

**Theoretische und experimentelle  
Grundlagenuntersuchungen  
zum Brandschutz bei Gebäuden  
der Gebäudeklasse 4 in Holzbauweise**

**T 2955**

T 2955

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2001, ISBN 3-8167-5978-5

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 [info@irb.fhg.de](mailto:info@irb.fhg.de)

URL <http://www.IRBbuch.de>

**Theoretische und experimentelle Grundlagenunter-  
suchungen zum Brandschutz bei Gebäuden der  
Gebäudeklasse 4 in Holzbauweise**

**Abschlussbericht**

Forschungsauftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung  
(DGfH) gefördert aus Mitteln des DIBt und der Holzwirtschaft  
(DIBt-Nr. IV 12-5-4.111.1-896/98, DGfH-Nr. F-98/29)

März 2001

iBMB

Institut für Baustoffe, Massivbau  
und Brandschutz, Braunschweig

Univ.-Prof. Dr.-Ing. D. Hossler  
Reg.-Dir. Dr.-Ing. J. Wesche  
Dipl.-Ing. M. Dehne

VHT

Versuchsanstalt für Holz -und  
Trockenbau, Heusenstamm

Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Becker  
Dipl.-Ing. K. Tichelmann

**Inhaltsverzeichnis**

<b>I</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>II</b>	<b>Zusammenfassung Stufe 1 (1996-1997)</b>	<b>6</b>
<b>III</b>	<b>Zusammenfassung Stufe 2 (1997-2000)</b>	<b>8</b>
<b>IV</b>	<b>Bewertung der Stufen 1 und 2</b>	<b>12</b>
<b>V</b>	<b>Empfehlungen zur Umsetzung in eine technische Regel zum Brandschutz für Holzbauwerke der Gebäudeklasse 4 (Stufe 3; 2000-2001)</b>	<b>14</b>
<b>1</b>	<b>Anforderungen</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>Nachweisverfahren</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>Mindestanforderungen an Konstruktionen</b>	<b>15</b>
3.1	Baustoffe	15
3.1.1	Holz	15
3.1.2	Bekleidungen	15
3.1.3	Dämmstoffe	16
3.1.4	Folien	16
3.2	Einbauten	16
3.2.1	Allgemeines	16
3.2.2	Durchführungen	18
3.2.3	Brandschutzverglasungen und Feuerschutzabschlüsse	19
3.2.4	Installationsführungen	19
3.2.5	Hohlwanddosen	19
3.3	Eckausbildungen	20
3.3.1	Eckausbildungen Wand / Wand	20
3.3.2	Eckausbildungen Wand / Decke	21
3.3.3	Anschluss von Trennwänden	21
3.4	Holzständerwände anstelle von Brandwänden	22
<b>4</b>	<b>Qualitätsnachweisverfahren</b>	<b>22</b>
<b>Anhang A zu Teil V Prüfverfahren</b>		<b>23</b>
A1	Allgemeines	23
A2	Definition des Begriffes „brandschutztechnisch wirksame Bekleidung“	23
A2.1	Allgemeine Anforderungen	23
A2.2	Entzündungskriterium	23
A2.3	Rauchweiterleitungskriterium	24
A3	Nachweis der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung	24
A3.1	Nachweis des Entzündungskriteriums	24
A3.2	Nachweis des Rauchweiterleitungskriteriums	24
A3.3	Installationen in den Prüfkörpern	27
A3.4	Prüfung von Holzständerwänden anstelle von Brandwänden	27
<b>Anhang B zu Teil V Erläuterungen</b>		<b>28</b>

**VI Zusammenfassung**

**30**

**VII Literatur**

**32**

## **Vorbemerkung**

Der vorliegende Abschlussbericht zur Stufe 3 des DIBt- Forschungsvorhabens wurde vom iBMB und der VHT gemeinsam erarbeitet.

Die von der DGfH in Abstimmung mit dem DIBt eingesetzte Arbeitsgruppe, bestehend aus Frau Herzog, Herrn Adriaans, Herrn Baukmeier, Herrn Ehm, Herrn Gundlach, Frau Herzog, Herrn Hinze, Herrn Kuhlenkamp, Herrn Küllmer, Herrn Merk, Herrn Meyer-Ottens, Herrn Meyer, Herrn Möllenbeck, Herrn Rüter, Herrn Schulz, Herrn Schwarzberger, Herrn Stöckel, Herrn Synold, Herrn Temme, Herrn Wathling und Herrn Winter (Vorsitz) hat in mehreren Projektgesprächen gemeinsam mit den Forschern die Zielsetzung und Durchführung der Untersuchungen sachkundig erörtert und beeinflusst.

An dieser Stelle sei den Mitgliedern der Arbeitsgruppe herzlich für die engagierte Unterstützung gedankt. Ein besonderer Dank gebührt auch den Repräsentanten der DGfH, insbesondere den Herren Tebbe und Krolak für die ständige Gesprächsbereitschaft und die Hilfestellung bei der organisatorischen Abwicklung.

Abschließend bedanken wir uns beim Deutschen Institut für Bautechnik, Berlin, beim Bundesverband Deutscher Fertigbau, Bad Honnef, beim Deutschen Fertigbauverband, Stuttgart, beim Arbeitskreis Zimmermeisterhaus, München und beim Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, Herford für die Förderung des Forschungsvorhabens, das alle gesetzten Ziele erreicht hat.

Die Autoren

## I Einleitung

Mit Hilfe von theoretischen Grundlagenuntersuchungen (Stufe 1) und experimentellen Grundlagenuntersuchungen (Stufe 2) sollten die Voraussetzungen für eine rationale Beurteilung der erforderlichen Schutzziele und zugehörigen Leistungskriterien bei Gebäuden in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4 (Gebäude mittlerer Höhe bis zu einer Höhe von 13 m und Nutzungseinheiten von nicht mehr als 400 m<sup>2</sup> in einem Geschoss nach § 2, MBO [1]) geschaffen werden (Stufe 3). Dazu sollten:

- risikoerhöhende Faktoren konsequent offengelegt und anhand nationaler und internationaler Erfahrungen bewertet werden,
- konkrete, objektive Leistungskriterien für die allgemeinen Schutzziele des Brandschutzes nach § 17 (1) MBO [1] formuliert und dann auf die Holzbauweise der Gebäudeklasse 4 übertragen werden,
- konstruktive oder technische Lösungen zur Beseitigung oder Kompensation der relevanten risikoerhöhenden Faktoren, unter Berücksichtigung ggf. konkurrierender Belange des Schall-, Wärme- und Feuchteschutzes, entwickelt werden,
- die Erfüllung der definierten Leistungskriterien durch die entwickelten Lösungen mit Hilfe von Normbrandversuchen in Anlehnung an DIN 4102 Teil 2 [2] und Teil 3 [3] an kritischen Ausschnitten von Konstruktionssystemen nachgewiesen werden und
- die als notwendig erachteten konstruktiven Mindestanforderungen an Holzbauten der Gebäudeklasse 4 als Basis für die spätere Einbeziehung in bauaufsichtliche Richtlinien dokumentiert und mit den zuständigen Gremien der ARGEBAU und des DIBt abgestimmt werden.

Im Folgenden werden nochmals die Ergebnisse der Grundlagenuntersuchungen der Stufen 1 und 2 [4, 9] zusammengefasst. Anschließend wird eine Bewertung dieser Bearbeitungsstufen abgegeben. Auf Grundlage der Ergebnisse des Forschungsvorhabens werden schließlich Empfehlungen für die Erarbeitung einer technischen Regel für Holzbauwerke der Gebäudeklasse 4 als Ergebnis der Stufe 3 des Forschungsvorhabens zusammengefasst.

## II Zusammenfassung Stufe 1 (1996-1997)

Bei den derzeit erforderlichen Abweichungen von den bauordnungsrechtlichen Anforderungen wurden im Rahmen der theoretischen Grundlagenuntersuchungen (Stufe 1) Lösungsansätze in Holzbauweise unter der Voraussetzung der Einhaltung des vorhandenen brandschutztechnischen Sicherheitsniveaus aufgezeigt [4]. Eine bedeutende Reduzierung des Brandrisikos kann demnach durch die Nichtbrennbarkeit der Bauteiloberflächen bei gleichzeitiger Kapselung der brennbaren Trag- und Ausbaukonstruktion in Holzbauweise erreicht werden. Es wurden Lösungen und Konstruktionsbeispiele für eine brandschutztechnisch sichere Ausbildung von Holzbauteilen und Bauteilanschlüssen erarbeitet.

Im Rahmen der theoretischen Arbeiten wurden weiterhin kanadische, norwegische und japanische Brandversuche an Holzkonstruktionen im Hinblick auf übertragbare Erkenntnisse ausgewertet. Bei den kanadischen und norwegischen Versuchen handelt es sich um Bauteilprüfungen. In Kanada wurden Holz- und Metallständerwände mit einer Beplankung aus Gipskartonplatten geprüft. Die norwegischen Versuche geben Aufschluss über das Brandverhalten von Decken in Abhängigkeit von der Bekleidung und Dämmung. In den japanischen Brandversuchen wurde das Brandverhalten mehrgeschossiger Gebäude in realem Maßstab untersucht. Die Versuche von 1987 und 1991 verdeutlichen die Unterschiede zwischen den Bauteilversuchen im Labor und dem Brandverhalten der Gesamtkonstruktion in der Realität.

Dabei zeigte sich, dass der Brandverlauf von zahlreichen Faktoren abhängt, dass aber grundsätzlich die im Brandfall erforderliche Sicherheit mit einer Holzkonstruktion erreicht werden kann. Einige Fragen hinsichtlich der Abschottungs- und Anschlussproblematik blieben jedoch offen. Zudem wurde der Durchtritt von Brandgasen durch die Bauteile und die Weiterleitung in angrenzende Nutzeinheiten als eines der wesentlichen Risiken erkannt.

Auch durch die Auswertung der bisher in Deutschland als Grundlage für bauaufsichtliche Nachweise durchgeführten Bauteil-Brandversuche konnten Erkenntnisse für die Bewertung der Holzbauweise im Vergleich zur bauaufsichtlich akzeptierten Metallbauweise (z. B. Stahlskelettbauweise mit Ausfachung aus Metallständerwänden)

gewonnen werden. Allerdings wurden diese Bauteilversuche nicht unter dem Aspekt eines Vergleiches zwischen Holzkonstruktionen und anderen Konstruktionen durchgeführt und dokumentiert, so dass die zumeist qualitativen Aussagen zum Verhalten der Holzkonstruktion in den Prüfzeugnissen keine Schlussfolgerungen im Hinblick auf die relevanten Probleme (Fugen, Weiterleitung von Rauch, Eintrag von Feuer) zulassen.

### III Zusammenfassung Stufe 2 (1997-2000)

In Stufe 2 des Vorhabens [6, 7, 8, 9] wurden experimentelle Grundlagenuntersuchungen zur Absicherung der in Stufe 1 [4] vorgeschlagenen Lösungen durchgeführt. Die Zielsetzung lautete, die risikotechnische Gleichwertigkeit der sogenannten „G-Bauweise“, die durch eine brennbare Tragkonstruktion mit einer nichtbrennbaren „brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung“ und einer nichtbrennbaren Dämmung beschrieben wird, gegenüber der bisher im bauaufsichtlichen Verfahren ohne wesentliche Einschränkung akzeptierten Bauweise mit nichtbrennbaren Tragkonstruktionen (AB-Bauweise) experimentell nachzuweisen.

Zur Aufrechterhaltung des in Deutschland vorhandenen brandschutztechnischen Sicherheitsniveaus mussten zusätzlich zu den in DIN 4102-2 [2] bzw. DIN EN 1363-1 [5] beschriebenen Leistungskriterien weitere, speziell für Holzbauwerke der Gebäudeklasse 4 geltende Leistungskriterien definiert werden. Es muss zuverlässig verhindert werden, dass es zu einem Brand innerhalb der Holzbauteile kommt. Nur so können unentdeckte Brandherde im Innern der Bauteile und ein Nachbrennen der Konstruktion nach dem Abrücken der Feuerwehr mit eventuellem Tragfähigkeitsverlust ausgeschlossen werden.

Die Entzündungstemperatur von Fichtenholz in praxisüblichen Maßen wurde mit Hilfe von Versuchen im Labormaßstab [6, 9] bestimmt, sie beträgt unter Berücksichtigung von zufällig streuenden Materialeigenschaften und Einbaubedingungen ca. 300°C.

Diese Erkenntnis erlaubt die Definition eines Bewertungskriteriums für „brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen“ für Holzbauten der Gebäudeklasse 4. Eine Bekleidung gilt als „brandschutztechnisch wirksam“, wenn sie zuverlässig verhindert, dass während der Klassifizierungsdauer die Entzündungstemperatur von brennbaren Stoffen innerhalb der Konstruktion erreicht wird. Eine zuverlässige Einhaltung dieser Schutzziele ist nur gewährleistet, wenn während der Brandbeanspruchungsdauer außer feinen Netzzissen keine schwerwiegenden Beschädigungen (klaffende, durchgehende Risse, Abfallen oder Ablösen von Teilen der Bekleidung) in der für die Kapselfung relevanten Plattenlage auftreten.

Auf Grundlage von Kleinbrandversuchen [6, 7, 8, 9] wurde eine auch unter wirtschaftlichen Aspekten akzeptierbare „brandschutztechnisch wirksame“ 2-lagige Bekleidungskombination gefunden, die die Entzündung der Holztragglieder während der 60minütigen Brandbeanspruchung nach der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) und einer anschließenden 30minütigen Abkühlphase (siehe V, Anhang B) wirksam verhindert. Es handelt sich dabei um die Bekleidung „brandseitig 20 mm Knauf Fireboard, 15 mm Gipsfaserplatte (Fermacell)“. Das in der Knauf Fireboard-Platte vorhandene Glasvlies verhindert eine frühzeitige Rissbildung, so dass die Schutzwirkung beider Platten während der gesamten Brandbeanspruchungsdauer gewährleistet ist.

Die Untersuchung der Weiterleitung von Rauch und Brandgasen bei verschiedenen Konstruktionen [8, 9] hat gezeigt, dass der Durchgang von Rauch und Brandgasen durch raumabschließende Bauteile mittels konstruktiver Vorgaben minimiert werden kann. Entscheidend ist die Weiterleitung im Bereich der Eckfugen, z. B. beim Anschluss Wand/Wand bzw. Wand/Decke. Die Prüfung unterschiedlicher Varianten bewies, dass die Art der Fugenausbildung erheblichen Einfluss auf die Weiterleitung von Rauch und Brandgasen hat. Als eine mögliche Variante hat sich der im letzten Bauteilversuch (Eckausbildung Wand/Decke II) [8, 9] (siehe Bild 1) geprüfte Aufbau mit versetzten Fugen erwiesen. In diesem Versuch wurde in der Messkammer über die gesamte Versuchsdauer im qualitativen Vergleich der drei Versuche der kleinste Gehalt von CO<sub>2</sub> und CO gemessen und nur eine sehr geringe Leckrate bestimmt. Sichttrübender Rauch auf der feuerabgewandten Seite konnte bei dieser Variante nicht nachgewiesen werden, denn der Transmissionsgrad blieb konstant bei nahezu 100 %.

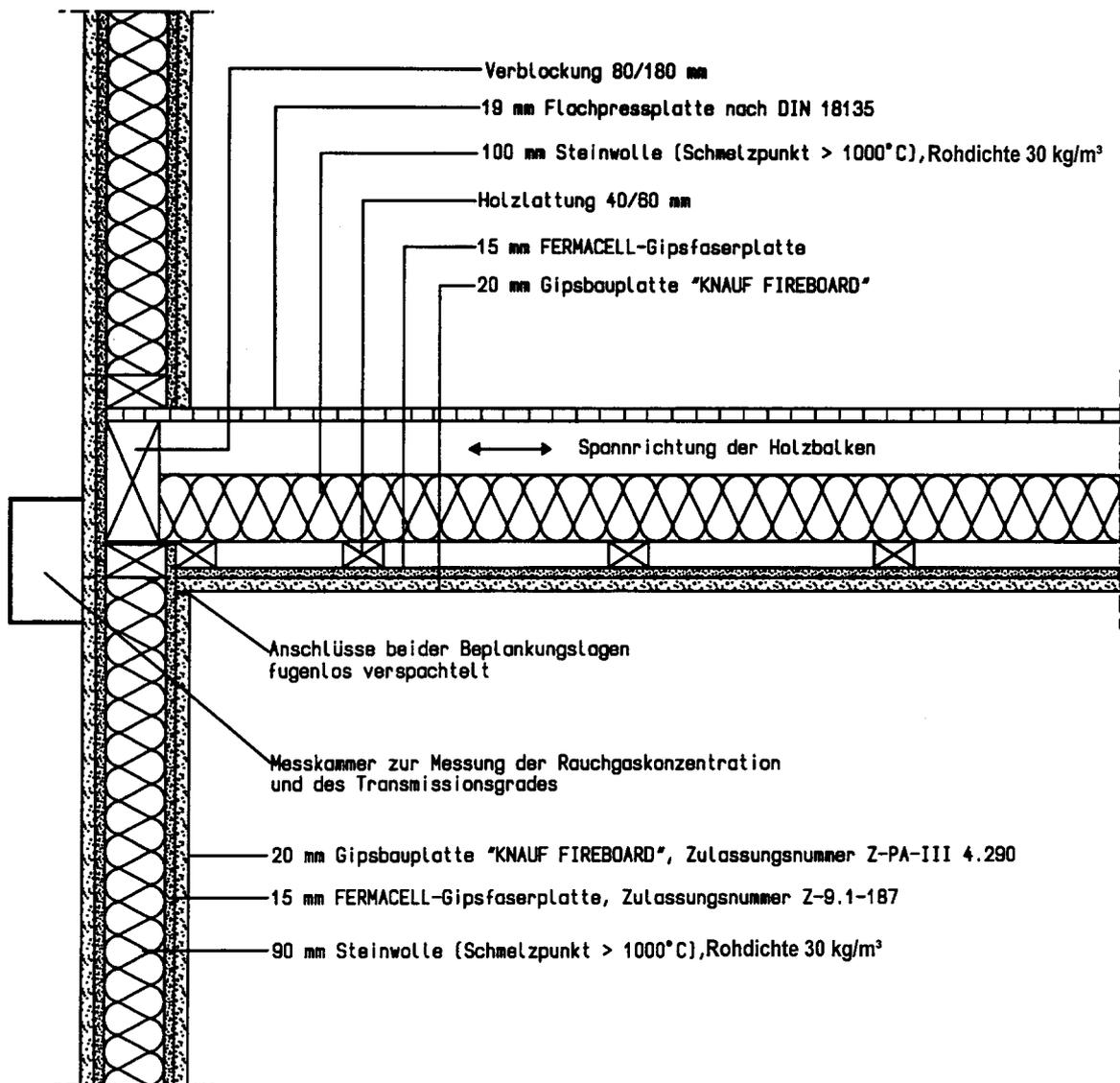


Bild 1 geprüftes Anschlussdetail Wand/Decke

Die Prüfung eines im Massivbau zugelassenen Kabelschottsystems im Versuchsaufbau „Eckausbildung Wand/Decke II“ [8, 9] zeigte, dass das geprüfte Schott alle Anforderungen nach DIN 4102 Teil 9 [10] auch in einer Holzbalkendecke erfüllt. Lediglich die Auslaibung der raumabschließenden Decke war brandschutztechnisch unzureichend, so dass das 300°C-Kriterium für die angrenzenden Holztragglieder im Bereich des Schotts nicht erfüllt wurde. Da es sonst in keinem Bereich der Probekörper zu einer Entzündung kam, lag das Problem im Wärmedurchgang durch die Fugen der Öffnungsauskleidung. Bei ausreichend dimensionierter Laibungsbekleidung der Bauteilöffnungen oder Verbesserung der Fugendetails können die Schutzziele je-

doch erfüllt werden. Die Fugen müssen verspachtelt und versetzt angeordnet werden.

Die Untersuchung von Installationsöffnungen in der Fläche wie Hohlwanddosen zeigte, dass diese unbedingt im mittleren Bereich zwischen zwei Ständern eingebaut werden müssen. Der Abstand zum nächstgelegenen Holzständer sollte daher mindestens 15 cm betragen. Auf der Rückseite der Gipsspachtelmasse auftretende Temperaturen von bis zu 600°C könnten bei geringeren Abständen zur Entzündung eines direkt benachbarten Holztraggliedes führen.

Die Vorgehensweise bei der Versuchsplanung zur Stufe 2 nach dem Prinzip „vom Kleinen ins Große“ erlaubte es, für den mehrgeschossigen Holzbau ungeeignete Aufbauten schon im Vorfeld einer Systementwicklung zu erkennen, so dass kostspielige und aufwendige Bauteilversuche nur noch mit den vorab optimierten Wand- und Deckenkonstruktionen notwendig waren.

## IV Bewertung der Stufen 1 und 2

Die Ergebnisse der Stufen 1 und 2 zeigen deutlich, dass Holzbauwerke der Gebäudeklasse 4 unter Wahrung des in Deutschland vorhandenen brandschutztechnischen Sicherheitsniveaus (§ 17 (1) MBO) [1] ausführbar sind.

Die theoretischen Grundlagenuntersuchungen (Stufe 1) und die experimentellen Grundlagenuntersuchungen (Stufe 2) an Einzelbauteilen und an Gebäudeausschnitten (z. B. Eckausbildungen) haben deutlich gemacht, dass mit geeigneten konstruktiven Maßnahmen sowohl ein Mitbrennen der tragenden Holzkonstruktion während eines Zeitraumes von mindestens 60 Minuten als auch die Brandausbreitung und die Rauchweiterleitung über die Bauteile in angrenzende Nutzungseinheiten mit Sicherheit verhindert werden können.

Damit ist die risikotechnische Gleichwertigkeit von Holzständerkonstruktionen mit brandschutztechnisch wirksamer Bekleidung und nichtbrennbaren Dämmstoffen gegenüber der Metallbauweise bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 sichergestellt.

Ein zum Nachweis der Ausführbarkeit ursprünglich geplanter Gebäudebrandversuch, bei dem das Brandverhalten eines ganzen Gebäudes erforscht werden sollte, wird nicht für notwendig gehalten, da im Rahmen des Vorhabens bereits Gebäudeausschnitte (z. B. Eckausbildungen Wand / Wand und Wand / Decke) im realen Maßstab untersucht wurden, die hinreichend Rückschluss auf das Brandverhalten des Gesamtsystems geben. Dabei wurden alle sicherheitstechnisch bedeutsamen Fragestellungen wie die Standsicherheit nach der geforderten Brandbeanspruchungsdauer, die Rauchweiterleitung in andere Nutzungseinheiten, das Verhalten von Installationen sowie die Auswirkung von Abschottungen auf das Systemverhalten untersucht. Weitergehende Fragestellungen, z. B. im Hinblick auf den Sachschutz oder die Sanierbarkeit nach einem Brand, müssen bei Bedarf ggf. gesondert untersucht werden.

Fragen der Dauerhaftigkeit wurden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht untersucht. Durch die Vorgabe, weitgehend vorgetrocknetes Holz zu verarbeiten (siehe V, Abschnitt 3) und darüber hinaus Bekleidungen zu verwenden, die nicht durch mögliche geringfügige Risse innerhalb der Holzkonstruktion gefährdet werden,

ist jedoch die Dauerhaftigkeit auch im Hinblick auf die Rauchweiterleitung nicht kritischer zu sehen als bei anderen bewährten Bauweisen der Gebäudeklasse 4 (z. B. Metallbauweise).

Um die Ergebnisse des Forschungsvorhabens in die Praxis umsetzen zu können, werden in Abschnitt V Empfehlungen für eine technische Regel zum Brandschutz bei Holzbauwerken der Gebäudeklasse 4 erarbeitet. Sie enthält die konstruktiven Vorgaben, wie tragende und aussteifende Holzkonstruktionen geschützt werden müssen, damit eine Brandeinleitung und eine Weiterleitung von Rauch vermieden wird. Im Rahmen dieser Empfehlung werden Prüfverfahren festgelegt, damit die Holzindustrie die Möglichkeit erhält, neue Entwicklungen an die Anforderungen an Holzbauwerke der Gebäudeklasse 4 anzupassen.

Es soll an dieser Stelle deutlich gemacht werden, dass die Empfehlungen für Holzbauwerke ausschließlich für Gebäude der Gebäudeklasse 4 gelten. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens haben keine Hinweise erbracht, die die Anwendung der Empfehlungen auch für die Gebäudeklassen 1 bis 3 notwendig erscheinen lassen.

# **V Empfehlungen zur Umsetzung in eine technische Regel zum Brandschutz für Holzbauwerke der Gebäudeklasse 4 (Stufe 3; 2000-2001)**

## **1 Anforderungen**

Neben den Anforderungen der MBO [1] an die Feuerwiderstandsdauer gemäß DIN 4102-2 [2] bzw. DIN EN 1363-1 [5] müssen bei Bauwerken der Gebäudeklasse 4 mit Bauteilen, deren tragende und aussteifende Teile aus brennbaren Baustoffen (Holz) bestehen, zum Erreichen der Schutzziele des Brandschutzes nach §17 (1) MBO folgende zusätzliche Anforderungen erfüllt werden:

Die Bauteile müssen nach § 17 (2) MBO eine Dämmung aus nichtbrennbaren Baustoffen erhalten. Es wird eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen gefordert. Die Anforderungen an diese Bekleidung sind erfüllt, wenn:

- eine Entzündung von tragenden und aussteifenden Teilen von raumabschließenden Wänden und Decken während eines Zeitraumes von mindestens 60 Minuten nicht auftritt, damit ein Brennen innerhalb der Konstruktion mit der Gefahr des verzögerten Tragfähigkeitsverlustes oder der Brandweiterleitung in andere Nutzeinheiten sicher ausgeschlossen wird (siehe Anhang B).
- die Weiterleitung von Rauch, insbesondere im Bereich von Eckfugen (Anschluss Wand/Wand bzw. Wand/Decke), behindert wird, damit Personen in anderen Nutzungseinheiten nicht gefährdet und die Flucht und Rettung von Nutzern nicht durch Rauchausbreitung in die Rettungswege beeinträchtigt werden (siehe Anhang B).
- die Einleitung von Bränden in die Konstruktion über Installationen und eine Weiterleitung des Feuers innerhalb der Konstruktion ausgeschlossen wird.

Die Erfüllung dieser Anforderungen ist nach Abschnitt 2 nachzuweisen. Die erforderliche Qualität der Ausführung ist nach Abschnitt 4 sicherzustellen.

## **2 Nachweisverfahren**

Für tragende, aussteifende und/oder raumabschließende Bauteile der Gebäudeklasse 4 unter Verwendung von brennbaren Tragkonstruktionen ist ein allgemeiner bauaufsichtlicher Nachweis entsprechend §§ 21 – 23 MBO für die Feuerwiderstandsklasse F 60 zu erbringen. Die Erfüllung der Anforderungen ist nach Abschnitt 1 nachzuweisen. Der Nachweis erfolgt auf der Grundlage von Brandversuchen nach Anhang A in Verbindung mit der Einhaltung von konstruktiven Mindestanforderungen nach Abschnitt 3. Diese betreffen die Auswahl der Baustoffe (Holz, Bekleidungen, Dämmstoffe, Folien, Verbindungsmittel), Einbauten (Durchführungen, Türen, Verglasungen, Feuerschutzabschlüsse, Hohlwanddosen, Installationsführungen), Eckausbildungen und Holzständerwände anstelle von Brandwänden.

## **3 Mindestanforderungen an Konstruktionen**

### **3.1 Baustoffe**

#### **3.1.1 Holz**

Bauschnittholz muss aufgrund der Verwendung erhöhten und zusätzlichen Anforderungen gegenüber den Mindestanforderungen nach DIN 4074-1 [18] genügen.

Die Holzfeuchte muss  $15\% \pm 3\%$  betragen. Die Maßhaltigkeit der Querschnitte darf  $\pm 1\text{mm}$  bei der Messbezugsfeuchte von 15% nicht überschreiten (Toleranzklasse 2 nach DIN EN 336) [19].

#### **3.1.2 Bekleidungen**

Die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung muss allseitig und durchgängig aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

Werden Holzwerkstoffplatten zur Aussteifung herangezogen, gilt das Entzündungskriterium nach Anhang A3.1 auf der raumseitigen Oberfläche der Holzwerkstoffplatte.

### **3.1.3 Dämmstoffe**

Als Dämmstoffe sind Faserdämmstoffe nach DIN 18 165 Teil 1 [13] mit einem Schmelzpunkt  $\geq 1000^{\circ}\text{C}$  (DIN 4102 Teil 17) [12] zu verwenden.

Bei allen tragenden und raumabschließenden Wandbauteilen ist eine Volldämmung formschlüssig in der Konstruktion vorzusehen. Bei Geschossdecken muss der Dämmstoff flankenformschlüssig eingebaut werden.

Plattenförmige Dämmstoffe sind durch strammes Einpassen (Stauchung bis ca. 1 cm) zwischen den Rippen gegen Herausfallen zu sichern.

Fugen von stumpf gestoßenen Dämmschichten müssen dicht sein. Bei zweilagigen Dämmschichten sind die Stöße zu versetzen.

### **3.1.4 Folien**

Folien mindestens der Baustoffklasse B2 zur Bauteilabdichtung – Wind- bzw. Luftdichtheit – sowie eingebaute Dampfsperren und Dampfbremsen sind zulässig.

## **3.2 Einbauten**

### **3.2.1 Allgemeines**

Die Einleitung höherer Temperaturen im Bereich von Öffnungen, insbesondere im Bereich von Laibungen, muss verhindert werden. Der Fugenversatz ist gemäß Bild 2 auszuführen.

Als Einbauten in diesem Sinne gelten Fenster, Türen, Abschottungen, Feuerschutzabschlüsse, Lüftungsklappen, Brandschutzverglasungen usw.. Um die Einleitung höherer Temperaturen im Bereich der Öffnungen für diese Einbauten zu verhindern, sind entsprechende Maßnahmen erforderlich. Grundsätzlich sind die Öffnungen in den Decken und Wänden mit der jeweiligen brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung mit Fugenversatz auszulaiben. Der Fugenversatz ist in Bauteilebene und senkrecht dazu zu gewährleisten (siehe Bilder 2, 3 und 4).

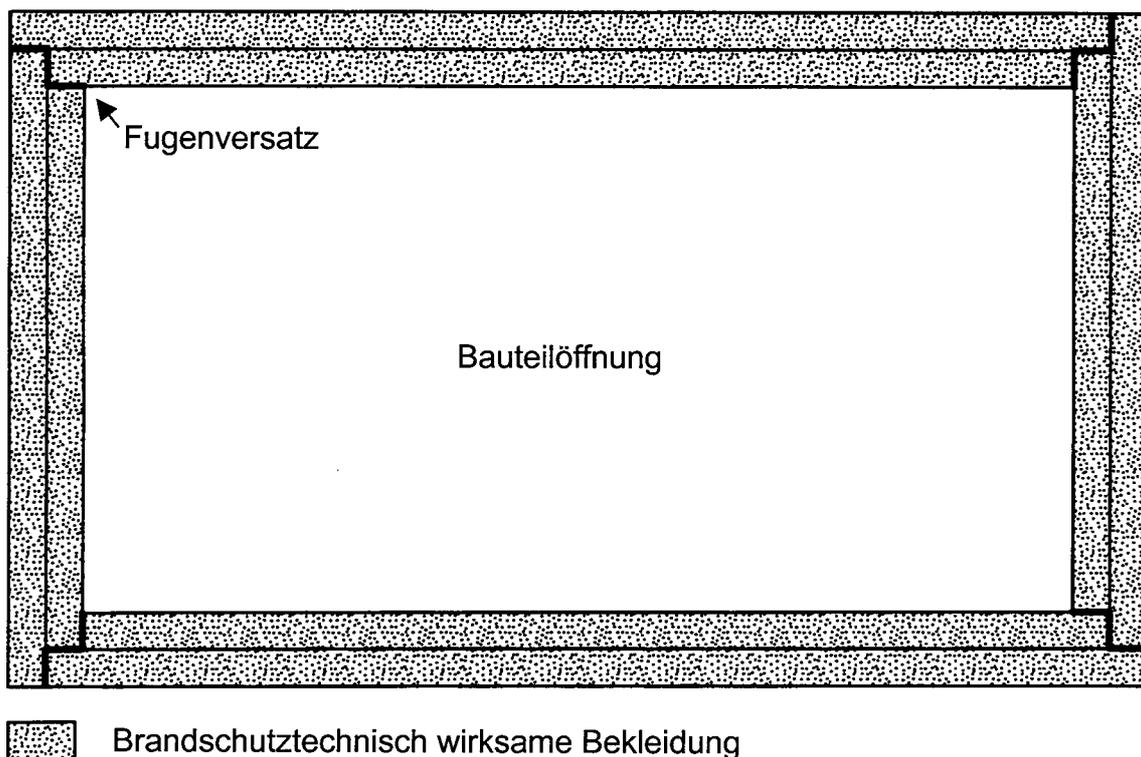


Bild 2 Fugenversatz in Bauteilebene

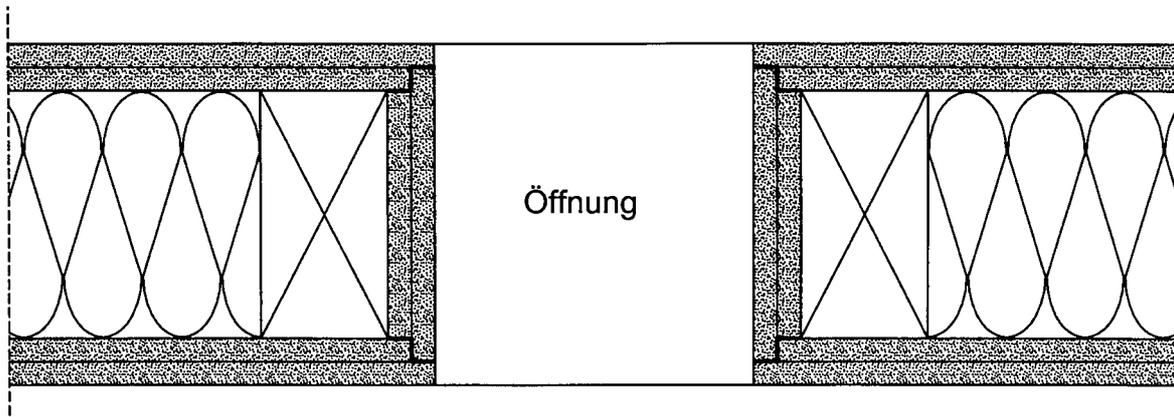


Bild 3 Fugenversatz senkrecht zur Bauteilebene (planmäßige Öffnung)

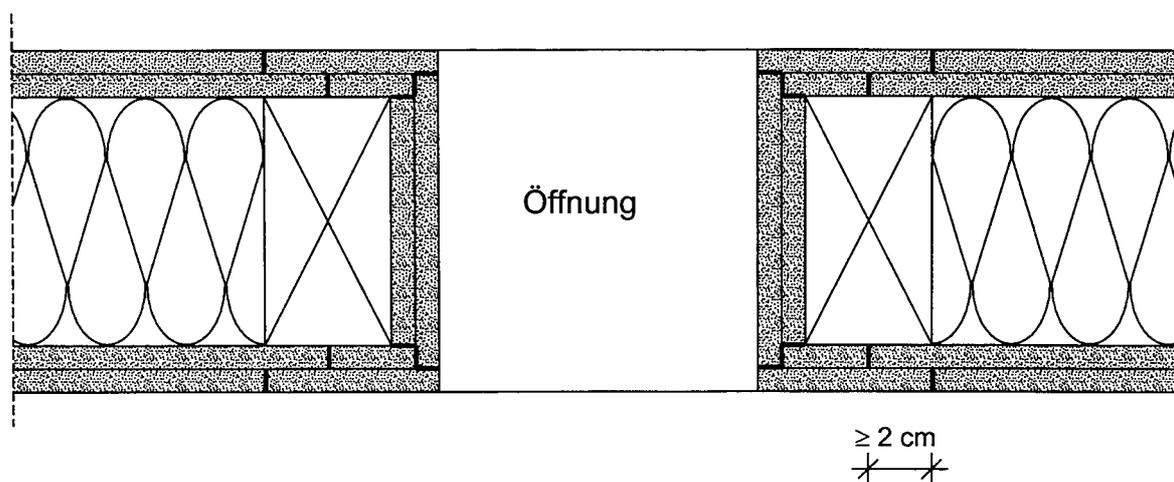


Bild 4 Fugenversatz senkrecht zur Bauteilebene (Öffnung nachträglich erzeugt)

Auch bei nachträglich eingebauten Öffnungen muss ein Fugenversatz vorgesehen werden (siehe Bild 4).

Die Anforderung gilt für alle tragenden Bauteile sowie für raumabschließende Bauteile zu anderen Nutzungseinheiten. Wenn darüber hinaus an den Verschluss der Öffnung brandschutztechnische Anforderungen gestellt werden, ist die Ausbildung durch die allgemeinen bauaufsichtlichen Nachweise zu regeln.

### 3.2.2 Durchführungen

Die Eignung von Maßnahmen für die Durchführung von gebündelten elektrischen Leitungen, Rohren, Installationsschächten- und Kanälen, brandschutztechnisch aus-

gelegten Lüftungsleitungen sowie für den Einbau von Lüftungsklappen ist im Rahmen der entsprechenden bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweise zu belegen.

### **3.2.3 Brandschutzverglasungen und Feuerschutzabschlüsse**

Für den Einbau von Brandschutzverglasungen und Feuerschutzabschlüssen ist deren Eignung über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachzuweisen.

### **3.2.4 Installationsführungen**

Installationsführungen sind in Schächten und Vorwandkonstruktionen vorzusehen.

Einzelkabel dürfen innerhalb der Konstruktion geführt werden, Kabelbündel innerhalb der Konstruktion sind jedoch nicht zulässig. Bis maximal drei Kabel dürfen zusammen innerhalb der Konstruktion geführt werden, wenn sie durch geeignete konstruktive Maßnahmen (z. B. Führung in einem nichtbrennbaren Rohr) von den brennbaren Holzkonstruktionen abgeschottet werden. Bei Durchführung der Kabel durch die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung sind die verbleibenden Hohlräume mit nichtbrennbaren Baustoffen zu verspachteln.

### **3.2.5 Hohlwanddosen**

Hohlwanddosen (Steckdosen, Schalterdosen, Verteilerdosen, usw.) dürfen nur im Bereich des mittleren Drittels zwischen zwei Holzständern eingebaut werden (siehe Bild 5). Der Abstand zum nächsten Holzständer soll mindestens 15 cm betragen. Die Dosen müssen gefachversetzt eingebaut werden, d. h. im selben Gefach dürfen keine gegenüberliegenden Dosen angeordnet sein, es sei denn, dass im Bereich der Dosen eine Einkapselung über Kästen aus nichtbrennbaren Baustoffen vorgesehen wird, die in derselben Art und Dicke wie die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung ausgeführt wird.

Steckdosen, Schalterdosen, Verteilerdosen usw. sind innerhalb des Wandhohlraumes vollständig mit Faserdämmstoffen nach DIN 18 165 Teil 1 [13] mit einem Schmelzpunkt  $\geq 1000^{\circ}\text{C}$  (DIN 4102 Teil 17 [12]) zu umhüllen.

Der Dämmstoff darf im Bereich der Einbauten auf eine minimale Dämmstoffdicke von  $\geq 30$  mm gestaucht werden.

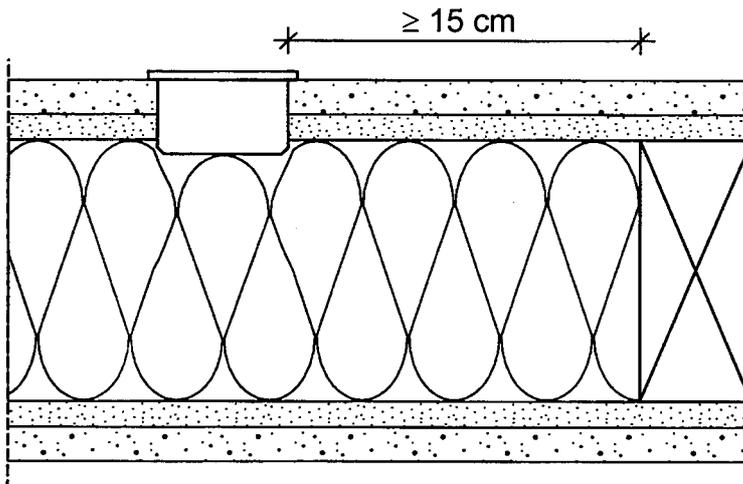


Bild 5 Steckdosen, Schalterdosen, Verteilerdosen usw.

### 3.3 Eckausbildungen

#### 3.3.1 Eckausbildungen Wand / Wand

Eckausbildungen raumabschließende Wand / Außenwand oder raumabschließende Wand / raumabschließende Wand erfüllen die Anforderungen nach Abschnitt 1, wenn die folgenden konstruktiven Mindestanforderungen eingehalten werden:

- Abstand der Verbindungsmittel  $< 50$  cm (formschlüssige Verschraubung)
- In der Fuge muss ein ca. 2 cm dicker Streifen aus Faserdämmstoffen nach DIN 18165 Teil 1 [13] mit einem Schmelzpunkt  $\geq 1000^{\circ}\text{C}$  (DIN 4102 Teil 17 [12]) komprimiert eingebaut werden.

- Bei der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung sind Baustoffe mit annähernd gleichem Verformungsverhalten zu verwenden.
- In tragende oder raumabschließende Wände muss als Abschluss ein oberes und unteres Rähmholz eingebaut werden. Am Anschluss Wand / Wand ist außerdem ein vertikales Rähmholz anzuordnen.

### **3.3.2 Eckausbildungen Wand / Decke**

Eckausbildungen raumabschließende Wand / Decke oder Außenwand / Decke erfüllen die Anforderungen nach Abschnitt 1, wenn die folgenden konstruktiven Mindestanforderungen eingehalten werden:

- Die Decke muss kraftschlüssig durch ausreichend lange Schrauben mit der Wand verbunden werden. Es wird jeweils eine Schraubenverbindung durch die Deckenbalken und in der Mitte des Rähmholzes gesetzt, so dass der Abstand der Verbindungsmittel höchstens ein halbes Rastermaß (31,25 cm) beträgt.
- In der Fuge muss ein ca. 2 cm dicker Streifen aus Faserdämmstoffen nach DIN 18165 Teil 1 [13] mit einem Schmelzpunkt  $\geq 1000^{\circ}\text{C}$  (DIN 4102 Teil 17 [12]) komprimiert eingebaut werden.
- Es muss ein Fugenversatz von mindestens 2 cm vorhanden sein.
- Bei der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung sind Baustoffe mit annähernd gleichem Verformungsverhalten zu verwenden.
- In tragende oder raumabschließende Wände muss als Abschluss ein oberes und unteres Rähmholz eingebaut werden.

### **3.3.3 Anschluss von Trennwänden**

Der Anschluss von Trennwänden mit geringeren brandschutztechnischen Anforderungen (< F60) an raumabschließende Bauteile zu anderen Nutzungseinheiten muss so erfolgen, dass die Funktion der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung nicht beeinträchtigt wird.

### 3.4 Holzständerwände anstelle von Brandwänden

Holzständerwände anstelle von Brandwänden müssen zusätzlich die folgenden konstruktiven Mindestanforderungen erfüllen:

- Für die Holztragkonstruktion können sowohl Einzel- als auch Doppelständer verwendet werden. Die Mindestabmessungen der Holzständer müssen für Einzelständer 60/160 mm und für Doppelständer 60/80 mm betragen.
- Als Dämmstoffe sind ausschließlich Faserdämmstoffe nach DIN 18165 Teil 1 [13] mit einem Schmelzpunkt  $\geq 1000^{\circ}\text{C}$  (DIN 4102 Teil 17 [12]) zu verwenden.
- Als lastweiterleitendes Element bei einer Feldstoßbeanspruchung müssen zwischen der ersten und zweiten Bekleidungs-lage Stahlblechtafeln mit einer Blechdicke  $\geq 0,38$  mm eingebaut werden.

## 4 Qualitätsnachweisverfahren

Die Ausführung von Holzbauwerken der Gebäudeklasse 4 darf nur durch solche Firmen erfolgen, die ein Qualitätsnachweisverfahren durchlaufen haben.

Aufgrund der Problematik des Zusammenbaus und der damit verbundenen kritischen Fugenausbildung sowie weiterer Details im Hinblick auf die Installationsführung wird es für notwendig erachtet, eine Baustellenüberwachung gemäß § 20 Abs. 4 MBO in Anlehnung an die Richtlinie für die Überwachung von Wand-, Decken- und Dachtafeln für Holzhäuser in Tafelbauart nach DIN 1052 Teil 1 bis 3, Abschnitt 2 (Eigenüberwachung) und Abschnitt 3 (Fremdüberwachung) durchzuführen [14].

## **Anhang A zu Teil V      Prüfverfahren**

### **A1    Allgemeines**

Das in diesem Anhang A beschriebene Prüfverfahren und die Prüfkriterien gelten ausschließlich für hochfeuerhemmende Bauteile mit der Anforderung G.

Grundsätzlich wird ein zweiteiliges Prüfprogramm durchgeführt, bestehend aus einer Feuerwiderstandsprüfung der Bauteile über einen Zeitraum von mindestens 60 Minuten und einer Prüfung der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung nach DIN EN 1366-12 [15] in Verbindung mit DIN EN 13501-2 [16] mit zusätzlich zu prüfenden Leistungskriterien, die im Folgenden definiert werden.

### **A2    Definition des Begriffes „brandschutztechnisch wirksame Bekleidung“**

#### **A2.1    Allgemeine Anforderungen**

Die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung dient zur Erfüllung der in Abschnitt 1 definierten Anforderungen an Holzbauten der Gebäudeklasse 4.

Die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung muss allseitig und durchgängig aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

#### **A2.2    Entzündungskriterium**

Die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung muss während eines Zeitraumes von mindestens 60 Minuten die Entzündung der tragenden und aussteifenden Holzkonstruktion verhindern. Die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung darf während der 60minütigen Brandbeanspruchung keine durchgehenden klaffenden Risse aufweisen.

### **A2.3 Rauchweiterleitungskriterium**

Die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung muss in Verbindung mit der Wand- bzw. Deckenkonstruktion eine Rauchweiterleitung in andere Nutzungseinheiten während eines Zeitraumes von mindestens 60 Minuten behindern.

## **A3 Nachweis der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung**

### **A3.1 Nachweis des Entzündungskriteriums**

Der Nachweis des Entzündungskriteriums (siehe Abschnitt A2.2) der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung erfolgt nach DIN EN 1366-12 [15] (siehe Anhang B) in Verbindung mit DIN EN 13501-2 [16].

Die in DIN EN 13501-2 Abschnitt 7.6.1 und 7.6.4 dokumentierte Anforderung der Kapselung brennbarer Materialien für 10 Minuten wird für Holzbauten der Gebäudeklasse 4 dahingehend erweitert, dass sich die tragende und aussteifende Holzkonstruktion **während eines Zeitraumes von mindestens 60 Minuten (Brandbeanspruchung nach der ETK) nicht entzünden oder verkohlen darf** (siehe Anhang B).

### **A3.2 Nachweis des Rauchweiterleitungskriteriums**

Weicht eine Eckausbildung (Anschluss Wand/Wand bzw. Wand/Decke) von den bereits untersuchten und nachgewiesenen Konstruktionen wesentlich ab, so dass die Unbedenklichkeit bezüglich der Ausbreitung von Brandrauch nicht mehr bewertet werden kann, muss eine Rauchdichtemessung auf der feuerabgewandten Seite der Fuge durchgeführt werden (siehe Anhang B).

Dazu wird die Eckausbildung je nach Anschlusssituation gemäß Bild 6, Bild 7 oder Bild 8 in einer geeigneten Brandkammer nachgebildet. Die Wand- und Deckenelemente müssen jeweils eine Fläche von mindestens 6 m<sup>2</sup> haben.

Die Brandbeanspruchung erfolgt nach DIN 4102-2 [2] bzw. DIN EN 1363-1 [5]. Die Prüfung des Rauchweiterleitungskriteriums kann daher gleichzeitig mit dem Nachweis der Feuerwiderstandsklasse F 60 für das Wand- und/oder das Deckenelement geführt werden.

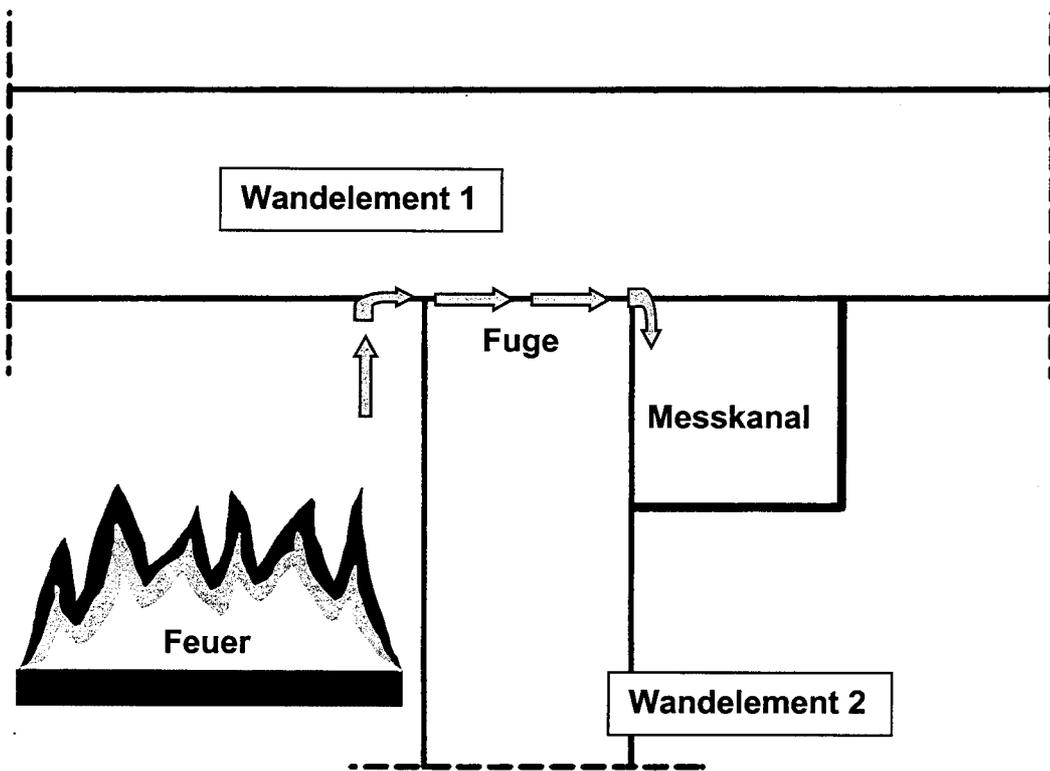


Bild 6 Innenwandanschluss (Grundriss)

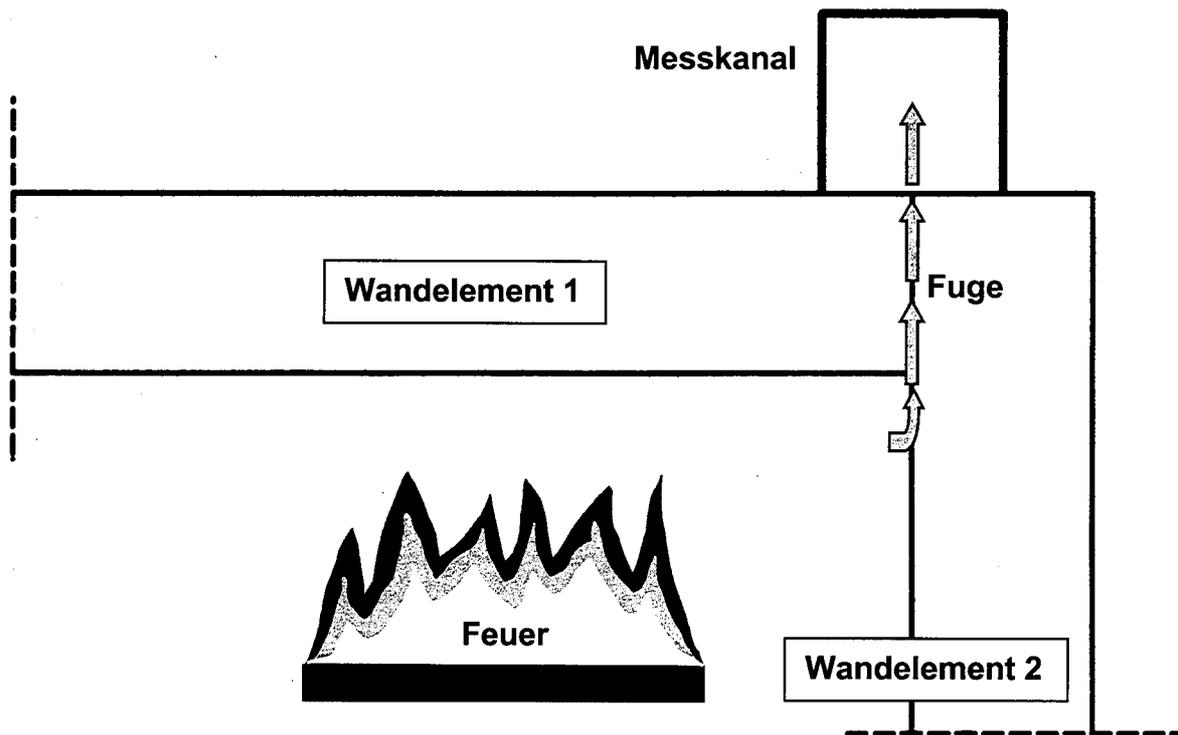


Bild 7 Anschluss Wand/Wand (Grundriss)

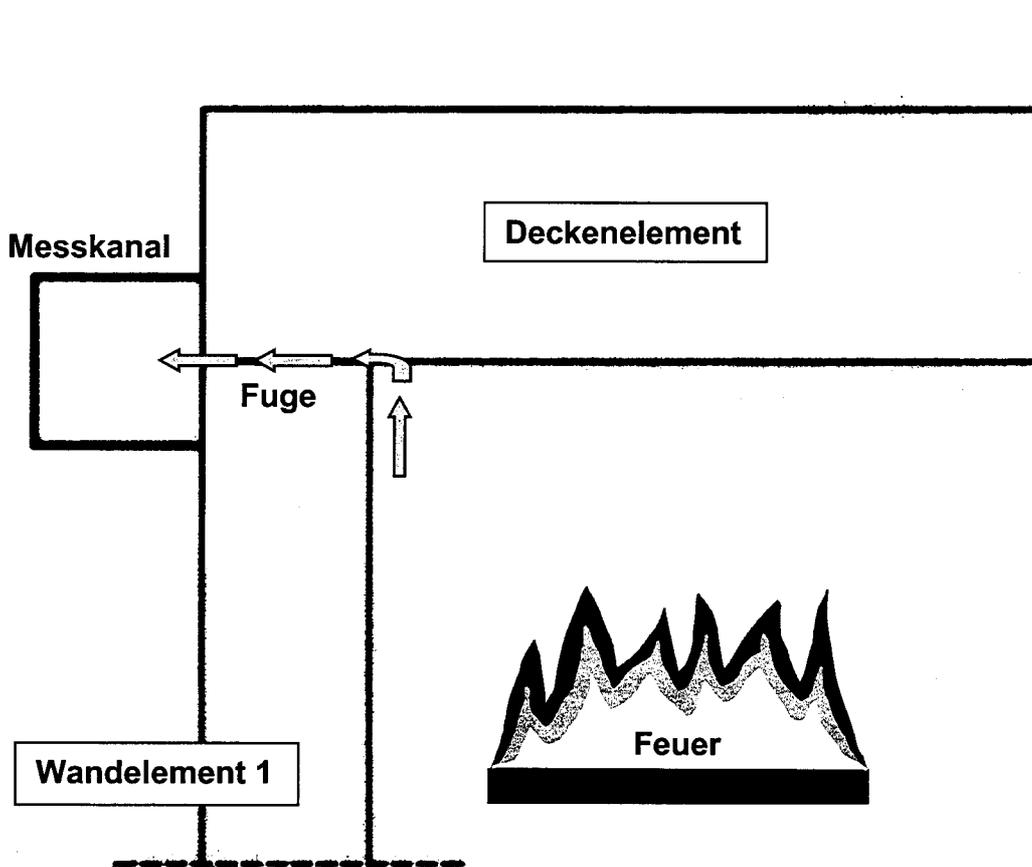


Bild 8 Anschluss Wand/Decke (Schnitt)

Die Rauchdichtemessung erfolgt entlang einer Eckfuge von  $L = 250 - 280$  cm Länge. Dazu wird ein aus Stahlblech gefertigter, an einer Längsseite offener Kanal der Abmessungen  $b \times h \times l = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times L \text{ cm}$  angeordnet. Der Kanal umschließt die Fuge und wird seitlich rauchdicht abgedichtet. An einem Ende des Kanals wird eine definierte Zuluft von 100 l/min eingeblasen. In dem Messkanal muss ein Rauchdichtemessgerät zur Bestimmung der Rauchdichte nach DIN 50055 [17] eingebaut werden, mit dem der Transmissionsgrad  $\tau$  bestimmt wird. Der Transmissionsgrad  $\tau$  ist das Verhältnis der durchgelassenen Strahlungsleistung zur einfallenden Strahlungsleistung.

Als Leistungskriterium wird gefordert, dass der Transmissionsgrad während der 60minütigen Brandbeanspruchung nach der ETK auf höchstens 90% fallen darf.

### **A3.3 Installationen in den Prüfkörpern**

Beim Nachweis der Feuerwiderstandsklasse F 60 müssen die Probekörper mindestens eine Hohlwanddose je Seite enthalten, die in einem Abstand zum oberen Rand des Probekörpers von 30 cm angebracht wird.

### **A3.4 Prüfung von Holzständerwänden anstelle von Brandwänden**

Für die Prüfung von Holzständerwänden anstelle von Brandwänden gelten die Abschnitte A1, A2, A3.1, A3.2 und A3.3. Zusätzlich wird das folgende Leistungskriterium überprüft:

Zur Feststellung der Widerstandsfähigkeit gegen Stoß wird der Probekörper 5 Minuten vor der Beurteilungszeit mit einer dreimaligen Stoßbeanspruchung gemäß DIN 4102-3 [3], Abschnitt 4.3.3 bzw. DIN EN 1363-2 [11], Abschnitt 7 belastet. Dabei müssen die Anforderungen nach DIN 4102-3, Abschnitt 4.2 erfüllt werden.

## Anhang B zu Teil V Erläuterungen

Zu Abschnitt 1, Absatz 2:

Im Bereich des mehrgeschossigen Holzbaus der Gebäudeklasse 4 werden tragende, aussteifende und raumabschließende Konstruktionen aus dem brennbaren Baustoff Holz verwendet, die entsprechend geschützt werden müssen. Die Verhinderung eines Brandes innerhalb der Konstruktion deckt sich mit dem in § 17 MBO [1] definierten Schutzziel, „dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird...“. Es müssen ergänzende Leistungskriterien abgeprüft werden, um die Erfüllung der allgemeinen Schutzziele auch im Holzbau der Gebäudeklasse 4 sicherzustellen.

Zu Anhang A3.1:

Bei den Brandversuchen im Rahmen des Forschungsvorhabens [8, 9] wurde die Einhaltung des Entzündungskriteriums auch während einer Abkühlphase im Anschluss an die eigentliche ETK-Brandbeanspruchung überprüft. Bei der Abkühlphase handelt es sich um eine Phase des Temperaturrückgangs, bei der jedoch noch ein Energieeintrag in das Bauteil stattfindet. Es ist durchaus möglich und auch bei Brandversuchen beobachtet wurden, dass sich die Holzkonstruktion erst in der Abkühlphase entzündet. In [8, 9] wurde die Abkühlphase durch Abschalten der Brenner und Schaffen einer Öffnung in der Brandkammer realisiert. In der Materialprüfpraxis kann die Abkühlphase jedoch nicht berücksichtigt werden, da sie stark von den individuellen Randbedingungen des Brandofens abhängt und damit nicht reproduzierbar ist.

Um dies auszugleichen, wird das auf Grundlage der Forschungsergebnisse entwickelte Entzündungskriterium verschärft. Dieses besagte, dass die Entzündungstemperatur von 300°C während einer Brandbeanspruchungsdauer entsprechend der ETK von 60 Minuten und einer darauffolgenden Abkühlphase von 30 Minuten auf der Oberfläche der tragenden und/oder aussteifenden Holzkonstruktion nicht erreicht werden darf.

Nunmehr wird das Entzündungskriterium für den Nachweis der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung nach DIN EN 1366-12 in Verbindung mit DIN EN 13501-2 da-

hingehend geändert, dass während einer Brandbeanspruchungsdauer von 60 Minuten nach der ETK die Temperatur auf der tragenden und/oder aussteifenden Holztragkonstruktion im Mittel nicht mehr als 250°C und im Maximum nicht mehr als 270°C betragen darf.

Folglich wird der Verzicht auf eine Abkühlphase im Anschluss an die Brandbeanspruchungsdauer durch einen größeren Sicherheitsabstand bezüglich der Entzündungstemperatur kompensiert.

Zu Anhang A3.2:

Der Versuch zur Messung der Rauchdichte auf der feuerabgewandten Seite erfolgt im Rahmen der Prüfung, wenn die Rauchweiterleitung nicht anders beurteilt werden kann.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde neben der Rauchdichte auch die Rauchgaskonzentration auf der feuerabgewandten Seite gemessen. Auch dies ist in der Materialprüfpraxis mit vertretbarem Aufwand durchführbar. Die Messung des Transmissionsgrades und Begrenzung auf mindestens 90 % ist jedoch ein hinreichendes Kriterium zur Beschränkung der Weiterleitung von Brandgasen in benachbarte Nutzeinheiten.

## VI Zusammenfassung

In Stufe 1 des Forschungsvorhabens [4] wurden risikoerhöhende Faktoren im mehrgeschossigen Holzbau der Gebäudeklasse 4 offengelegt und anhand nationaler und internationaler Erfahrungen bewertet. Für die Beseitigung oder Kompensation der relevanten risikoerhöhenden Faktoren wurden konstruktive Lösungsvorschläge entwickelt.

In Stufe 2 [6, 7, 8, 9] wurden Anforderungen für Holzbauwerke der Gebäudeklasse 4 definiert, die gemäß § 51 (1) MBO [1] zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen nach § 3 (1) MBO in Verbindung mit § 17 (1) MBO gestellt werden. Danach darf eine Entzündung von tragenden und aussteifenden Teilen von raumabschließenden Wänden und Decken während eines Zeitraumes von mindestens 60 Minuten nicht auftreten, um ein Brennen innerhalb der Konstruktion mit der Gefahr des verzögerten Tragfähigkeitsverlustes oder der Brandweiterleitung in andere Nutzungseinheiten sicher auszuschließen. Außerdem muss die Rauchweiterleitung durch raumabschließende Bauteile, insbesondere im Bereich von Eckfugen (Anschluss Wand/Wand bzw. Wand/Decke) verhindert werden, damit Personen in anderen Nutzungseinheiten nicht gefährdet werden und die Flucht und Rettung von Nutzern nicht durch Rauchausbreitung in die Rettungswege behindert werden.

In Stufe 2 wurden mit Hilfe von Laborversuchen Leistungskriterien für eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung definiert, mit denen die Erfüllung der besonderen Anforderungen überprüft werden kann. Zum einen muss die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung während eines Zeitraumes von mindestens 60 Minuten eine Entzündung der tragenden und aussteifenden Holzkonstruktion verhindern (Entzündungskriterium). Zum anderen muss die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung in Verbindung mit der Wand- bzw. Deckenkonstruktion eine Rauchweiterleitung in andere Nutzungseinheiten während dieses Zeitraumes verhindern (Rauchweiterleitungskriterium).

Die Erfüllbarkeit dieser Leistungskriterien wurde in Stufe 2 mit Hilfe von Normbrandversuchen in Anlehnung an DIN 4102 Teil 2 und 3 an kritischen Ausschnitten von Konstruktionssystemen im Realmaßstab [7, 8, 9] nachgewiesen. Dabei wurden auch

weitere wichtige Fragestellungen wie das Verhalten von Installationen und Abschottungen in Wand- und Deckenelementen in Holzbauweise untersucht.

In Stufe 3 schließlich wurden Empfehlungen für eine technische Regel zum Brandschutz bei Holzbauwerken der Gebäudeklasse 4 erarbeitet. Die Empfehlungen enthalten im wesentlichen eine Beschreibung des bauaufsichtlichen Nachweisverfahrens für diese Bauweise. Weiterhin werden auf Grundlage der Erkenntnisse aus Stufe 1 und Stufe 2 des Vorhabens die als notwendig erachteten konstruktiven Mindestanforderungen an Holzgebäude der Gebäudeklasse 4 zusammengestellt.

## VII Literatur

- [1] Entwurf Musterbauordnung (MBO), Synopse Brandschutzkonzept, Stand 10.11.2000
- [2] DIN 4102 Teil 2, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Bauteile: Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
- [3] DIN 4102 Teil 3, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Brandwände und nichttragende Außenwände: Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
- [4] VHT; iBMB: Theoretische und experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandschutz mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise; Stufe 1: Theoretische Grundlagenuntersuchungen, Abschlussbericht Juli 1997
- [5] DIN EN 1363 Teil 1, Feuerwiderstandsprüfungen, Allgemeine Anforderungen, Deutsche Fassung, Oktober 1999
- [6] Hosser, D.; Dehne, M.: Theoretische und experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandschutz bei mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise; Forschungsauftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung; Zwischenbericht Mai 1999
- [7] Hosser, D.; Dehne, M.: Theoretische und experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandschutz bei mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise; Forschungsauftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung; Zwischenbericht September 1999
- [8] Hosser, D.; Dehne, M.; Zehfuß, J.: Theoretische und experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandschutz bei mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise; Forschungsauftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung; Stufe 2: Experimentelle Grundlagenuntersuchungen ; Zwischenbericht Februar 2000
- [9] Hosser, D.; Dehne, M.; Zehfuß, J.: Theoretische und experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandschutz bei mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise; Forschungsauftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung; Stufe 2: Experimentelle Grundlagenuntersuchungen ; Abschlussbericht April 2000
- [10] DIN 4102 Teil 9; Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Kabelabschottungen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, Mai 1990
- [11] DIN EN 1363 Teil 2, Feuerwiderstandsprüfungen , Alternative und ergänzende Verfahren, Deutsche Fassung, August 1999

- [12] DIN 4102 Teil 17; Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Schmelzpunkt von Mineralfaser-Dämmstoffen; Begriffe, Anforderungen, Prüfungen; Ausgabe Dezember 1990
- [13] DIN 18165 Teil 1; Faserdämmstoffe für das Bauwesen; Dämmstoffe für die Wärmedämmung; Ausgabe Juli 1991
- [14] Richtlinie für die Überwachung von Wand-, Decken- und Dachtafeln für Holzhäuser in Tafelbauart nach DIN 1052 Teil 1 bis 3, Ausgabe Juni 1992
- [15] DIN EN 1366-12; Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen; Bekleidungen – Bestimmung der Brandschutzwirkung
- [16] DIN EN 13501-2; Fire Classification of Construction Products and Building Elements; Part 2, Classification Using Data from Fire Resistance Tests, Excluding Ventilation Services
- [17] DIN 50055; Lichtmessstrecke für Rauchentwicklungsprüfungen
- [18] DIN 4074-1; Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit
- [19] DIN EN 336; Bauholz für tragende Zwecke; Nadelholz und Pappelholz; Maße, zulässige Abweichungen