s1] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise, Ausgabe November 1989
- [s2] DIN 4109, Bbl.1, Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, Ausgabe November 1989
- [s3] DIN 4109, Bbl.2, Schallschutz im Hochbau, Hinweise für Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich, Ausgabe November 1989
- [s4] Entwurf DIN 4109-1, Schallschutz im Hochbau, Teil 1: Anforderungen an die Schalldämmung, Ausgabe Juni 2013
- [s5] Entwurf DIN 4109-2, Schallschutz im Hochbau, Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen, Ausgabe November 2013
- [s6] Entwurf DIN 4109-33, Schallschutz im Hochbau, Teil 33: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau, flankierende Bauteile, Ausgabe Dezember 2013
- [s7] VDI 4100, Schallschutz von Wohnungen – Kriterien für Planung und Beurteilung, Ausgabe August 2007 (zurückgezogen)
- [s8] DIN EN ISO 10140-1, Akustik, Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand Teil 1: Anwendungsregel für bestimmte Produkte, Ausgabe Mai 2012

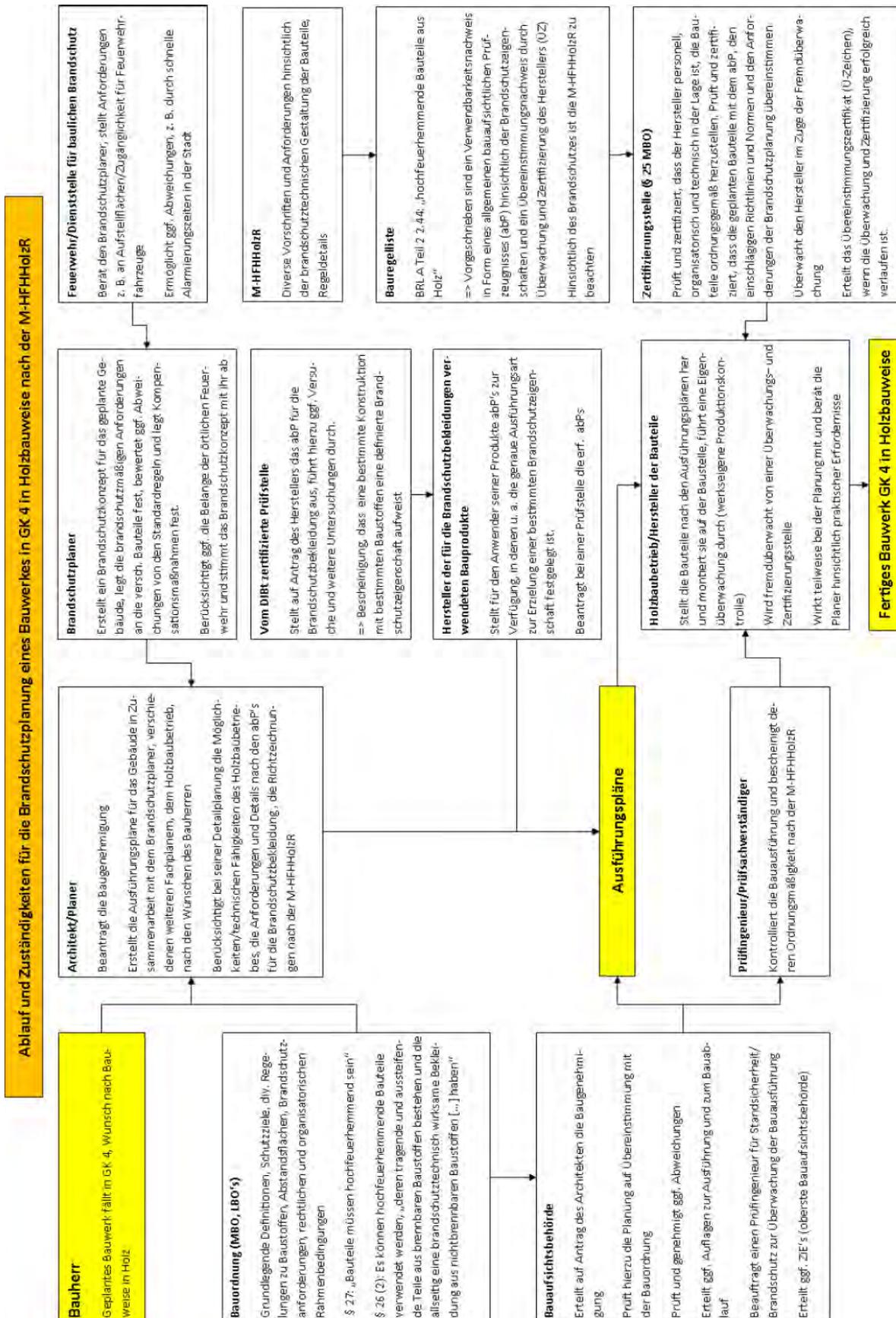
- [s9] DIN EN ISO 10140-2, Akustik, Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand, Teil 2: Messung der Luftschalldämmung, Ausgabe Dezember 2010
- [s10] DIN EN ISO 10140-5, Akustik, Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand, Teil 5: Anforderungen an Prüfstände und Prüfeinrichtungen, Ausgabe Dezember 2010
- [s11] DIN EN ISO 717-1, Akustik, Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1: Luftschalldämmung, Ausgabe Juni 2013
- [s12] DIN EN ISO 717-2, Akustik, Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 2: Trittschalldämmung, Ausgabe Juni 2013
- [s13] VDI 2081, Blatt 1, Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen, Ausgabe Juni 2001
- [s14] VDI 2566, Blatt 1, Schallschutz bei Aufzugsanlagen mit Triebwerksraum, Ausgabe April 2011
- [s15] VDI 2566, Blatt 2, Schallschutz bei Aufzugsanlagen ohne Triebwerksraum, Ausgabe Mai 2004

7.3 Abkürzungsverzeichnis

- GKF Gipskartonfeuerschutzplatte nach DIN 18180 bzw. Gipsplatte Typ F nach DIN EN 520
- GF Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283-2
- R, E, I Leistungseigenschaften entsprechend dem europäischen Klassifizierungssystem nach DIN EN 13501-1 für *Résistance* (Tragfähigkeit), *Étanchéité* (Raumabschluss), *Isolation* (Wärmedämmung unter Brandeinwirkung)
- K₂60 Kapselkriterium nach DIN EN 13501-2 für 60 Minuten Brandeinwirkung, vgl. Abschnitt 2.2.1
- abP Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis
- ZiE Zustimmung im Einzelfall
- BRL Bauregelliste des DIBt
- ETK Einheitstemperaturkurve nach DIN EN 1991-1-2

8 Anhang

8.1 Ablauf und Zuständigkeiten für die Brandschutzplanung eines Bauwerkes in Holzbauweise in GK 4



8.2 Temperaturmesswerte der Brandversuche

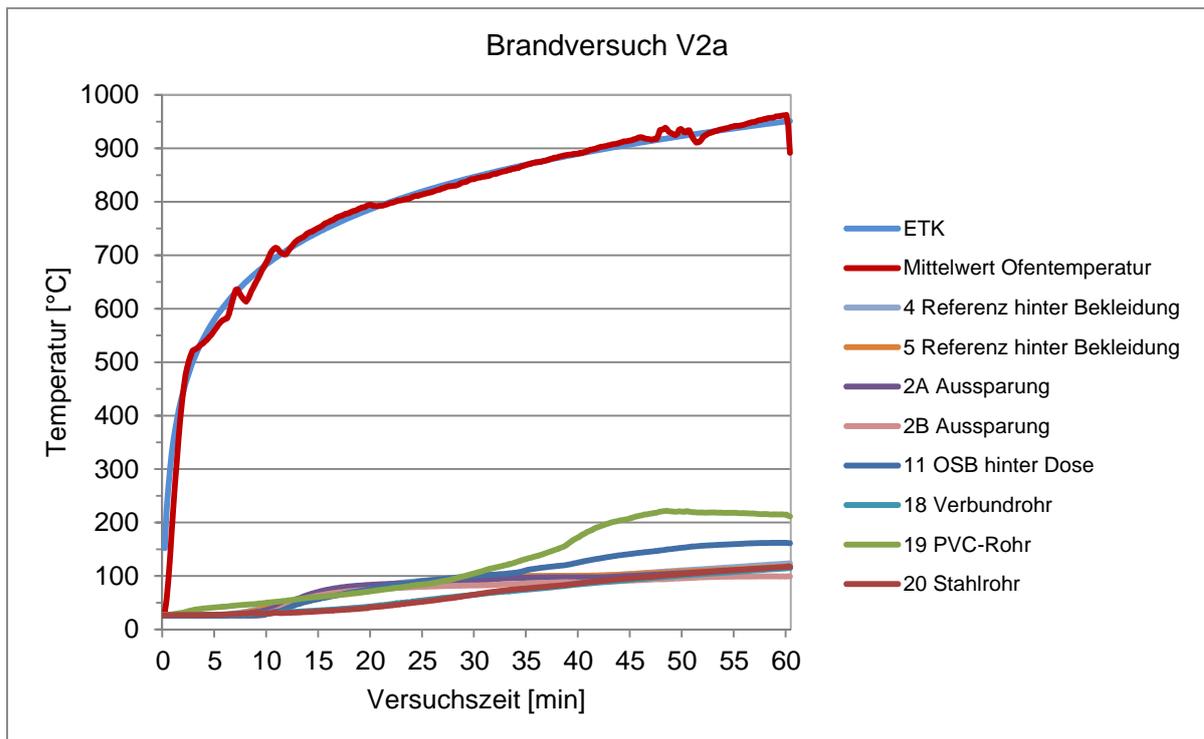


Diagramm 8-1 V2a: Auswahl der Messstellen innerhalb des Prüfkörpers. An allen Messpunkten sind die Temperaturen niedriger als ca. 230 ° C geblieben. Am heißesten wurde der Messpunkt am PVC-Rohr, vermutlich da dieses teilweise verbrannt ist und damit einen zusätzlichen Wärmebeitrag geliefert hat.

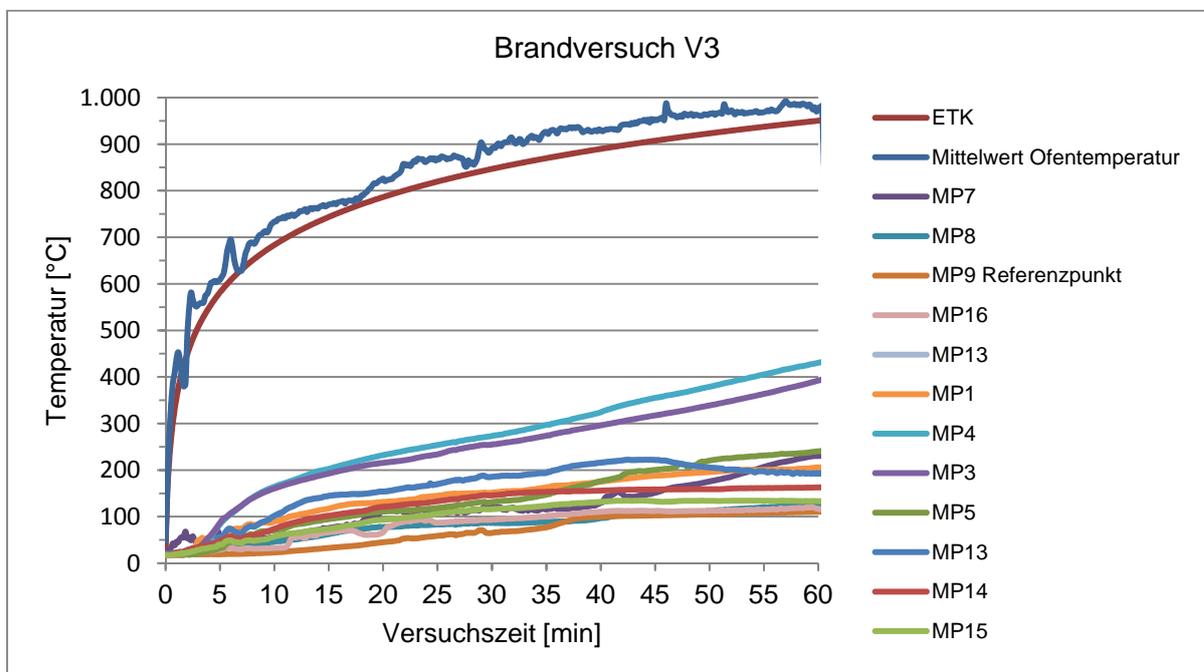


Diagramm 8-2 V3: Temperaturmessstellen in der Brettsperrholzwand in den Kabelkanälen und Dosenaussparungen. Zwei Messwerte (MP3 und MP4) haben die Maximaltemperaturen des Kapselkriteriums deutlich überschritten. Diese Messpunkte befanden sich in einer Dosenaussparung ohne Schutzmaßnahme. Alle anderen Messwerte lagen bei maximal ca. 250 ° C.

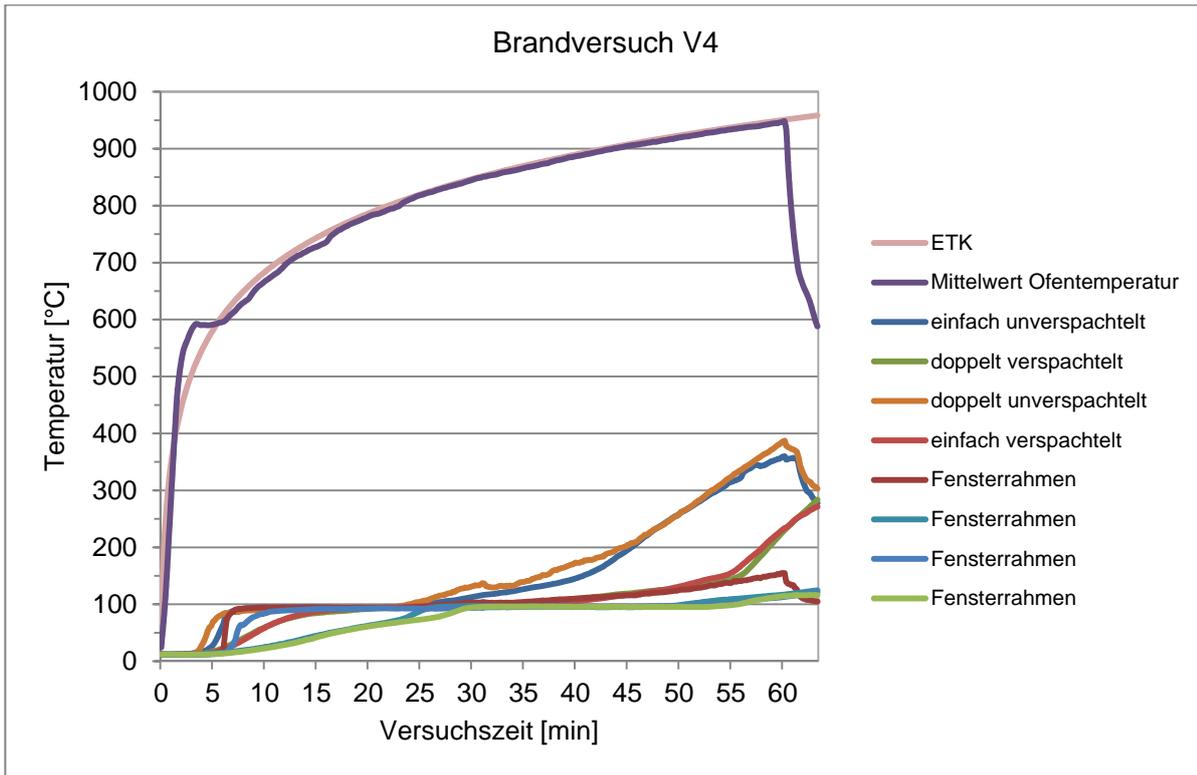


Diagramm 8-3 V4: Messwerte der Temperaturen unter der Bekleidung der Riegel und Ständer im Bereich des Fensterrahmens sowie an den Leibungsecken

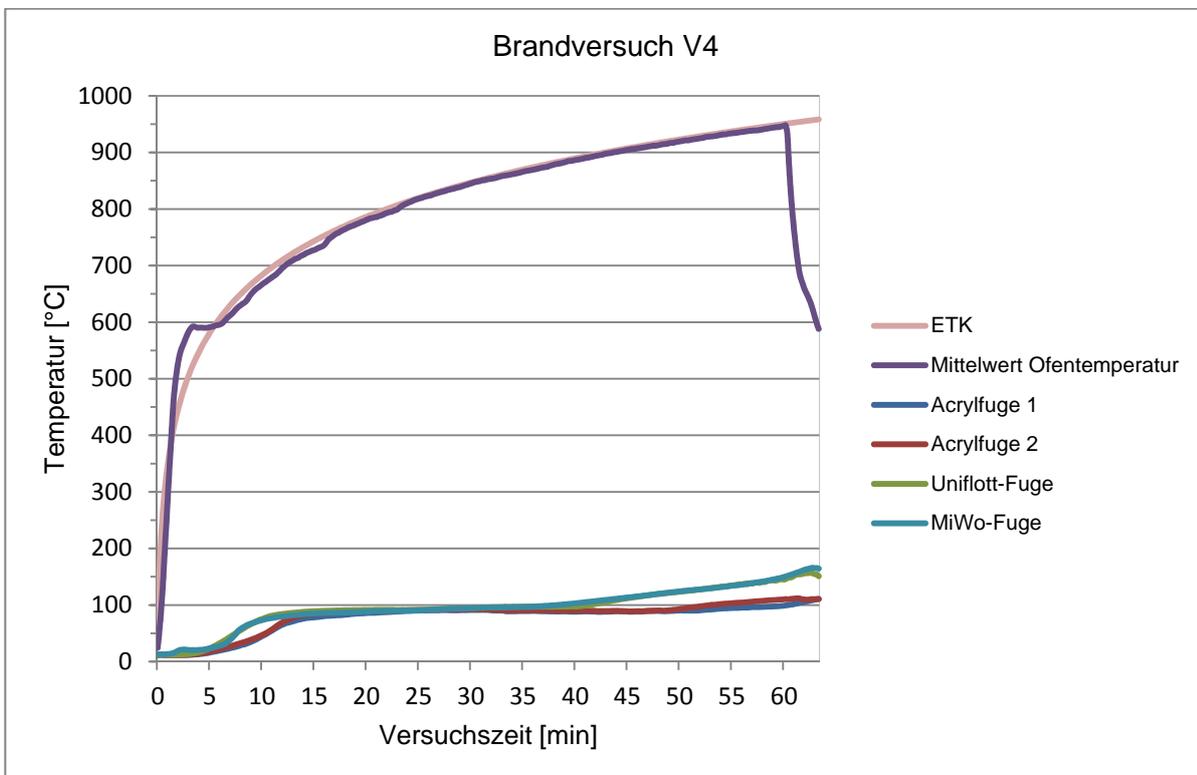


Diagramm 8-4 V4: Messwerte der Temperaturen in den Wand/Deckenfugen

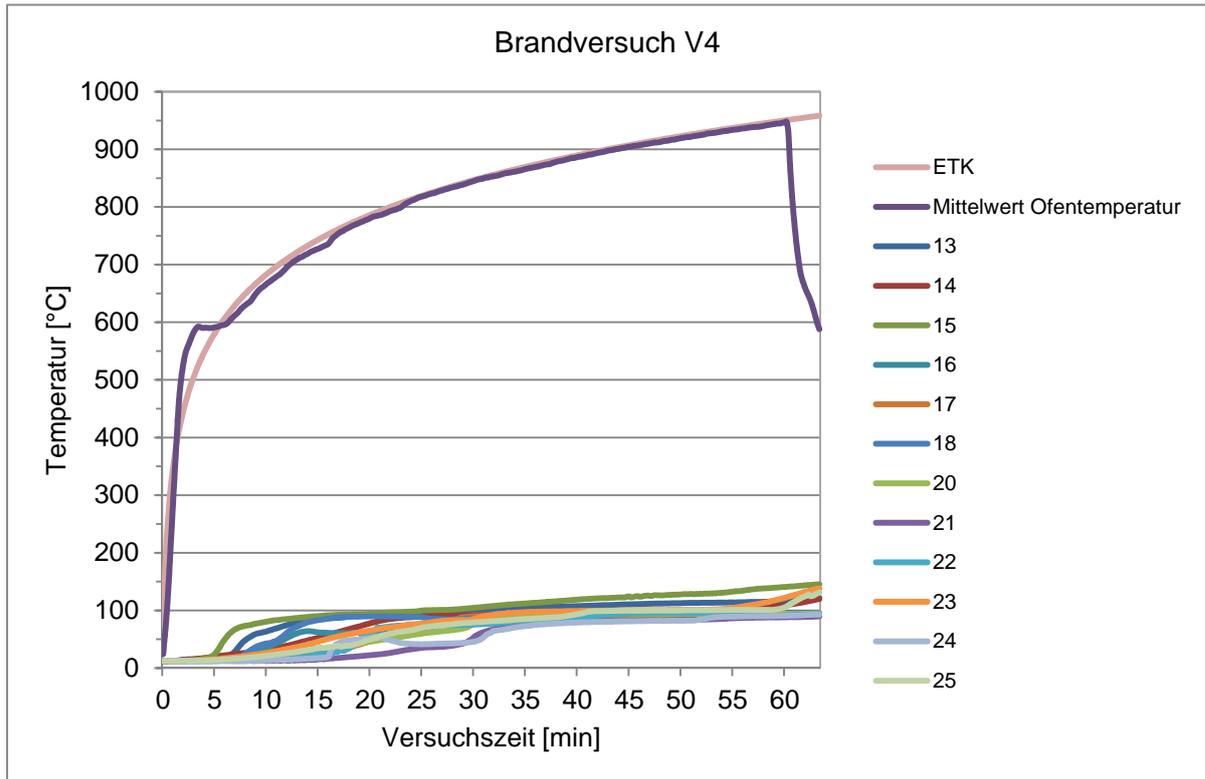


Diagramm 8-5 V4: Messwerte der Temperaturen in den mit Brandschutzanstrich versehenen Schlitzen im Brettsperrholz: Alle Messwerte sind unterhalb von 150 °C geblieben

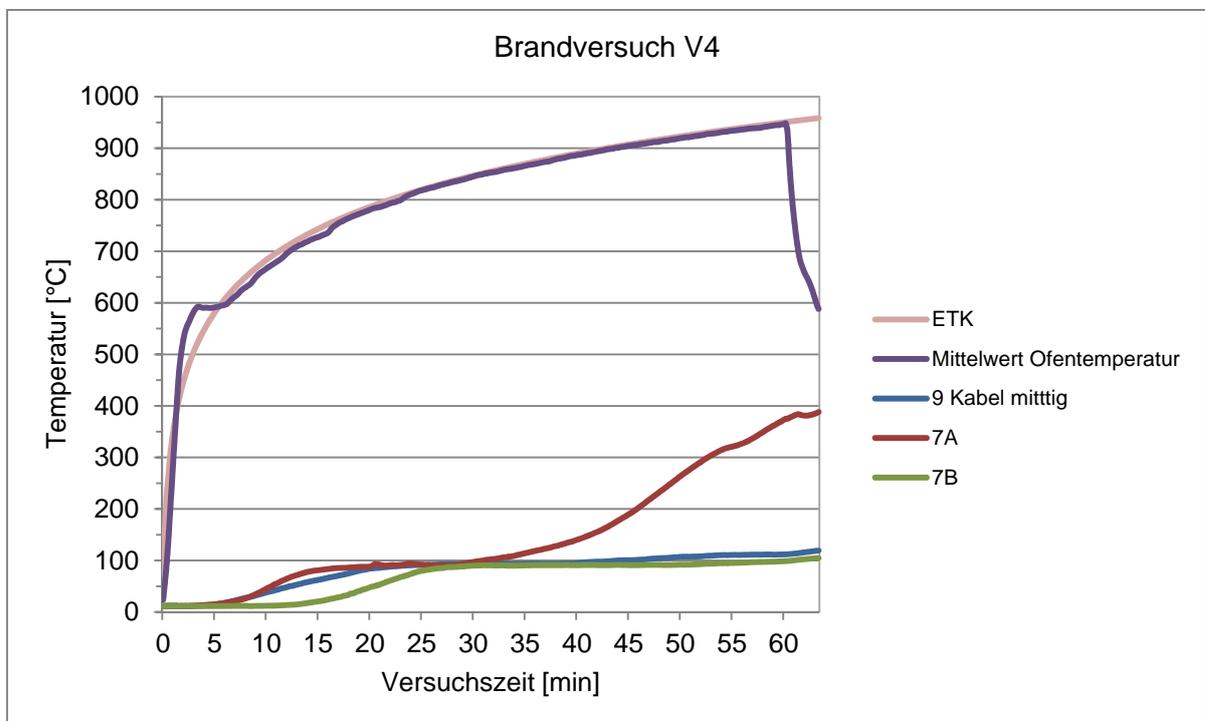


Diagramm 8-6 V4: Messwerte der Temperaturen im Ständerbauelement an den Installationen: Messstelle 7A befand sich an der Ecke des Holzriegels mittig unter der Dose. Die gemessene Temperatur von bis zu ca. 390 °C deckt sich mit der Verkohlung in diesem Bereich. Messpunkt 7B befand sich 50 mm weiter innen am Ständer, hier blieb die Temperatur bei ca. 100 °C. Messpunkt 9 befand sich mittig im Bereich der lose eingebauten Installationen direkt rückseitig auf der Bekleidung, hier wurden Temperaturen von maximal ca. 110 °C erreicht.

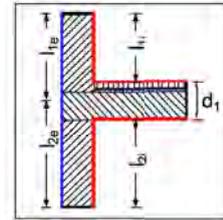
8.3 Wärmedurchgangskoeffizienten der Konstruktionsdetails

Wand/Decke 7

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,04 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

Außenwand 1

$U_{(\text{Gefach})}$ -Wert U_1	=	0,119 W/(m ² ·K)
U_{nr} -Wert U_1	=	0,140 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{1i}	=	1,000 m
Dicke der Decke d_1	=	0,424 m
Außenmaß l_{1e}	=	1,212 m

Außenwand 2

$U_{(\text{Gefach})}$ -Wert U_2	=	0,119 W/(m ² ·K)
U_{nr} -Wert U_2	=	0,140 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{2i}	=	1,000 m
Außenmaß l_{2e}	=	1,212 m

Therm

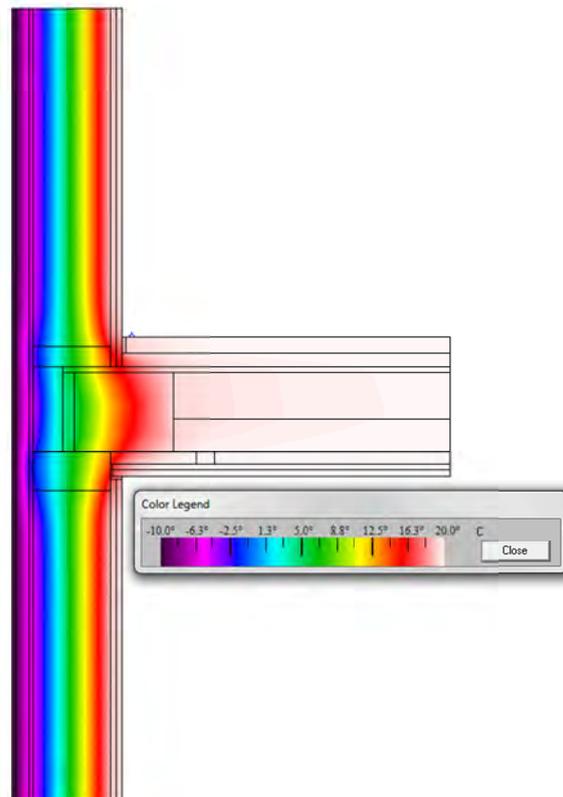
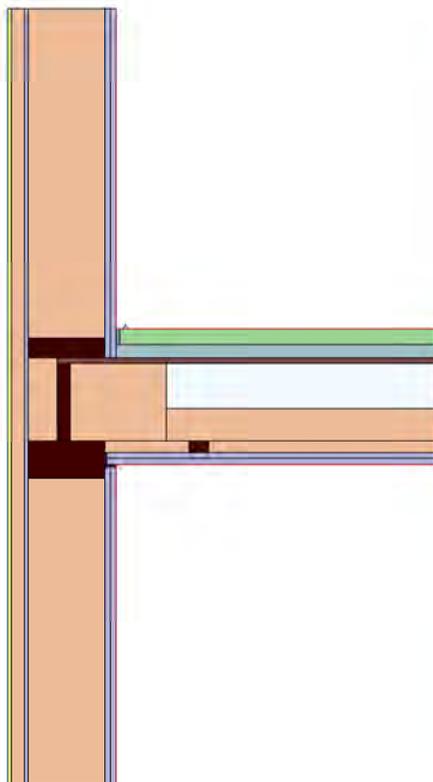
Version 6.3 (5.3.46.0)

U-Factor (Therm) oben 1	=	0,1587 W/(m ² ·K)
U-Factor (Therm) unten 2	=	0,1619 W/(m ² ·K)
Thermlänge 1	=	1,000 m
Thermlänge 2	=	1,000 m
längenbezog. Wärmestrom 1 L^{2D}	=	0,159 W/(m·K)
längenbezog. Wärmestrom 2 L^{2D}	=	0,162 W/(m·K)

 Ψ -Wert

$\Psi_{i, \text{oben}}$ (bez. auf U_{Gefach})	=	0,039 W/(m·K)
$\Psi_{i, \text{unten}}$ (bez. auf U_{Gefach})	=	0,042 W/(m·K)
$\Psi_{i, \text{Summe}}$ (bez. auf U_{Gefach})	=	0,082 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_m)	=	-0,019 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_{Gefach})	=	0,031 W/(m·K)

Abbildung

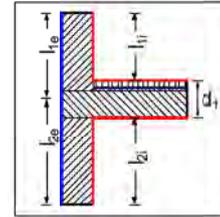


Wand/Decke 7a

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,04 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

Außenwand 1

$U_{(\text{Gefach})}$ -Wert U_1	=	0,119 W/(m ² ·K)
U_{m} -Wert U_1	=	0,140 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{1i}	=	1,000 m
Dicke der Decke d_1	=	0,424 m
Außenmaß l_{1e}	=	1,212 m

Außenwand 2

$U_{(\text{Gefach})}$ -Wert U_2	=	0,119 W/(m ² ·K)
U_{m} -Wert U_2	=	0,140 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{2i}	=	1,000 m
Außenmaß l_{2e}	=	1,212 m

Therm

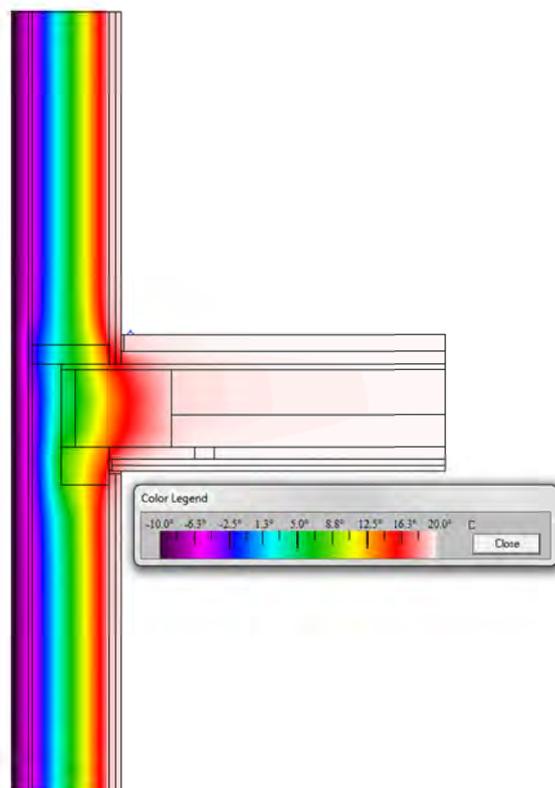
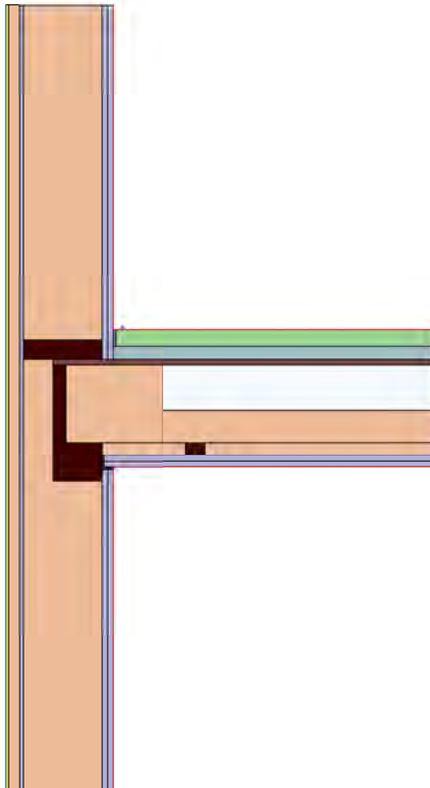
Version 6.3 (6.3.46.0)

U-Factor (Therm) oben 1	=	0,1575 W/(m ² ·K)
U-Factor (Therm) unten 2	=	0,1526 W/(m ² ·K)
Thermlänge 1	=	1,000 m
Thermlänge 2	=	1,000 m
längenbezog. Wärmestrom 1 L^{2D}	=	0,158 W/(m·K)
längenbezog. Wärmestrom 2 L^{2D}	=	0,153 W/(m·K)

 Ψ -Wert

$\Psi_{i, \text{oben}}$ (bez. auf U_{Gefach})	=	0,038 W/(m·K)
$\Psi_{i, \text{unten}}$ (bez. auf U_{Gefach})	=	0,033 W/(m·K)
$\Psi_{i, \text{Summe}}$ (bez. auf U_{Gefach})	=	0,071 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_m)	=	-0,029 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_{Gefach})	=	0,021 W/(m·K)

Abbildung

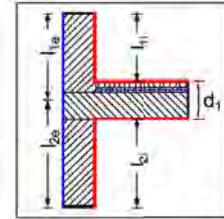


Wand/Decke 8

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,13 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

Außenwand 1

U_{Gefach} -Wert U_1	=	0,135 W/(m ² ·K)
U_{nr} -Wert U_1	=	0,165 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{1i}	=	1,000 m
Dicke der Decke d_1	=	0,424 m
Außenmaß l_{1e}	=	1,212 m

Außenwand 2

U_{Gefach} -Wert U_2	=	0,135 W/(m ² ·K)
U_{nr} -Wert U_2	=	0,165 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{2i}	=	1,000 m
Außenmaß l_{2e}	=	1,212 m

Therm

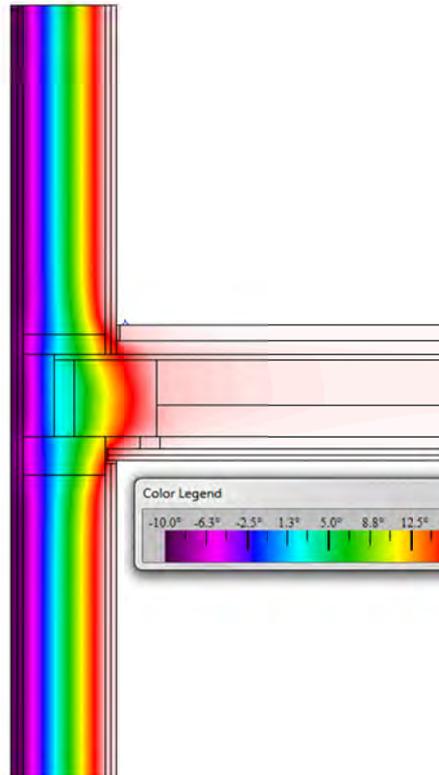
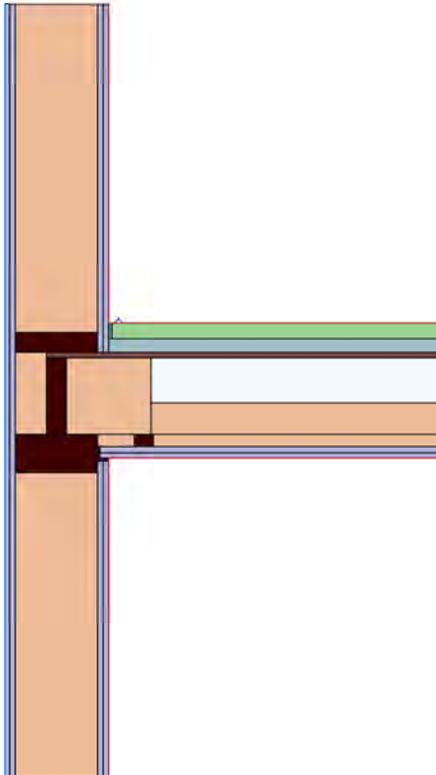
Version 6.3 (6.3.46.0)

U-Factor (Therm) oben 1	=	0,1836 W/(m ² ·K)
U-Factor (Therm) unten 2	=	0,1888 W/(m ² ·K)
Thermlänge 1	=	1,000 m
Thermlänge 2	=	1,000 m
längenbezog. Wärmestrom 1 L^{2D}	=	0,184 W/(m·K)
längenbezog. Wärmestrom 2 L^{2D}	=	0,189 W/(m·K)

 Ψ -Wert

$\Psi_{i, \text{oben}}$ (bez. auf U_{Gefach})	=	0,049 W/(m·K)
$\Psi_{i, \text{unten}}$ (bez. auf U_{Gefach})	=	0,054 W/(m·K)
$\Psi_{i, \text{Summe}}$ (bez. auf U_{Gefach})	=	0,102 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_m)	=	-0,026 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_{Gefach})	=	0,045 W/(m·K)

Abbildung



Color Legend

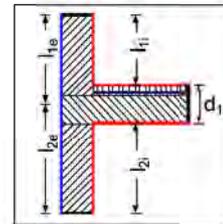
-10.0° -6.3° -2.5° 1.3° 5.0° 8.8° 12.5° 16.3° 20.0° C

Close

Wand/Decke 9 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,04 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

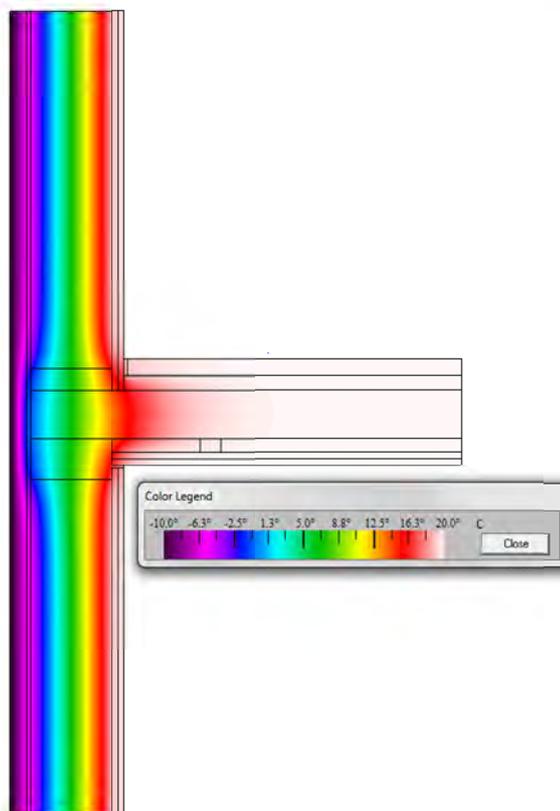
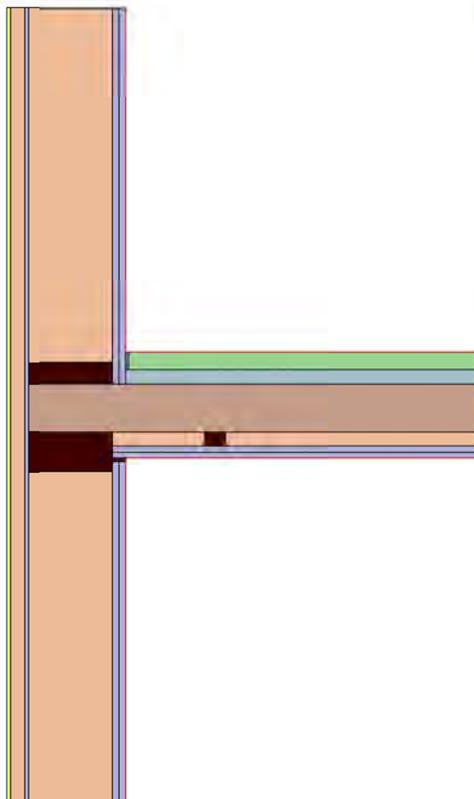
Außenwand 1	
$U_{(Gefach)}$ -Wert U_1	= 0,119 W/(m ² ·K)
U_m -Wert U_1	= 0,140 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{1i}	= 1,000 m
Dicke der Decke d_1	= 0,305 m
Außenmaß l_{1e}	= 1,153 m

Außenwand 2	
$U_{(Gefach)}$ -Wert U_2	= 0,119 W/(m ² ·K)
U_m -Wert U_2	= 0,140 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{2i}	= 1,000 m
Außenmaß l_{2e}	= 1,153 m

Therm	
Version 6.3 (6.3.46.0)	
U-Factor (Therm) oben 1	= 0,1601 W/(m ² ·K)
U-Factor (Therm) unten 2	= 0,1653 W/(m ² ·K)
Thermlänge 1	= 1,000 m
Thermlänge 2	= 1,000 m
längenbezog. Wärmestrom 1 L^{2D}	= 0,160 W/(m·K)
längenbezog. Wärmestrom 2 L^{2D}	= 0,165 W/(m·K)

Ψ -Wert	
$\Psi_{i, oben}$ (bez. auf U_{Gefach})	= 0,041 W/(m·K)
$\Psi_{i, unten}$ (bez. auf U_{Gefach})	= 0,046 W/(m·K)
$\Psi_{i, Summe}$ (bez. auf U_{Gefach})	= 0,087 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_m)	= 0,003 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_{Gefach})	= 0,050 W/(m·K)

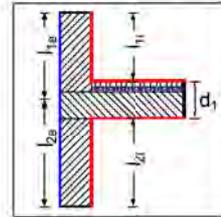
Abbildung



Wand/Decke 10 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² -K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,04 m ² -K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

Außenwand 1	
U-Wert U ₁ =	0,152 W/(m ² -K)
Innenmaß l _{1i} =	1,000 m
Dicke der Decke d ₁ =	0,309 m
Außenmaß l _{1e} =	1,155 m

Außenwand 2	
U-Wert U ₂ =	0,152 W/(m ² -K)
Innenmaß l _{2i} =	1,000 m
Außenmaß l _{2e} =	1,155 m

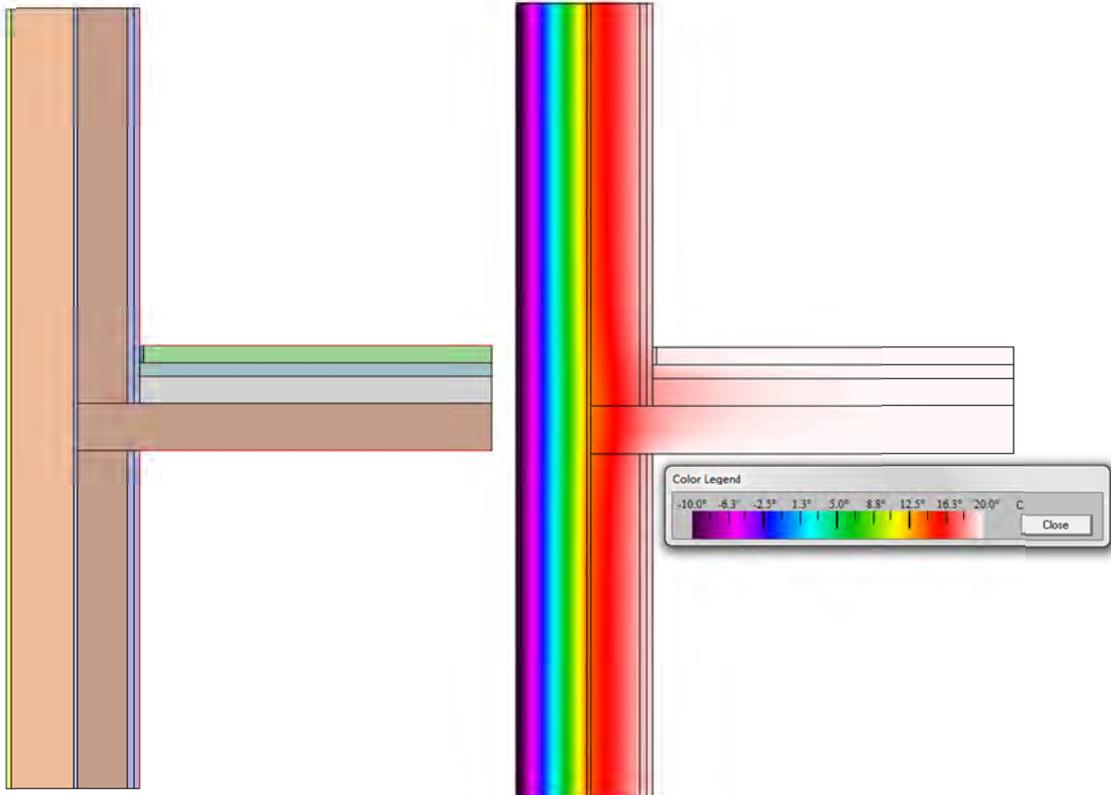
Therm Version 6.3 (6.3.46.0)

U-Factor (Therm) oben 1 =	0,1747 W/(m ² -K)
U-Factor (Therm) unten 2 =	0,1738 W/(m ² -K)
Thermlänge 1 =	1,000 m
Thermlänge 2 =	1,000 m
längenbezog. Wärmestrom 1 L ^{2D} =	0,175 W/(m-K)
längenbezog. Wärmestrom 2 L ^{2D} =	0,174 W/(m-K)

Ψ-Wert

Ψ _{i, oben} =	0,023 W/(m-K)
Ψ _{i, unten} =	0,022 W/(m-K)
Ψ _{i, Summe} =	0,045 W/(m-K)
Ψ _e =	-0,002 W/(m-K)

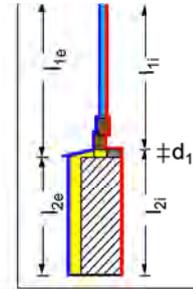
Abbildung



Fenster 1 - Brüstung Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,04 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

Fenster 1

U-Wert U_1 =	1,411 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{1i} =	1,000 m
Dicke d_1 =	0,043 m
Außenmaß l_{1e} =	1,043 m

Außenwand 2

U_{Gefach} -Wert U_2 =	0,119 W/(m ² ·K)
U_m -Wert U_2 =	0,140 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{2i} =	1,000 m
Außenmaß l_{2e} =	0,957 m

Therm

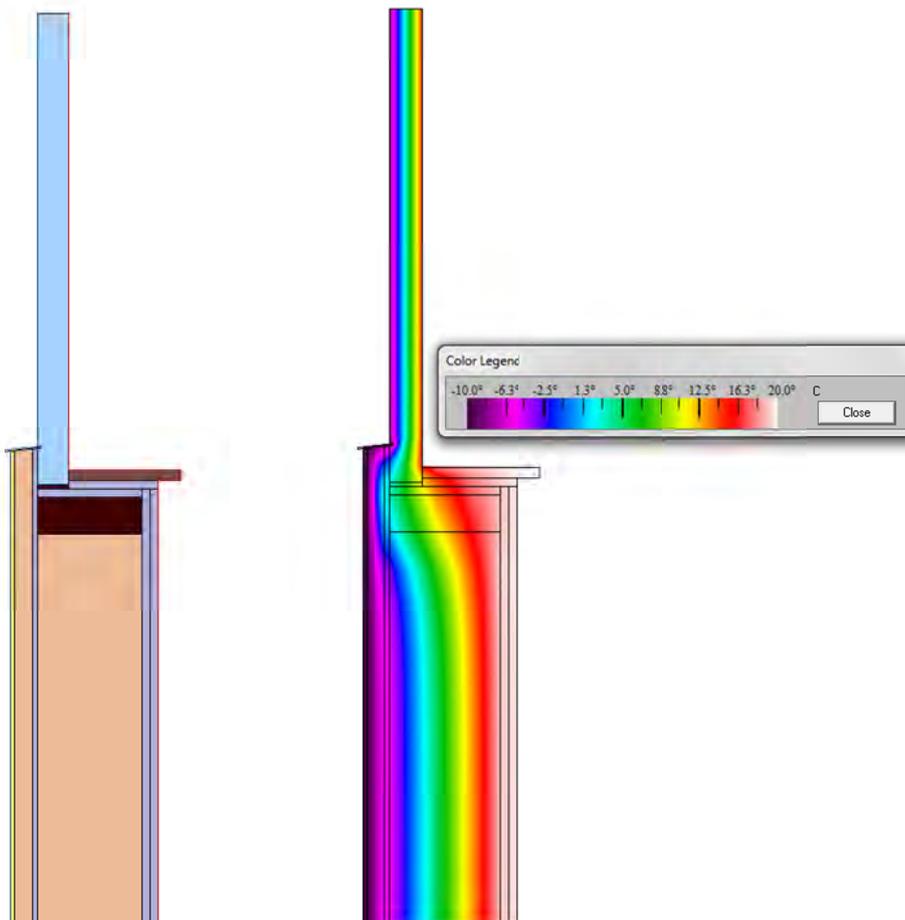
Version 6.3 (6.3.46.3)

U-Factor (Therm) =	0,7933 W/(m ² ·K)
Thermlänge =	2,000 m
längenbezog. Wärmestrom L^{2D} =	1,587 W/(m·K)

Ψ-Wert

Ψ_1 (bez. auf U_{Gefach}) =	0,056 W/(m·K)
Ψ_a (bez. auf U_m) =	-0,019 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_{Gefach}) =	0,001 W/(m·K)

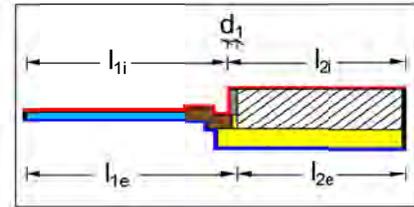
Abbildung



Fenster 1 - Leibung Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² -K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,04 m ² -K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

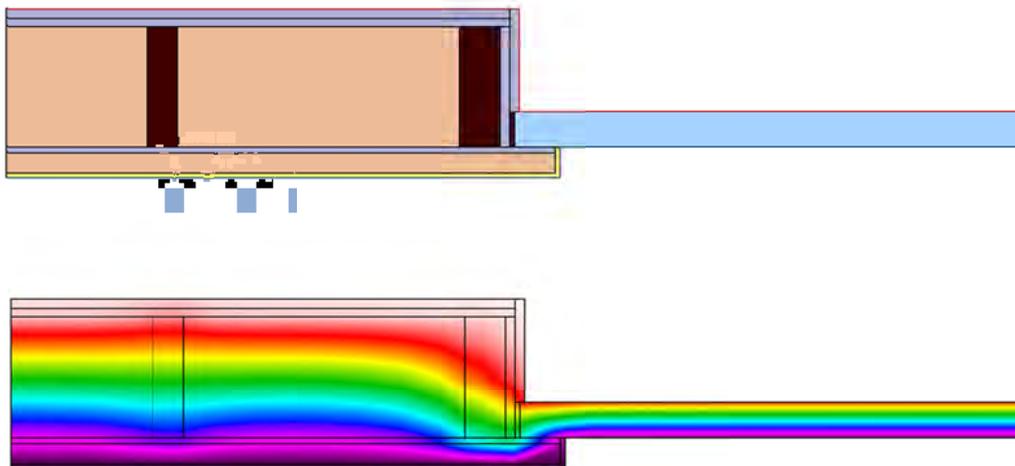
Fenster	
U-Wert (Fenster) U_1	= 1,411 W/(m ² -K)
Innenmaß l_{1i}	= 1,000 m
Dicke d_1	= 0,018 m
Außenmaß l_{1e}	= 1,018 m

Außenwand	
U_{Gefach} -Wert U_2	= 0,119 W/(m ² -K)
U_{nr} -Wert U_2	= 0,140 W/(m ² -K)
Innenmaß l_{2i}	= 1,023 m
Außenmaß l_{2e}	= 1,005 m

Therm	Version 6.3 (6.3.46.0)
U-Factor (Therm)	= 0,7788 W/(m ² -K)
Thermlänge	= 2,023 m
längenbezog. Wärmestrom L^{2D}	= 1,575 W/(m-K)

Ψ-Wert	
Ψ_i (bez. auf U_{Gefach})	= 0,042 W/(m-K)
Ψ_e (bez. auf U_m)	= -0,002 W/(m-K)
Ψ_e (bez. auf U_{Gefach})	= 0,019 W/(m-K)

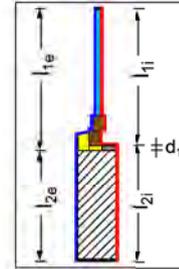
Abbildung



Fenster 2 - Brüstung Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,13 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

Fenster 1	
U-Wert (Fenster) U ₁ =	1,411 W/(m ² ·K)
Innenmaß l _{1i} =	1,000 m
Dicke d ₁ =	0,043 m
Außenmaß l _{1e} =	1,043 m

Außenwand 2	
U _(Gefach) -Wert U ₂ =	0,135 W/(m ² ·K)
U _m -Wert U ₂ =	0,165 W/(m ² ·K)
Innenmaß l _{2i} =	1,000 m
Außenmaß l _{2e} =	0,957 m

Therm

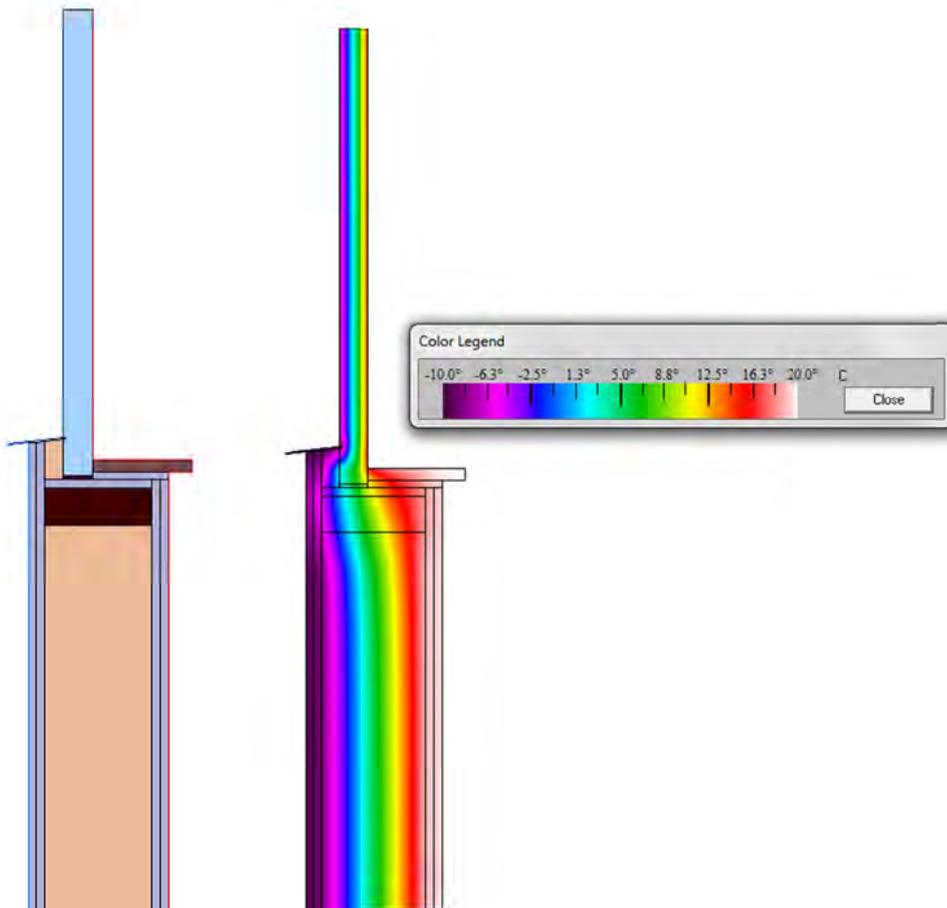
Version 6.3 (6.3.46.3)

U-Factor (Therm) =	0,8060 W/(m ² ·K)
Thermlänge =	2,000 m
längenbezog. Wärmestrom L ^{2D} =	1,612 W/(m·K)

Ψ-Wert

Ψ ₁ (bez. auf U _{Gefach}) =	0,066 W/(m·K)
Ψ _e (bez. auf U _m) =	-0,017 W/(m·K)
Ψ _e (bez. auf U _{Gefach}) =	0,011 W/(m·K)

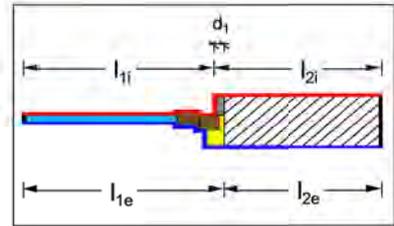
Abbildung



Fenster 2 - Leibung Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,13 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

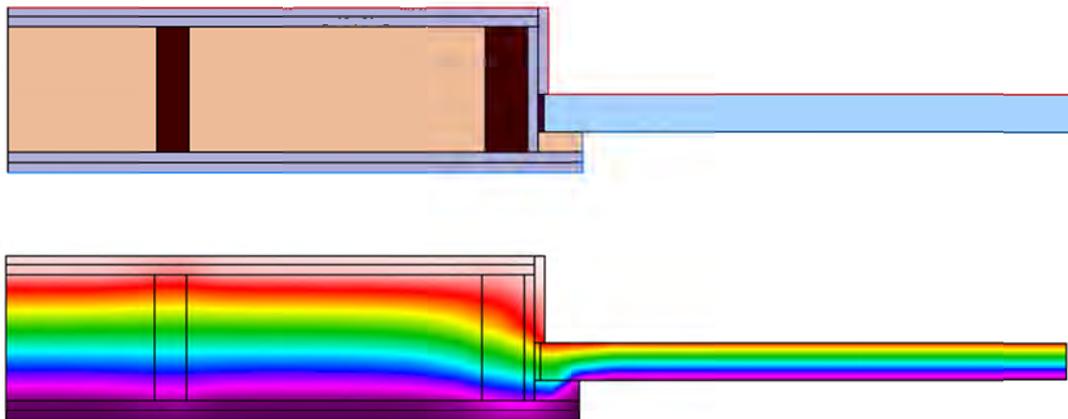
Fenster	
U-Wert (Fenster) U ₁ =	1,411 W/(m ² ·K)
Innenmaß l _{1i} =	1,000 m
Dicke d ₁ =	0,018 m
Außenmaß l _{1e} =	1,018 m

Außenwand	
U _(Gefach) -Wert U ₂ =	0,135 W/(m ² ·K)
U _m -Wert U ₂ =	0,165 W/(m ² ·K)
Innenmaß l _{2i} =	1,023 m
Außenmaß l _{2e} =	1,005 m

Therm	
U-Factor (Therm) =	0,7920 W/(m ² ·K)
Thermlänge =	2,023 m
längenbezog. Wärmestrom L ^{2D} =	1,602 W/(m·K)

Ψ-Wert	
Ψ _l (bez. auf U _{Gefach}) =	0,053 W/(m·K)
Ψ _e (bez. auf U _m) =	0,000 W/(m·K)
Ψ _e (bez. auf U _{Gefach}) =	0,030 W/(m·K)

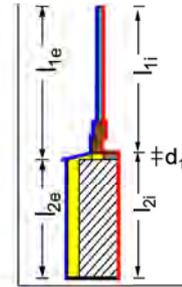
Abbildung



Fenster 3 - Brüstung Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,04 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

Fenster 1

U-Wert (Fenster) U_1 =	1,411 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{1i} =	1,000 m
Dicke d_1 =	0,043 m
Außenmaß l_{1e} =	1,043 m

Außenwand 2

U-Wert U_2 =	0,152 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{2i} =	1,000 m
Außenmaß l_{2e} =	0,957 m

Therm

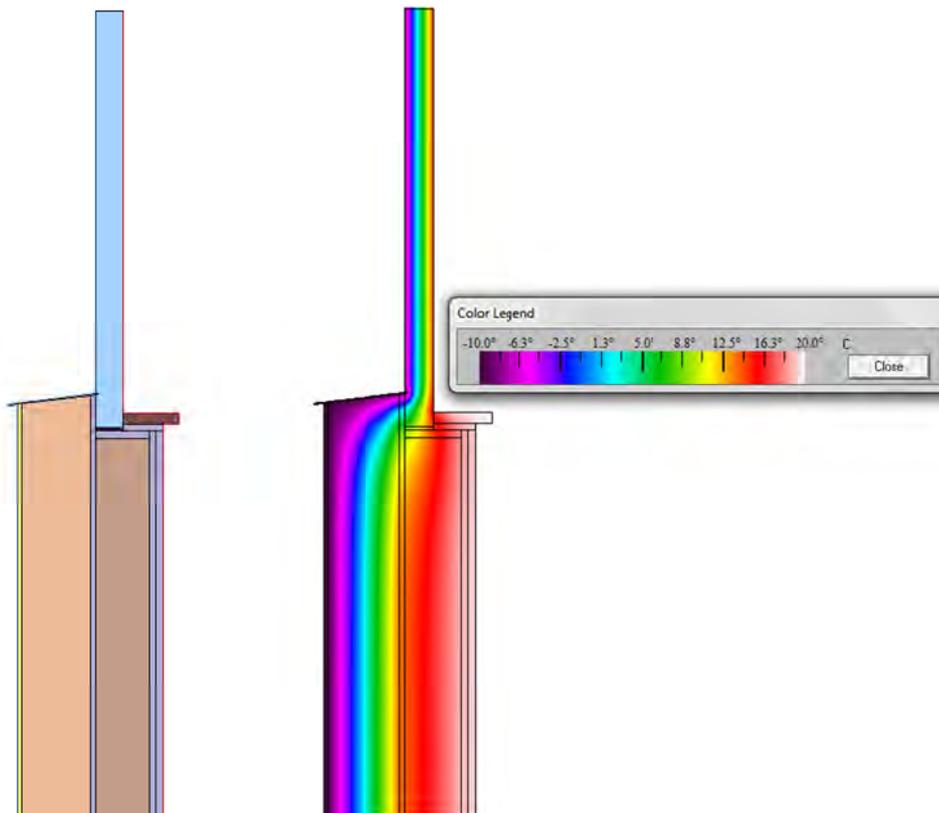
Version 6.3 (6.3.460)

U-Factor (Therm) =	0,7974 W/(m ² ·K)
Thermlänge =	2,000 m
längenbezog. Wärmestrom L^{2D} =	1,595 W/(m·K)

Ψ-Wert

Ψ_1 =	0,032 W/(m·K)
Ψ_e =	-0,022 W/(m·K)

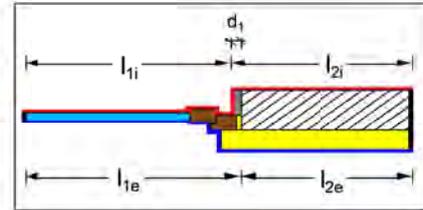
Abbildung



Fenster 3 - Leibung Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,04 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

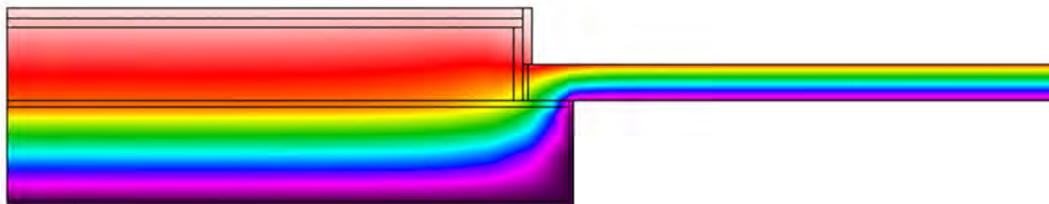
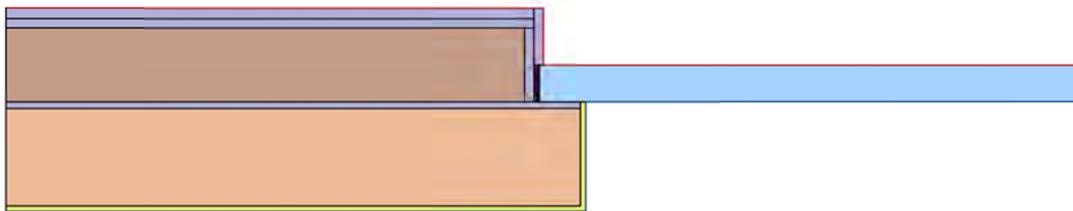
Fenster 1	
U-Wert (Fenster) U ₁ =	1,411 W/(m ² ·K)
Innenmaß l _{1i} =	1,000 m
Dicke d ₁ =	0,018 m
Außenmaß l _{1e} =	1,018 m

Außenwand 2	
U-Wert U ₂ =	0,152 W/(m ² ·K)
Innenmaß l _{2i} =	1,000 m
Außenmaß l _{2e} =	0,982 m

Therm	Version 6.3 (6.3.46.0)
U-Factor (Therm) =	0,7748 W/(m ² ·K)
Thermlänge =	2,000 m
längenbezog. Wärmestrom L ^{2D} =	1,550 W/(m·K)

Ψ-Wert	
Ψ ₁ =	-0,013 W/(m·K)
Ψ _e =	-0,036 W/(m·K)

Abbildung

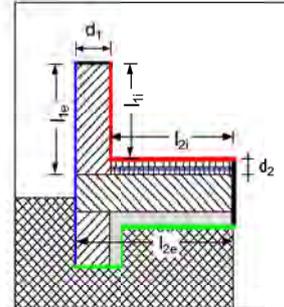


Fund 1

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen horizontal	0,13 m ² ·K/W
Wärmeübergangswiderstand innen vertikal	0,17 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen horizontal	0,04 m ² ·K/W
Wärmeübergangswiderstand außen vertikal	0 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	0,6 -
Temperatur unter Bodenplatte	2,0 °C



Bauteile

Außenwand 1

$U_{(\text{Gefach})}$ -Wert U_1	= 0,115 W/(m ² ·K)
U_m -Wert U_1	= 0,134 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{i1}	= 1,500 m
Dicke der Außenwand d_1	= 0,349 m
Außenmaß l_{e1}	= 1,590 m

Bodenplatte 2

U-Wert U_2	= 0,212 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{2i}	= 1,500 m
Dicke des Bodenpl.-Aufbaus d_2	= 0,090 m
Außenmaß l_{2e}	= 1,849 m

Therm

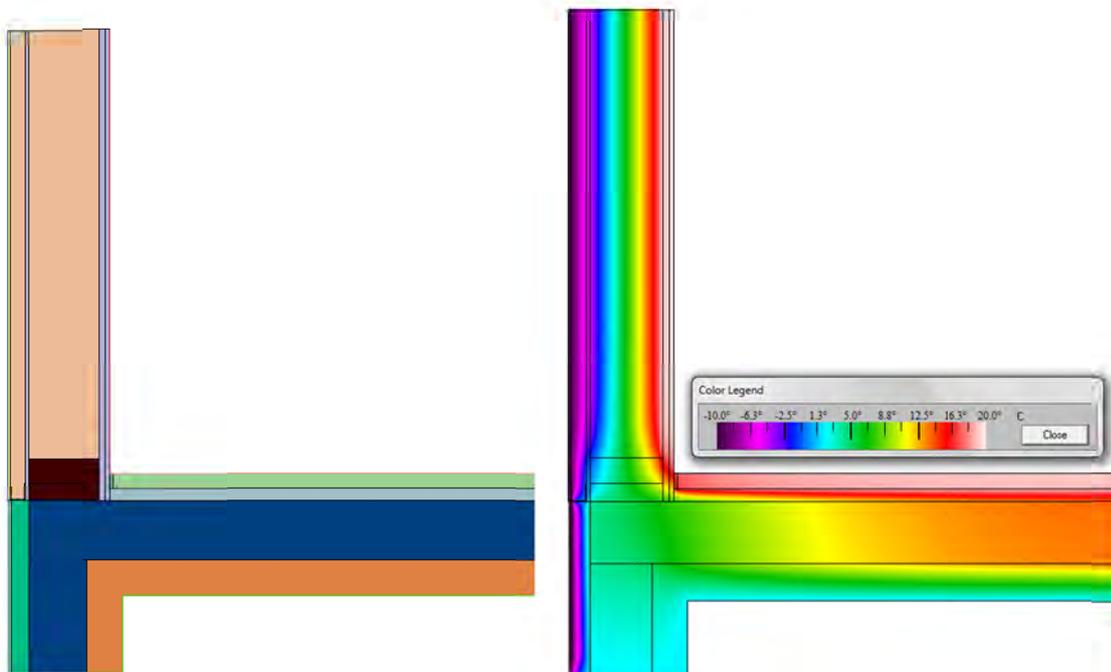
Version 6.3 (6.3.46.0)

U-Factor (Therm)	= 0,1907 W/(m ² ·K)
Thermlänge	= 3,000 m
längenbezog. Wärmestrom L^{2D}	= 0,572 W/(m·K)

 Ψ -Wert

Ψ_i (bez. auf U_{Gefach})	= 0,208 W/(m·K)
Ψ'_e (bez. auf U_m)	= 0,124 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_{Gefach})	= 0,154 W/(m·K)

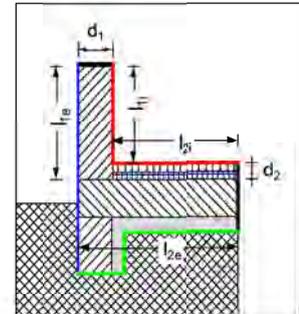
Abbildung



Fund 2 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen horizontal	0,13 m ² ·K/W
Wärmeübergangswiderstand innen vertikal	0,17 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen horizontal	0,13 m ² ·K/W
Wärmeübergangswiderstand außen vertikal	0 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	0,6 -
Temperatur unter Bodenplatte	2,0 °C



Bauteile

Außenwand 1	
$U_{(Gefach)}$ -Wert U_1	= 0,135 W/(m ² ·K)
U_m -Wert U_1	= 0,165 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{1i}	= 1,500 m
Dicke der Außenwand d_1	= 0,312 m
Außenmaß l_{1e}	= 1,590 m

Bodenplatte 2	
U-Wert U_2	= 0,212 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{2i}	= 1,500 m
Dicke des Bodenpl.-Aufbaus d_2	= 0,090 m
Außenmaß l_{2e}	= 1,812 m

Therm

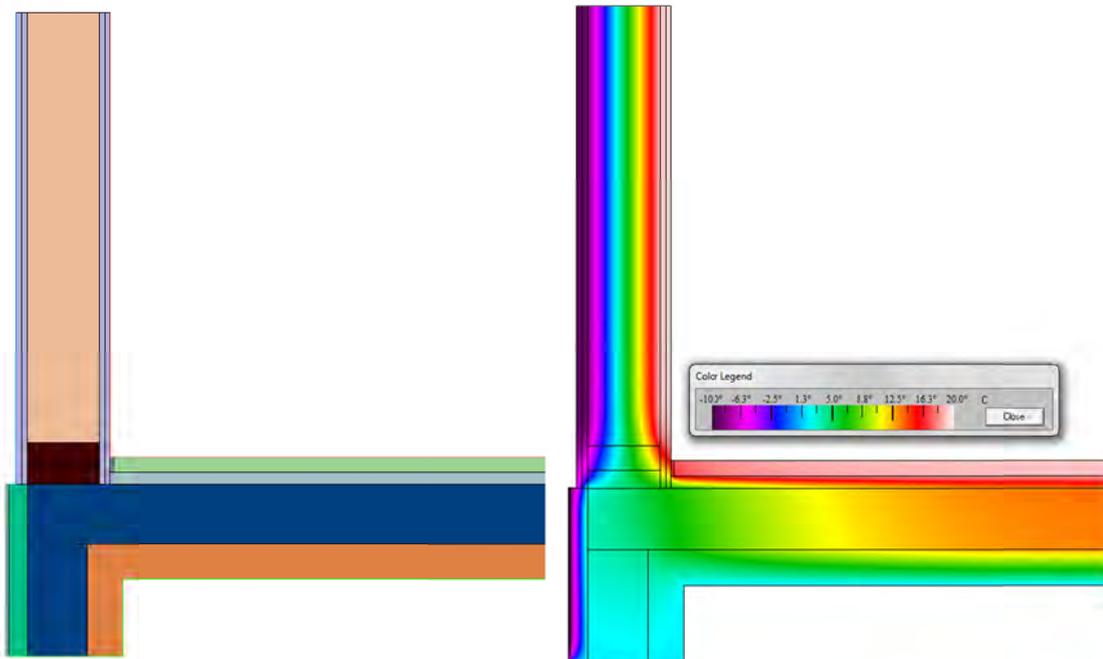
Version 6.3 (6.3.46.0)

U-Factor (Therm)	= 0,2053 W/(m ² ·K)
Thermlänge	= 3,000 m
längenbezog. Wärmestrom L^{2D}	= 0,616 W/(m·K)

Ψ-Wert

Ψ_i (bez. auf U_{Gefach})	= 0,223 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_m)	= 0,124 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_{Gefach})	= 0,171 W/(m·K)

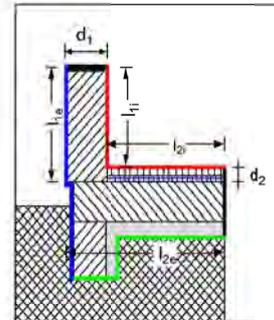
Abbildung



Fund 3 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen horizontal	0,13 m ² ·K/W
Wärmeübergangswiderstand innen vertikal	0,17 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen horizontal	0,04 m ² ·K/W
Wärmeübergangswiderstand außen vertikal	0 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	0,6 -
Temperatur unter Bodenplatte	2,0 °C



Bauteile

Außenwand 1

U-Wert U_1	= 0,152 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_i	= 1,500 m
Dicke der Außenwand d_1	= 0,377 m
Außenmaß l_e	= 1,590 m

Bodenplatte 2

U-Wert U_2	= 0,212 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_i	= 1,500 m
Dicke des Bodenpl.-Aufbaus d_2	= 0,090 m
Außenmaß l_e	= 1,877 m

Therm

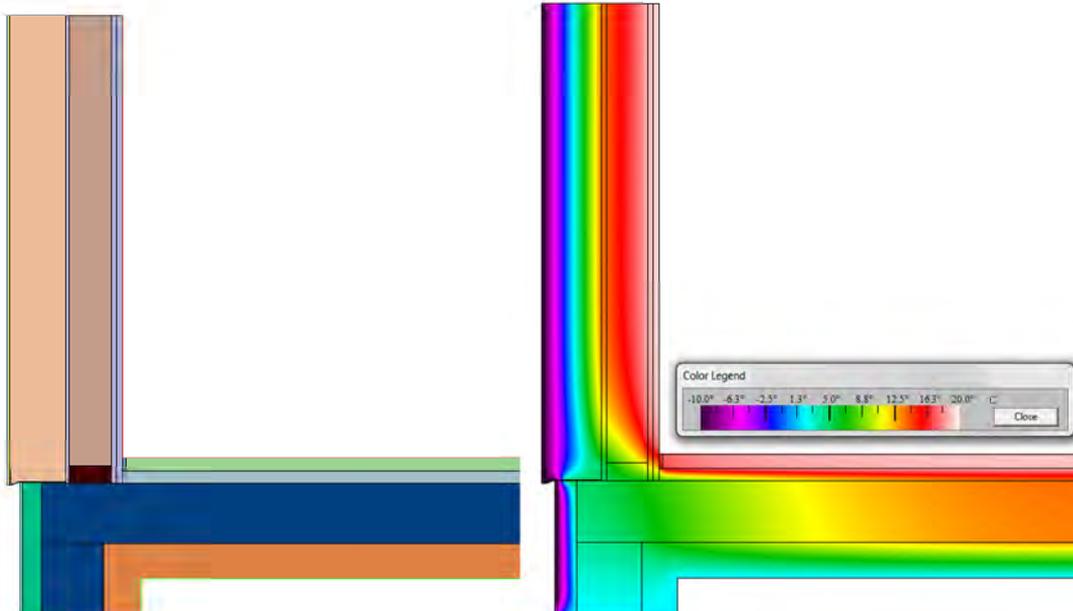
Version 6.3 | 6.3.46.0)

U-Factor (Therm)	= 0,2121 W/(m ² ·K)
Thermlänge	= 3,000 m
längenbezog. Wärmestrom L^{2D}	= 0,636 W/(m·K)

Ψ-Wert

Ψ_1	= 0,218 W/(m·K)
Ψ_e	= 0,156 W/(m·K)

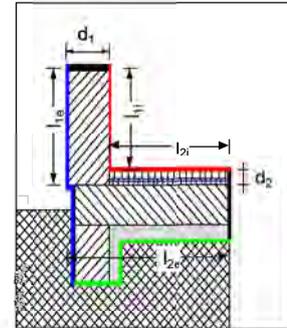
Abbildung



Fund 4 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen horizontal	0,13 m ² ·K/W
Wärmeübergangswiderstand innen vertikal	0,17 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen horizontal	0,13 m ² ·K/W
Wärmeübergangswiderstand außen vertikal	0 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	0,6 -
Temperatur unter Bodenplatte	2,0 °C



Bauteile

Außenwand 1	
U-Wert U_1	= 0,150 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{1i}	= 1,500 m
Dicke der Außenwand d_1	= 0,367 m
Außenmaß l_{1e}	= 1,590 m

Bodenplatte 2	
U-Wert U_2	= 0,212 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{2i}	= 1,500 m
Dicke des Bodenpl.-Aufbaus d_2	= 0,090 m
Außenmaß l_{2e}	= 1,867 m

Therm

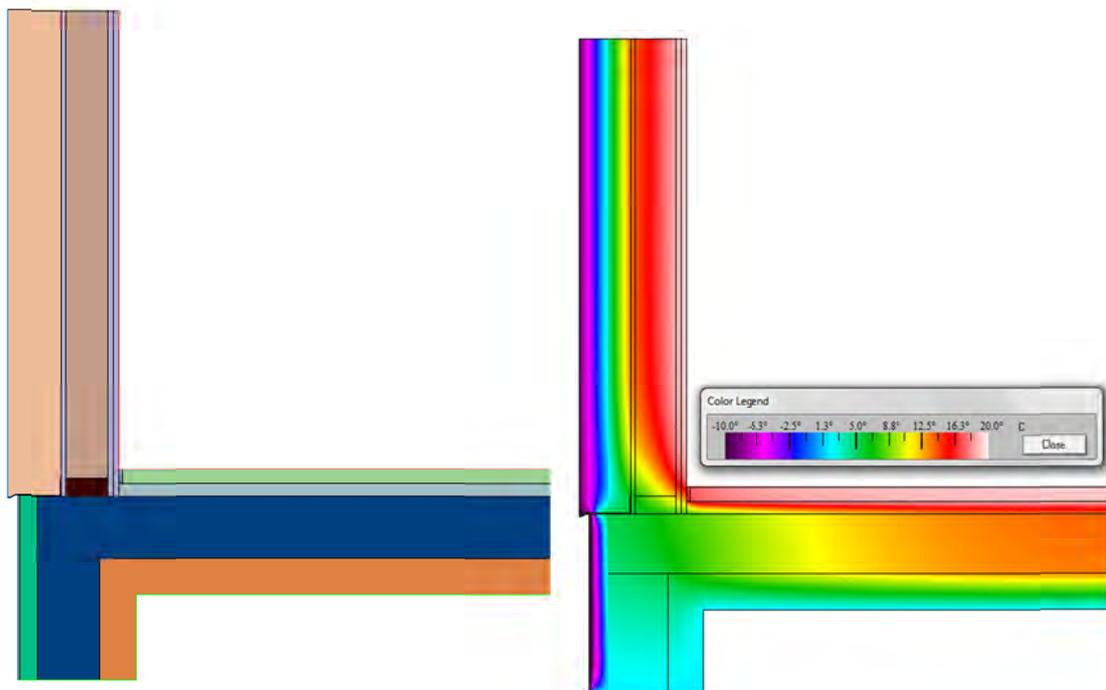
Version 6.3 (6.3.46.0)

U-Factor (Therm)	= 0,2074 W/(m ² ·K)
Thermlänge	= 3,000 m
längenbezog. Wärmestrom L^{2D}	= 0,622 W/(m·K)

Ψ-Wert

Ψ_1	= 0,207 W/(m·K)
Ψ_e	= 0,146 W/(m·K)

Abbildung

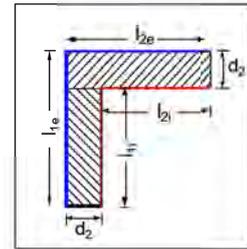


Ecke 1

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,13 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

Außenwand 1

$U_{(\text{Gefach})}$ -Wert U_1	= 0,135 W/(m ² ·K)
U_m -Wert U_1	= 0,165 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{1i}	= 1,336 m
Dicke der Wand d_1	= 0,312 m
Außenmaß l_{1e}	= 1,648 m

Außenwand 2

$U_{(\text{Gefach})}$ -Wert U_2	= 0,135 W/(m ² ·K)
U_m -Wert U_2	= 0,165 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{2i}	= 0,931 m
Dicke der Wand d_2	= 0,312 m
Außenmaß l_{2e}	= 1,243 m

Therm

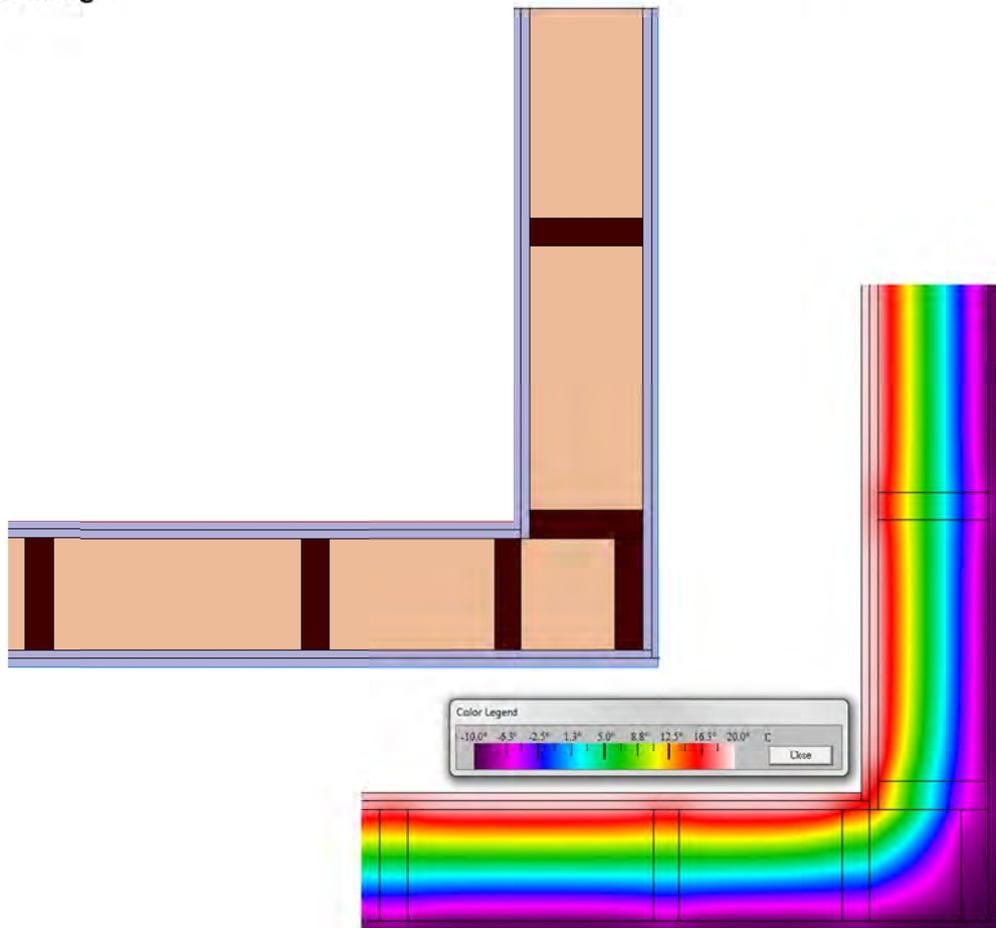
Version 6.3 (6.3.46.0)

U-Factor (Therm)	= 0,1876 W/(m ² ·K)
Thermlänge	= 2,267 m
längenbezog. Wärmestrom L^{2D}	= 0,425 W/(m·K)

 Ψ -Wert

Ψ_i (bez. auf U_{Gefach})	= 0,119 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_m)	= -0,050 W/(m·K)
Ψ_e (bez. auf U_{Gefach})	= 0,035 W/(m·K)

Abbildung

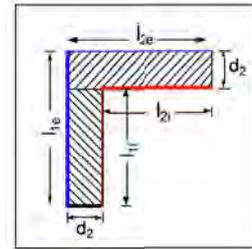


Ecke 3 - Leibung

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

Innenraumtemperatur	20 °C
Wärmeübergangswiderstand innen	0,13 m ² ·K/W
Außentemperatur	-10 °C
Wärmeübergangswiderstand außen	0,04 m ² ·K/W
Temperatur-Korrekturfaktor	1,0 -



Bauteile

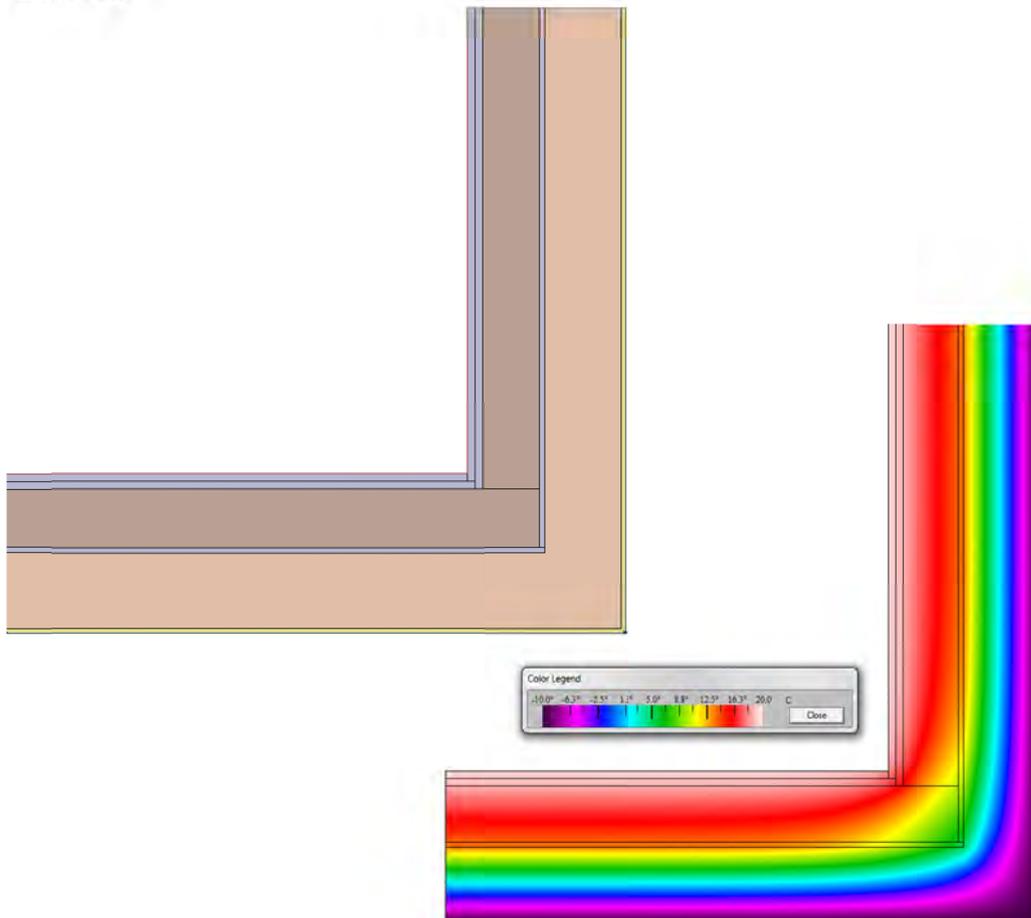
Außenwand 1	
U-Wert U_1 =	0,152 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{i1} =	1,100 m
Dicke der Wand d_1 =	0,377 m
Außenmaß l_{e1} =	1,477 m

Außenwand 2	
U-Wert U_2 =	0,152 W/(m ² ·K)
Innenmaß l_{i2} =	1,100 m
Dicke der Wand d_2 =	0,377 m
Außenmaß l_{e2} =	1,477 m

Therm	
U-Factor (Therm) =	0,1744 W/(m ² ·K)
Thermlänge =	2,200 m
längenbezog. Wärmestrom L^{2D} =	0,384 W/(m·K)

Ψ -Wert	
Ψ_1 =	0,050 W/(m·K)
Ψ_e =	-0,065 W/(m·K)

Abbildung



8.4 Messergebnisse und Fotos der Schall-Prüfstandmessungen von Wandbauteilen



MFPFA Leipzig GmbH
Bauphysik

Nr. F 4.2/13-075-1
vom 10. Juni 2014

Anlage 1
Seite 1 von 1

Schalldämm-Maß, R , in Anlehnung an ISO 10140 -2

Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen im Prüfstand

Auftraggeber: TU München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
 Hersteller: Auftraggeber
 Prüfgegenstand eingebaut von: MFPFA Leipzig GmbH
 Kennzeichnung der Prüfräume: BF.02 / BF.01
 Prüfdatum: 06.08.2013

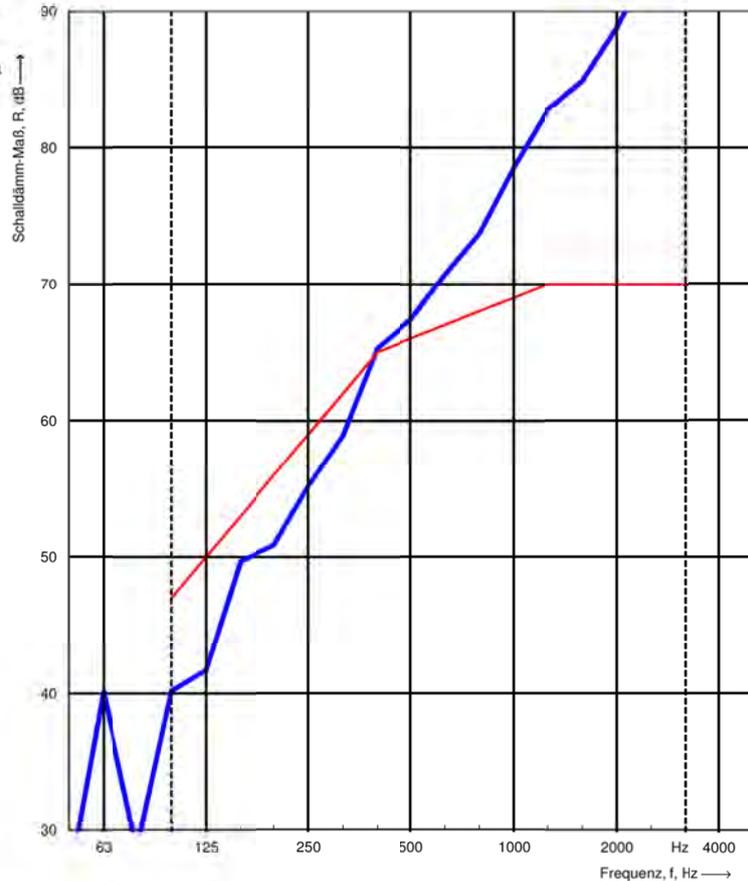
Bezeichnung des Prüfkörpers: **Versuch 1 - Prüfkörper TW 4**

- Aufbau Prüfgegenstand:
- 36 mm 2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF
 - 120 mm Holzständer, B x T = 60 mm x 120 mm; Steinwolle vollflächig im Gefach, Rohdichte ca. 20 kg/m³
 - 12,5 mm Gipskartonplatte
 - 40 mm Zwischenraum, vollständig gefüllt mit 40 mm Steinwolle, Rohdichte ca. 50 kg/m³
 - 12,5 mm Gipskartonplatte
 - 120 mm Holzständer, B x T = 60 mm x 120 mm; Steinwolle vollflächig im Gefach, Rohdichte ca. 20 kg/m³
 - 36 mm 2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF

Fläche S des Prüfgegenstandes: 1,88 m²
 Flächenbezogene Masse: ca. 160 kg/m²
 Temperatur: 23 °C
 Luftfeuchte: 51 %
 Statischer Druck: 100 kPa
 Volumen des Empfangsraumes: 64,5 m³

Der Frequenzbereich entsprechend der Kurve der verschobenen Bezugswerte (ISO 717-1)

Frequenz f [Hz]	R Terz [dB]
50	26,3
63	40,1
80	28,6
100	40,2
125	41,7
160	49,7
200	50,9
250	55,2
315	58,9
400	65,3
500	67,4
630	70,7
800	73,7
1000	78,5
1250	82,8
1600	84,9
2000	88,8
2500	93,7
3150	96,3 ¹
4000	96,8 ¹
5000	92,1 ¹



¹ Zu hoher Fremdgeräuschpegel

Bewertung nach ISO 717-1

$R_w(C;C_{tr}) = 66 (-3 ; -9) \text{ dB}$

$C_{tr,50-3150} = -8 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -7 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -2 \text{ dB}$

$C_{tr,50-3150} = -19 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = -19 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = -9 \text{ dB}$

Die Ermittlung basiert auf Prüfstandsmessergebnissen, die nach einem Standardverfahren erhalten wurden.

MFPFA Leipzig GmbH

Datum: 10.06.2014

Unterschrift:





MFPFA Leipzig GmbH
Bauphysik

Nr. F 4.2/13-075-1
vom 10. Juni 2014

Anlage 2
Seite 1 von 1

Schalldämm-Maß, R , in Anlehnung an ISO 10140 -2

Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen im Prüfstand

Auftraggeber: TU München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
 Hersteller: Auftraggeber
 Prüfgegenstand eingebaut von: MFPFA Leipzig GmbH
 Kennzeichnung der Prüfräume: BF.02 / BF.01
 Prüfdatum: 06.08.2013

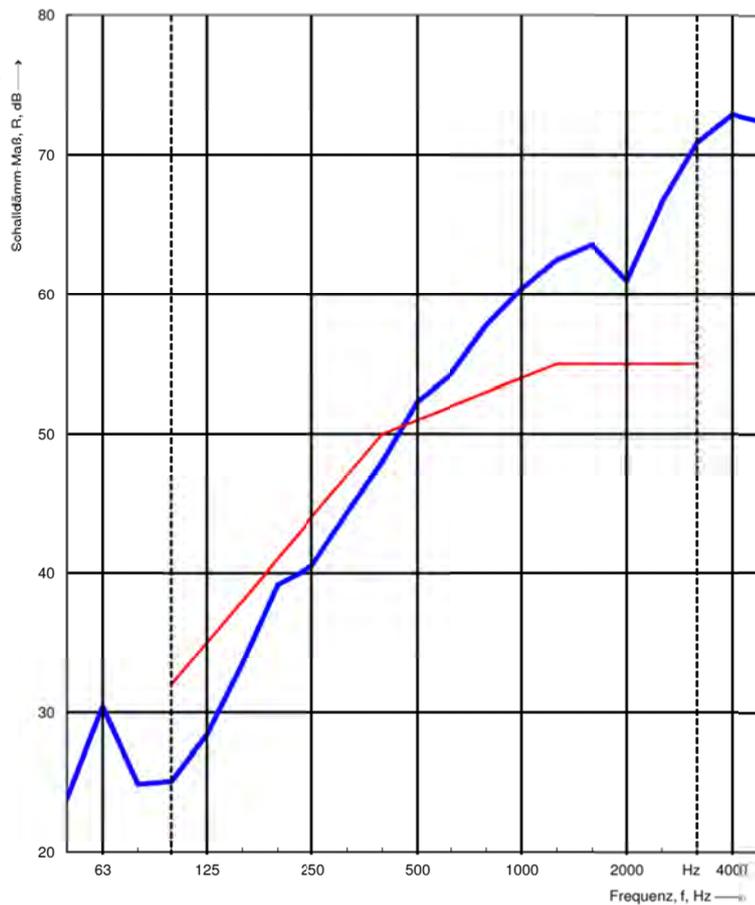
Bezeichnung des Prüfkörpers: **Versuch 2** - Prüfkörper **TW 2**

- Aufbau Prüfgegenstand:
- 36 mm 2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF
 - (von der Sendeseite zur Empfangsseite)
 - 30 mm Hutfederschienen; Luftraum im Gefach
 - 140 mm Brettsperholzplatte
 - 30 mm Hutfederschienen; Luftraum im Gefach
 - 36 mm 2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF

Fläche S des Prüfgegenstandes: 1,88 m²
 Flächenbezogene Masse: ca. 120 kg/m²
 Temperatur: 18 °C
 Luftfeuchte: 53 %
 Statischer Druck: 102 kPa
 Volumen des Empfangsraumes: 62,0 m³

Der Frequenzbereich entsprechend der Kurve der verschobenen Bezugswerte (ISO 717-1)

Frequenz f [Hz]	R Terz [dB]
50	23,9
63	30,4
80	24,9
100	25,1
125	28,4
160	33,5
200	39,2
250	40,5
315	44,3
400	48,0
500	52,3
630	54,3
800	57,8
1000	60,4
1250	62,5
1600	63,6
2000	61,0
2500	66,6
3150	70,9
4000	72,9
5000	72,3



Bewertung nach ISO 717-1

$R_w(C;C_{tr}) = 51 (-2 ; -9) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -3 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -2 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$

$C_{tr,50-3150} = -11 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = -11 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = -9 \text{ dB}$

Die Ermittlung basiert auf Prüfstandsmessergebnissen, die nach einem Standardverfahren erhalten wurden.

MFPFA Leipzig GmbH

Datum: 10.06.2014

Unterschrift:



Bereich Schallschutz
Hans-Weigel-Str. 26
04319 Leipzig
Tel. 0341-6582115



MFWA Leipzig GmbH
Bauphysik

Nr. F 4.2/13-075-1
vom 10. Juni 2014

Anlage 3
Seite 1 von 1

Schalldämm-Maß, R , in Anlehnung an ISO 10140 -2

Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen im Prüfstand

Auftraggeber: TU München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
 Hersteller: Auftraggeber
 Prüfgegenstand eingebaut von: MFWA Leipzig GmbH
 Kennzeichnung der Prüfräume: BF.02 / BF.01
 Prüfdatum: 06.08.2013

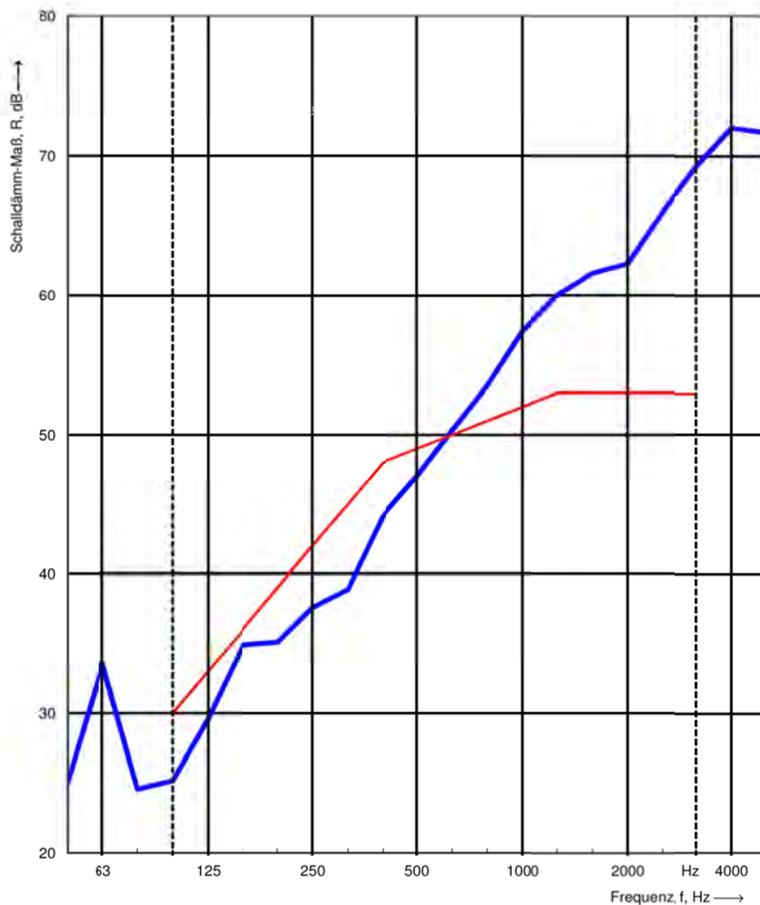
Bezeichnung des Prüfkörpers: **Versuch 3** - Prüfkörper **IW 2**

- Aufbau Prüfgegenstand:
- 36 mm 2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF
 - 140 mm Brettsperrholzplatte
 - 30 mm Hutfederschienen; Luftraum im Gefach
 - 36 mm 2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF

Fläche S des Prüfgegenstandes: 1,88 m²
 Flächenbezogene Masse: ca. 120 kg/m²
 Temperatur: 18 °C
 Luftfeuchte: 55 %
 Statischer Druck: 102 kPa
 Volumen des Empfangsraumes: 62,0 m³

Der Frequenzbereich entsprechend der Kurve
 der verschobenen Bezugswerte (ISO 717-1)

Frequenz f [Hz]	R Terz [dB]
50	25,1
63	33,6
80	24,6
100	25,2
125	29,6
160	34,9
200	35,1
250	37,6
315	38,9
400	44,1
500	47,0
630	50,3
800	53,5
1000	57,4
1250	60,0
1600	61,6
2000	62,3
2500	66,0
3150	69,3
4000	72,0
5000	71,7



Bewertung nach ISO 717-1

$R_w(C;C_{tr}) = 49 (-2 ; -7) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -2 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$

$C_{tr,50-3150} = -9 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = -9 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = -7 \text{ dB}$

Die Ermittlung basiert auf Prüfstandsmessergebnissen, die nach einem Standardverfahren erhalten wurden.

MFWA Leipzig GmbH

Datum: 10.06.2014

Unterschrift:





MFWA Leipzig GmbH
Bauphysik

Nr. F 4.2/13-075-1
vom 10. Juni 2014

Anlage 4
Seite 1 von 1

Schalldämm-Maß, R , in Anlehnung an ISO 10140 -2

Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen im Prüfstand

Auftraggeber: TU München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
 Hersteller: Auftraggeber
 Prüfgegenstand eingebaut von: MFWA Leipzig GmbH
 Prüfdatum: 06.08.2013
 Kennzeichnung der Prüfräume: BF.02 / BF.01

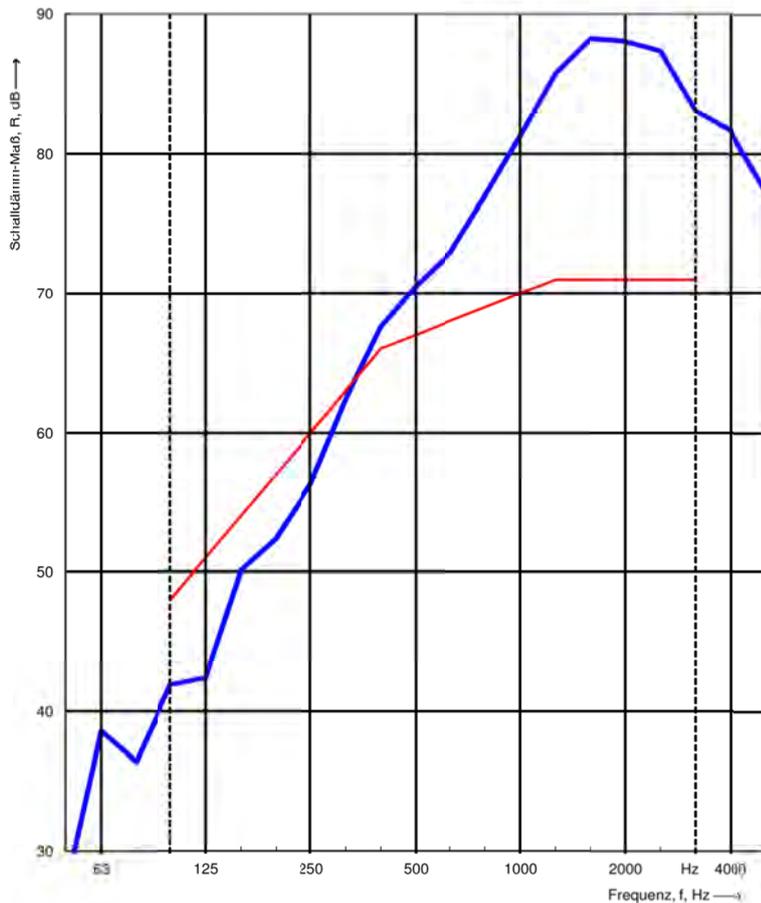
Bezeichnung des Prüfkörpers: **Versuch 4 - Prüfkörper TW 1**

- Aufbau Prüfgegenstand: (von der Sendeseite zur Empfangsseite)
- 36 mm 2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF
 - 30 mm Hutfederschienen; Luftraum im Gefach
 - 100 mm Brettsperholzplatte
 - 40 mm Zwischenraum, vollständig gefüllt mit 40 mm Steinwolle, Rohdichte ca. 50 kg/m³
 - 140 mm Brettsperholzplatte
 - 30 mm Hutfederschienen; Luftraum im Gefach
 - 36 mm 2 Lagen 18 mm Gipskartonplatten GKF

Fläche S des Prüfgegenstandes: 1,88 m²
 Flächenbezogene Masse: ca. 190 kg/m²
 Temperatur: 18 °C
 Luftfeuchte: 50 %
 Statischer Druck: 102 kPa
 Volumen des Empfangsraumes: 62,0 m³

----- Der Frequenzbereich entsprechend der Kurve
 ————— der verschobenen Bezugswerte (ISO 717-1)

Frequenz f [Hz]	R Terz [dB]
50	27,3
63	38,6
80	36,4
100	41,9
125	42,4
160	50,1
200	52,4
250	56,3
315	62,4
400	67,6
500	70,5
630	72,9
800	77,0
1000	81,3
1250	85,8
1600	88,3
2000	88,1
2500	87,4
3150	83,1 ¹
4000	81,7 ¹
5000	77,4 ¹



¹ Zu hoher Fremdgeräuschpegel

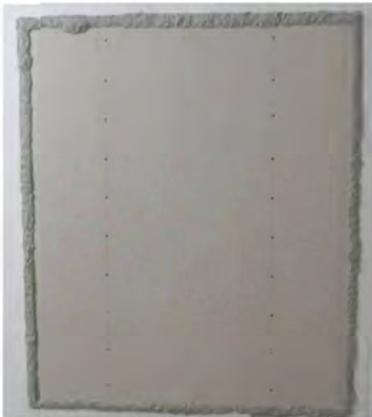
Bewertung nach ISO 717-1
 $R_w(C;C_{tr}) = 67 (-3 ; -9) \text{ dB}$
 $C_{50-3150} = -6 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -5 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -2 \text{ dB}$
 $C_{tr,50-3150} = -17 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = -17 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = -9 \text{ dB}$
 Die Ermittlung basiert auf Prüfstandsmessergebnissen, die nach einem Standardverfahren erhalten wurden.

MFWA Leipzig GmbH

Datum: 10.06.2014

Unterschrift:



**Fotos zu den Prüfobjekten****Bild A.1:** Prüfkörper TW 1 von der Senderraumseite**Bild A.2:** Prüfkörper TW 1 von der Empfangsraumseite**Bild A.3:** Massivholzschale des Prüfkörpers IWT 2 bzw. TW 2, Montagezustand vor dem Anbringen der Gipskartonbeplankungen**Bild A.4:** Massivholzschale des Prüfkörpers IWT 2 bzw. TW 2, Seitenansicht, Montagezustand nach dem Anbringen der Gipskartonbeplankung auf einer Seite

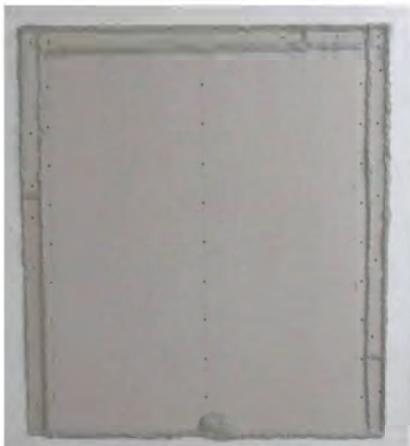


Bild A.5: Prüfkörper TW 4 von der Senderraumseite



Bild A.6: Prüfkörper TW 4 von der Empfangsraumseite



Bild A.7: Prüfkörperschalen TW 4 beim Transport zum Prüfstand