

Theoretische und experimentelle Grundlagen-
untersuchungen zum Brandschutz mehr-
geschossiger Gebäude in Holzbauweise
Teil 1: Theoretische Grundlagenuntersuchungen

T 2803

T 2803

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

1998, ISBN 3-8167-5429-5

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 irb@irb.fhg.de

URL <http://www.irb.fhg.de>

Theoretische und experimentelle Grundlagen- untersuchungen zum Brandschutz mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise

Untersuchungsbericht Teil 1

Theoretische Grundlagenuntersuchungen

zum DGfH-Forschungsvorhaben F-96/10
im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik

Juli 1997

Vorbemerkung

Der vorliegende Untersuchungsbericht Teil 1 zum Forschungsvorhaben „Theoretische und experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandschutz bei mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise“ wurde unter Federführung von VHT/THD arbeitsteilig mit dem iBMB erarbeitet. Er faßt die theoretischen Grundlagenuntersuchungen (Stufe 1) des Forschungsvorhabens zusammen und konkretisiert den Untersuchungsbedarf für die experimentellen Grundlagenuntersuchungen (Stufe 2).

Autoren des Berichtes sind:

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

iBMB Prof. Dr.-Ing. D. Hosser
 Dipl.-Ing. M. EL-Hariri
 RD Dr.-Ing. J. Wesche.

Die Bearbeitungsschwerpunkte der Kooperationspartner sind dem Inhaltsverzeichnis zu entnehmen.

Inhalt

Bearbeiter

	Vorbemerkung		
1	Einleitung	VHT	1.1
2	Begriffe und Anwendungsbereiche	VHT	2.1
3	Stand der bauordnungsrechtlichen Anforderungen	IBMB	3.1
3.1	Allgemeines		3.1
3.2	Sachstandsbestimmung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen für mehrgeschossige Holzhäuser auf Grundlage der Musterbauordnung		3.1
3.2.1	Gebäudeklassen - Gebäude geringer Höhe		3.2
3.2.2	Tragende Wände, Pfeiler und Stützen		3.2
3.2.3	Außenwände		3.3
3.2.4	Trennwände		3.3
3.2.5	Brandwände		3.4
3.2.6	Decken		3.5
3.2.7	Notwendige Treppen		3.5
3.2.8	Treppenraumwände		3.6
3.2.9	Notwendige Flure		3.6
3.3	Sachstandsbestimmung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen für mehrgeschossige Holzhäuser auf Grundlage der Mustersonderrichtlinien und -verordnungen		3.7
3.3.1	Muster-Verordnung über den Bau und Betrieb von Gaststätten		3.7
3.3.2	Muster-Verordnung über den Bau und Betrieb von Krankenhäusern		3.9
3.3.3	Bauaufsichtliche Muster-Richtlinie für Schulen		3.12
3.3.4	Muster-Verordnung über den Bau und Betrieb von Verkaufsstätten		3.14
3.3.5	Muster-Verordnung für Versammlungsstätten		3.15
3.4	Zusammenfassende Bewertung		3.17
4	Zusammenstellung und Bewertung internationaler Untersuchungen	IBMB/VHT	4.1
4.1	Überblick		4.1
4.2	Kanadische Normbrandversuche an Holzständerwänden für Wohnhäuser und kleine gewerbliche Gebäude		4.1
4.3	Norwegische Normbrandversuche an Holzbalkendecken		4.8
4.4	Schwedische Naturbrandversuche in Holzhäusern		4.11
4.5	Japanische Naturbrandversuche in mehrgeschossigen Holzgebäuden		4.13
4.5.1	Brandversuch 1987		4.13
4.5.2	Brandversuch 1991		4.15
4.6	Australische Untersuchungen zur Versagenswahrscheinlichkeit von Holzständerwänden und Holzbalkendecken bei Brandbeanspruchung		4.20
4.7	Ausblick		4.25
5	Untersuchung und Risikobetrachtung der bauweissenspezifischen Eigenschaften von Gebäuden und Bauteilen in Holzbauweise	VHT	5.1
5.1	Grundlagen der Risikobewertung		5.1
5.2	Risikobetrachtungen zu Bauteilen in BA-Bauweise		5.7
5.3	Ansätze zur bauordnungsrechtlichen Definition von BA-Bauteilen		5.8
5.4	Vergleich von Bauteilen der Bauweisen A/AB/B mit BA-Bauteilen		5.10
5.5	Betrachtungen zu den Risiken und Gefahrenpotentialen von "BA"-Bauteilen		5.12
5.5.1	Eintrag von Brandlasten durch die Tragkonstruktion		5.12

5.5.2	Beteiligung an der Rauchgasentwicklung und an Pyrolyseprodukten		5.15
5.5.3	Gefahr von Nachentzündungen und Glutnestern		5.18
5.5.4	Kontaminität und Haltbarkeit von Duftstoffen		5.20
5.6	Betrachtung zu den holzbauweisenspezifischen Risikofaktoren		5.21
5.6.1	Entwurf und Beschreibung des Modellgebäudes		5.22
5.6.2	Beschreibung der Bauteilaufbauten		5.32
5.6.3	Ermittlung der nutzungsspezifischen Brandlasten		5.54
5.6.4	Vergleich der resultierenden Brandlasten		5.58
6	Auswertung von durchgeführten Bauteilversuchen	IBMB	6.1
6.1	Vorgehensweise bei der Auswertung		6.1
6.2	Vergleich unterschiedlicher Wandkonstruktionen		6.1
6.3	Vergleich unterschiedlicher Deckenkonstruktionen		6.6
6.4	Zusammenfassende Bewertung		6.11
7	Lösungsansätze für die Ausbildung mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise		7.1
7.1	Konzept einer Musterrichtlinie für mehrgeschossige Holzbauwerke (MMH)	VHT	7.1
7.1.1	Definition der Gebäudeklassen		7.2
7.1.2	Begriffe und Anforderungen		7.3
7.1.3	Aufenthaltsräume		7.5
7.1.4	Brandwände		7.5
7.1.5	Notwendige Treppen		7.11
7.1.6	Treppenräume		7.11
7.1.7	Rettungswege		7.11
7.1.8	Allgemein zugängliche Flure		7.11
7.1.9	Außenwände		7.12
7.1.10	Feuerschutztüren in Holzständerwänden		7.12
7.1.11	Kabel- und Rohabschottungen in Holzständerwänden		7.13
7.1.12	Rauchgasmelder		7.15
7.2	Darstellung der notwendigen experimentellen Untersuchungen (Stufe 2)	iBMB	7.17
7.2.1	Bisher fehlende Verwendbarkeitsnachweise		7.17
7.2.2	Versuchsplan und -kosten		7.17
7.3	Klärung der globalen Risikofaktoren durch Naturbrandversuche		7.20
8	Zusammenfassung	VHT/iBMB	8.1
9	Wissenschaftlicher Ausblick internationaler Forschung	VHT/iBMB	9.1
10	Literaturhinweise		
Anhang	Entwurf und Beschreibung des Brandversuchshauses	IBMB	A.1

"Es gibt nichts schwierigeres in die Hand zu nehmen, nichts gefährlicheres durchzuführen, nichts unsicheres in Bezug auf den Erfolg, als die Einführung einer neuen Ordnung der Dinge, weil Innovation all diejenigen zum Feind hat, welche unter den alten Bedingungen erfolgreich waren und überzeugte Verteidiger unter denjenigen findet, welche unter den neuen Bedingungen erfolgreich sein können"
Machiavelli, 15.Jhdt.

1 Einleitung

Ökologische und ökonomische Zwänge führen zum Weiterdenken. Das Bauen mit Holz ist ein maßgeblicher Hoffnungsträger für ein künftiges ökologisches und ökonomisches Bauen - auch im mehrgeschossigen und verdichteten Wohnungsbau. Dem stehen jedoch derzeit die bauordnungsrechtlichen brandschutztechnischen Anforderungen entgegen.

Die Einschätzung eines real vorhandenen brandschutztechnischen Risikos von mehrgeschossigen Holzhäusern erfordert probabilistisch abgesicherte Aussagen zur Eintrittswahrscheinlichkeit eines oder mehrerer Schäden und zu den Schadensausmaßen, welche in Deutschland nur unzureichend vorhanden sind. Dies schlägt sich in den divergierenden bauordnungsrechtlichen Anforderungen nieder. Internationale Erfahrungen und Untersuchungsergebnisse zu bewerten und mögliche Übertragbarkeiten bzw. Transferblockaden (z.B. Abweichungen hinsichtlich des Sicherheitsniveaus, kulturell-architektonischer Grundrißanforderungen, bauweisenspezifischer Ausbildungen, wirtschaftlich-politischer Zielsetzungen, Nutzerverhalten, ökologischer Anforderungen usw.) aufzuzeigen ist ein Bestandteil der Untersuchungen.

Auf Grundlage der Musterbauordnung (MBO 6-96) sowie der Mustersonderrichtlinien und -verordnungen wird eine Standortbestimmung für die bauordnungsrechtlichen Anforderungen mehrgeschossiger Holzhäuser durchgeführt. Bei erforderlichen Abweichungen von den bauordnungsrechtlichen Anforderungen werden, bei Einhaltung des vorhandenen Sicherheitsniveaus, Lösungsansätze aufgezeigt.

Neben konstruktiven und bauweisenspezifischen Maßnahmen liegt ein Schwerpunkt in der Betrachtung der bisher bauordnungsrechtlich unberücksichtigten Bauteilklassifikation "BA". Anhand eines mehrgeschossigen Modellgebäudes in Holzbauweise sollen die verschiedenen systemimmanenten brandschutztechnischen Eigenschaften aufgezeigt und in einer Risikobetrachtung bewertet werden.

Abschließend werden offene Fragestellungen und nicht ausreichend abgesicherte Ergebnisse herausgestellt und die notwendigen theoretischen und experimentellen Untersuchungsaufgaben zur Klärung von Bewertungsunsicherheiten, mit deren konkreten Arbeitsinhalten (z.B. Normbrand- bzw. Naturbrandversuchen) aufgezeigt.

Ziel des Vorhabens ist es, eine Bewertungsgrundlage für einen Richtlinienentwurf für mehrgeschossige Holzhäuser ergänzend und bauartbezogen zu den Bauordnungen zu ermöglichen.

2 Begriffe und Anwendungsbereiche

Für die Errichtung von Holzhäusern gibt es unterschiedliche Konstruktions- bzw. Tragwerksausbildungen (Holzbauweisen), die alle auf eine technisch einwandfreie Realisierung von Gebäuden unterschiedlicher Nutzungsart abzielen. Eine Gliederung der für den Wohnungsbau relevanten Holzbauweisen zeigt Abb. 2-1. Die verschiedenen Holzbauweisen unterscheiden sich im Konstruktionsprinzip, in der Fertigung und in ihrem Erscheinungsbild.

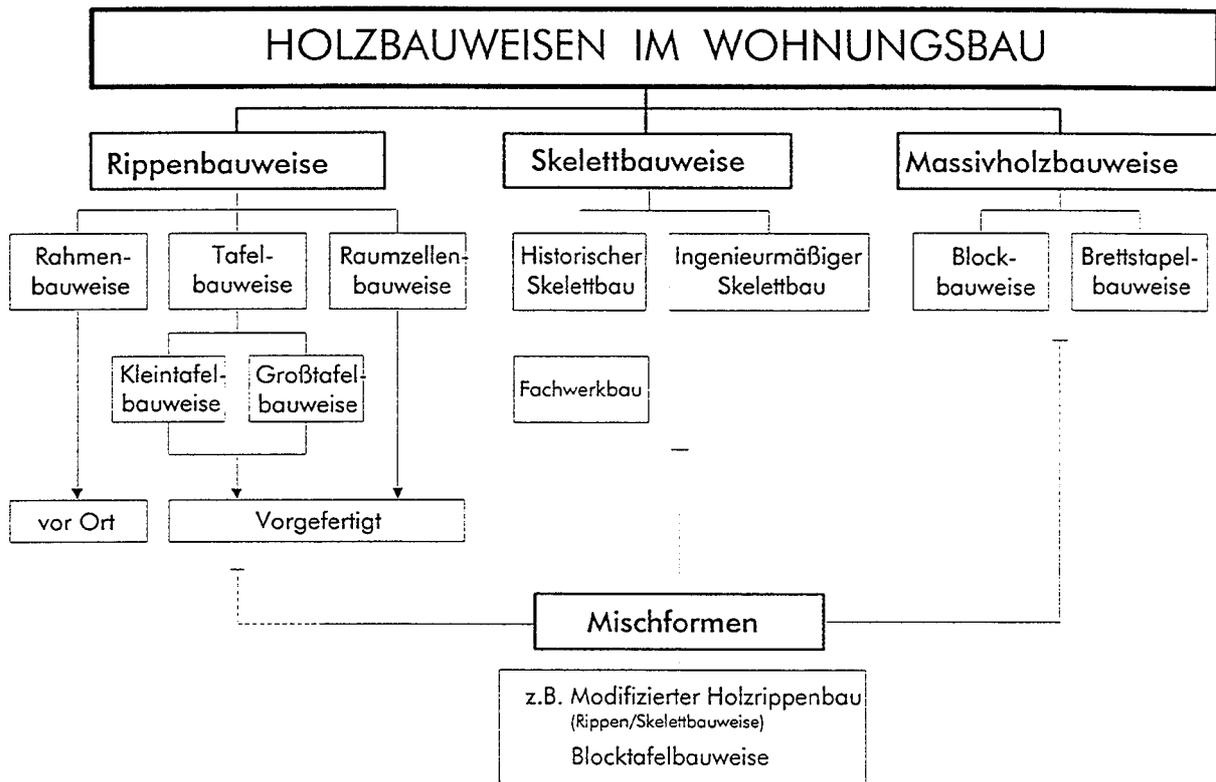


Abb. 2-1 Systematisierung der Bauweisen für den Holzhausbau

Gegenstand der Betrachtung ist maßgeblich die Holzrippenbauweise, welche den Holztafel-Holzrahmenbau subsumiert. Beide weisen im nutzungsfähigen Zustand nahezu identische brandschutztechnische Eigenschaften auf. In Abschnitt 5.6 werden auch andere Holzbauweisen (Skelettbauweise und Brettstapelbauweise) in die Betrachtung mit einbezogen.

Unter mehrgeschossigen Holzhäusern werden nachfolgend Gebäude in Holzbauweise mit mindestens 3 und mehr Vollgeschossen, in denen Aufenthaltsräume vorhanden oder möglich sind, verstanden. Verdichtete Bauweise beschreibt den Einsatzbereich von Holzhäusern mit einer erhöhten Nutzungsintensität (mehr als drei Nutzungseinheiten) und/oder einer erhöhten städtebaulichen Verdichtung mit den Anforderungen einer beidseitig geschlossenen Bebauung mit den damit verbundenen planerischen und baurechtlichen Forderungen.

Definition der Nutzungsbereiche mehrgeschossiger Holzhäuser

Die Grundlage für die Betrachtung der einzelnen planerischen, konstruktiven und baurechtlichen Randbedingungen zur Umsetzung mehrgeschossiger Holzbauwerke ist die Diskussion der baukonstruktiven und wirtschaftlich sinnvollen Nutzungs- und Einsatzbereiche. Eine Umfrage bei der Zielgruppe der Holzhaushersteller [4] sowie eine Studie über international ausgeführte Holzhäuser gibt Aufschluß über relevante Geschößzahlen in Abhängigkeit von der Nutzungsform.

Tabelle 2-1

Nutzungsform	relevante Geschößzahl	relevante Geschößzahl mit akzeptablen Zusatzmaßnahmen	
	angestrebt	GZ	Maßnahmen
○ Verdichtetes Wohnen	5	5	C, F
○ Büro- und Verwaltung	4	4	-
○ Hotel/Beherbergung	3	4	A, C, F
○ Schule	3	3	A, C
○ Kindergarten	2	2	-
○ Pflegehäuser/Altenheime	3	3	C

Die "Relevante Geschößzahl" ist die Anzahl an Vollgeschossen, in denen Aufenthaltsräume vorhanden oder möglich sind. Sie ergibt sich aus den Kriterien der Wirtschaftlichkeit und den baukonstruktiven Randbedingungen des mehrgeschossigen Holzbaus. Die relevanten Geschößzahlen (GZ) mit akzeptablen Zusatzmaßnahmen können erzielbare Geschößzahlen unter bestimmten bauordnungsrechtlichen Anforderungen sein. Diese Auflagen könnten planerische oder konstruktive Maßnahmen zur Reduzierung des Personenrisikos sein:

- A) Eindeutige und kurze Rettungswege
- B) A-Bauteile im Bereich von Fluchtwegen (z.B. massive Treppenträume)
- C) Rauchmelder/Brandmeldeanlagen
- D) bereichsweise Sprinklerung
- E) vollständige Sprinklerung
- F) Bereitstellung eines zweiten baulichen Rettungswegs (in den Varianten extern oder integrativ)

Die Zusatzmaßnahmen A-F, zur Reduzierung des Personenrisikos, wurden auf ihre Praxistauglichkeit zur Integration von Holzhäusern betrachtet. Bei den in Tabelle 2-1 angegebenen akzeptablen Zusatzmaßnahmen handelt es sich um die ökonomisch sinnvoll vertretbaren Maßnahmen unter Berücksichtigung der holzbauweisenenimmanenten Eigenschaften. Der Einfluß von Kompensationsmaßnahmen auf die Reduzierung des Personenrisikos wird im Abschnitt 5 und 7 weitergehend betrachtet.

3 Stand der bauordnungsrechtlichen Anforderungen

3.1 Allgemeines

In § 17 der Musterbauordnung werden die drei Hauptziele des Brandschutzes vorgegeben, die auch in den entsprechenden Paragraphen der verschiedenen Landesbauordnungen zu finden sind:

§ 17 Brandschutz

(1) Bauliche Anlagen müssen so beschaffen sein, 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.

Um diese Schutzziele zu erreichen, werden Anforderungen an die Brennbarkeit der Baustoffe (ausgedrückt durch die Baustoffklassen) und an die Feuerwiderstandsdauer der Bauteile (ausgedrückt durch Feuerwiderstandsklassen) gestellt.

In der Musterbauordnung und den Muster-Sonderverordnungen und -richtlinien werden zum Teil Anforderungen an Einzelbauteile gestellt, die unter konsequenter Beibehaltung der Holzbauweise nicht erfüllt werden können. Es ist jedoch fraglich, ob diese Einschränkung des Anwendungsbereichs berechtigt ist. Zur Zeit werden bereits in Einzelfällen, abweichend von den Landesbauordnungen oder den anzuwendenden Verordnungen/Richtlinien, brennbare Baustoffe gestattet, wo diese eigentlich ausgeschlossen sind. Die Paragraphen „Ausnahmen und Befreiungen“ der Bauordnungen und Richtlinien ermöglichen derartige Abweichungen von einzelnen Vorschriften, wenn entweder bestimmte Ausnahmetatbestände erfüllt sind oder wenn wegen des Brandschutzes keine Bedenken bestehen, weil die allgemeinen Schutzziele nachweislich auf andere Weise erreicht werden. Auf diesem Wege ist die Verwendung von Holz in vielen Einzelvorhaben möglich, wobei der Nachweis für die Einhaltung der allgemeinen Schutzziele nach § 17 MBO unterschiedlich geführt werden kann. Dies führt zu einer großen Unsicherheit bezogen auf die Verwendbarkeit von Holzkonstruktionen.

Um die Verwendung brennbarer Baustoffe und Bauteile bei Bauwerken unterschiedlicher Art oder Nutzung einerseits zu erleichtern, andererseits aber durch gezielte Kompensationsmaßnahmen die Schutzziele auf andere Weise zuverlässig zu erreichen, ist eine risikoorientierte Betrachtung der Holzbauweise erforderlich. Diese erfolgt im Abschnitt 3.2 auf der Grundlage der Brandschutzanforderungen für übliche Gebäude gemäß Musterbauordnung (MBO) und in Abschnitt 3.3 für Gebäude besonderer Art oder Nutzung entsprechend den vorliegenden Muster-Sonderverordnungen und -richtlinien. In allen Abschnitten wird auf Konsequenzen der bisherigen bauordnungsrechtlichen Anforderungen für die Holzbauweise und auf mögliche konstruktive Lösungen zur Überwindung von Anwendungshemmnissen hingewiesen. Detaillierter wird auf einige der angedachten risikogerechten Lösungen in Abschnitt 7.1 eingegangen.

3.2 Sachstandsbestimmung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen für mehrgeschossige Holzhäuser auf der Grundlage der Musterbauordnung

Auf der Grundlage der Musterbauordnung (MBO) wird eine Sachstandsbestimmung für die bauordnungsrechtlichen Anforderungen an mehrgeschossige Holzhäuser basierend auf den Ausarbeitungen der DGfH-Arbeitsgruppe (5) durchgeführt. Bei bestehenden Anwendungshemmnissen für die Holzbauweise werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie der Einsatz von Holzkonstruktionen unter Beibehaltung des bisherigen Sicherheitsniveaus mit Auflagen gestattet werden könnte.

3.2.1 Gebäudeklassen - Gebäude geringer Höhe

§ 2 Begriffe

(3) Gebäude geringer Höhe sind Gebäude, bei denen der Fußboden keines Geschosses, in dem Aufenthaltsräume möglich sind, an keiner Stelle mehr als 7 m über der Geländeoberfläche liegt. Hochhäuser sind Gebäude, bei denen der Fußboden mindestens eines Aufenthaltsraumes mehr als 22 m über der Geländeoberfläche liegt.

(5) Aufenthaltsräume sind Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt oder geeignet sind.

Anmerkung:

Die 7-Grenze orientiert sich an der Auszugshöhe der üblichen Feuerwehrlaternen. Bei einer Fußbodenhöhe von 7 m liegt die Brüstungshöhe der Fenster bei ca. 8 m, so daß die maximale Auszugshöhe üblicher Feuerwehrlaternen von ca. 8,2 m bereits erreicht wird.

Konsequenz aus MBO

Nach dieser Regelung fallen im allgemeinen dreigeschossige Wohngebäude noch in die Klasse „Gebäude geringer Höhe“. Denkbar wäre auch ein viertes Geschöß, sofern die Räume nach § 2 Abs. 5 nur zum vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt oder geeignet sind.

Angestrebt werden sollte, zwischen 7 und 22 m Gebäudehöhe eine weitere Unterteilung der Gebäudeklassen einzuführen. Ein Ziel kann es sein, als Grenze einer weiteren Gebäudeklasse bis zu fünf voll genutzte Geschosse anzustreben.

3.2.2 Tragende Wände, Pfeiler und Stützen

§ 25 Tragende Wände, Pfeiler und Stützen

(1) Tragende Wände, Pfeiler und Stützen sind feuerbeständig, in Gebäuden geringer Höhe mindestens feuerhemmend herzustellen. Dies gilt nicht für oberste Geschosse von Dachräumen.

Konsequenz aus MBO für Gebäude geringer Höhe

F 30-B-Konstruktionen sind zulässig.

Konsequenz aus MBO für mehrgeschossige Gebäude

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich

Für die Wände mit der Anforderung F 90-AB können Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ (Definition siehe Abschnitt 5.3) eingebaut werden, die bezüglich ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

3.2.3 Außenwände

§ 26 Außenwände

(1) Nichttragende Außenwände und nichttragende Teile tragender Außenwände sind, außer bei Gebäuden geringer Höhe, aus nichtbrennbaren Baustoffen oder mindestens feuerhemmend herzustellen.

...

Konsequenz aus MBO für Gebäude geringer Höhe

Brennbare Baustoffe (B) sind zulässig.

Konsequenz aus MBO für mehrgeschossige Gebäude

F 30-B-Konstruktionen sind zulässig.

3.2.4 Trennwände

§ 27 Trennwände

(1) Zwischen Wohnungen sowie zwischen Wohnungen und fremden Räumen sind feuerbeständige, in obersten Geschossen von Dachräumen und in Gebäuden geringer Höhe mindestens feuerhemmende Trennwände herzustellen. Bei Gebäuden mit mehr als zwei Wohnungen sind die Trennwände bis zur Rohdecke oder bis unter die Dachhaut zu führen; dies gilt auch für Trennwände zwischen Wohngebäuden und landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden sowie zwischen dem landwirtschaftlichen Betriebsteil und dem Wohnteil eines Gebäudes

Konsequenz aus MBO für Gebäude geringer Höhe

F 30-B-Konstruktionen sind zulässig.

Konsequenz aus MBO für mehrgeschossige Gebäude

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Für die Wände mit der Anforderung F 90-AB können Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ (Definition siehe Abschnitt 5.3) eingebaut werden, die bezüglich ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

3.2.5 Brandwände

§ 28 Brandwände

(1)...

Für Wohngebäude geringer Höhe mit nicht mehr als 2 Wohnungen sind abweichend von Satz 1 Nr.1 und 2 anstelle von Brandwänden feuerbeständige Wände zulässig; Wände mit brennbaren Baustoffen können gestattet werden, wenn wegen des Brandschutzes Bedenken nicht bestehen.

(3) Brandwände müssen feuerbeständig sein und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Sie dürfen bei einem Brand ihre Standsicherheit nicht verlieren und müssen die Verbreitung von Feuer auf andere Gebäude oder Gebäudeabschnitte verhindern.

Konsequenz aus MBO für Gebäude geringer Höhe

Ausschließlich für Wohngebäude geringer Höhe mit nicht mehr als 2 Wohnungen sind F 90-B-Konstruktionen möglich, und auch nur dann, wenn keine Bedenken bestehen. Ansonsten sind nur F 90-A-Konstruktionen erlaubt.

Die geforderte F 90-A-Konstruktion könnte durch eine "F 30-B/F 90-B"-Wandkonstruktion ersetzt werden, die die Anforderungen an den Feuerwiderstand, den Raumabschluß sowie die Standsicherheit ebenbürtig erfüllt (siehe Abschnitt 7.1.4). Bei dem Einsturz eines Gebäudeteils einschließlich der zugehörigen Brandwandschale bleibt der andere Teil erhalten, da die zweite Brandwandschale durch den nicht brandbeanspruchten Bereich ausgesteift wird und ihre Schutzfunktion gegenüber dem brandabgewandten Bereich erfüllt. Jede Wand für sich muß dabei so ausgelegt sein, daß sie bei Brandbeanspruchung von innen die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 30 und bei Brandbeanspruchung von außen die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 90 erfüllt. Bezogen auf die Gesamtkonstruktion wird so eine Feuerwiderstandsdauer von > 90 Minuten erreicht. Die beschriebene Konstruktion wird in einigen Landesbauordnungen unter bestimmten Randbedingungen (begrenzte Gebäudehöhe, Nutzungsart) im verdichteten Wohnungsbau bereits anstelle von Brandwänden akzeptiert.

Konsequenz aus MBO für mehrgeschossige Gebäude

Für Brandwände sind F 90-A-Konstruktionen in jedem Fall vorgeschrieben. B-Konstruktionen bleiben ausgeschlossen.

Es wäre denkbar, „Brandwände in Holzbauweise“ zu konstruieren, die sich in ihrem Aufbau an den Trockenbau-Systembrandwänden in Ständerbauweise orientieren. Die Forderung „nicht-brennbar“ könnte durch die Forderung „nichtbrennbare Bekleidungen/Bepankungen“ ersetzt werden. Konstruktive Lösungen werden in Abschnitt 7.1.4 beschrieben.

3.2.6 Decken

§ 29 Decken

(1) Decken und ihre Unterstützungen sind feuerbeständig, in Gebäuden geringer Höhe mindestens feuerhemmend herzustellen. Dies gilt nicht für oberste Geschosse von Dachräumen.

(2) Kellerdecken sind feuerbeständig, in Wohngebäuden geringer Höhe mit nicht mehr als zwei Wohnungen mindestens feuerhemmend herzustellen.

Konsequenz aus MBO für Gebäude geringer Höhe

Für normale Decken reichen F 30-B-Konstruktionen aus. Lediglich Kellerdecken müssen bei Gebäuden mit mindestens drei Wohnungen in jedem Fall aus F 90-AB-Konstruktionen bestehen.

Konsequenz aus MBO für mehrgeschossige Gebäude

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Für die Decken mit der Anforderung F 90-AB können Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ (Definition siehe Abschnitt 5.3) eingebaut werden, die bezüglich ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

3.2.7 Notwendige Treppen

§ 31 Treppen

(1) Jedes nicht zu ebener Erde liegende Geschoß und der benutzbare Dachraum eines Gebäudes müssen über mindestens eine Treppe zugänglich sein (notwendige Treppe); weitere Treppen können gefordert werden, wenn die Rettung von Menschen im Brandfall nicht auf andere Weise möglich ist. Statt notwendiger Treppen können Rampen mit flacher Neigung gestattet werden.

(4) Die tragenden Teile notwendiger Treppen müssen feuerbeständig sein. Bei Gebäuden geringer Höhe müssen sie aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen oder mindestens feuerhemmend sein; dies gilt nicht für Wohngebäude geringer Höhe mit nicht mehr als zwei Wohnungen.

Konsequenz aus MBO für Gebäude geringer Höhe

F 30-B-Konstruktionen sind zulässig.

Konsequenz aus MBO für mehrgeschossige Gebäude

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

3.2.8 Treppenraumwände

§ 32 Treppenraumwände

(7) Die Wände notwendiger Treppenräume müssen in der Bauart von Brandwänden (§ 28 Abs. 3) hergestellt sein; bei Gebäuden geringer Höhe müssen sie feuerbeständig sein. Dies gilt nicht, soweit diese Wände Außenwände sind, aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und durch andere an diese Außenwände anschließende Gebäudeteile im Brandfall nicht gefährdet werden können.

(9) Der obere Abschluß des Treppenraumes muß feuerbeständig, bei Gebäuden geringer Höhe mindestens feuerhemmend sein. Dies gilt nicht, wenn der obere Abschluß das Dach ist.

Konsequenz aus MBO für Gebäude geringer Höhe

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Für die Wände mit der Anforderung F 90-AB können Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ (Definition siehe Abschnitt 5.3) eingebaut werden, die bezüglich ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

Konsequenz aus MBO für mehrgeschossige Gebäude

Brandwände sind in jedem Fall vorgeschrieben.

Es wäre denkbar, Treppenraumwände in Brandwandqualität zu konstruieren, die sich in ihrem Aufbau an den Trockenbau-Systembrandwänden in Ständerbauweise orientieren. Die Forderung „nichtbrennbar“ könnte durch die Forderung „nichtbrennbare Bekleidungen/Beplanungen“ ersetzt werden, s.a. Abschn. 7.1.6. Bei der konstruktiven Lösung der „Systembrandwände“ ist die Integration der erforderlichen „dichtschießenden Türen“ zu berücksichtigen; dies gilt in gleicher Weise für die „F 90-BA“-Wände.

3.2.9 Notwendige Flure

§ 33 Notwendige Flure und Gänge

(2) Wände notwendiger Flure sind mindestens feuerhemmend und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen, in Gebäuden geringer Höhe mindestens feuerhemmend herzustellen. ...

(3) Wände, Decken und Brüstungen von offenen Gängen vor den Außenwänden, die die einzige Verbindung zwischen Aufenthaltsräumen und Treppenräumen herstellen, sind mindestens feuerhemmend und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen, in Gebäuden geringer Höhe mindestens feuerhemmend herzustellen.

Konsequenz aus MBO für Gebäude geringer Höhe

F 30-B-Konstruktionen reichen aus.

Konsequenz aus MBO für mehrgeschossige Gebäude

F 30-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Die F 30-AB-Konstruktionen können durch Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 30-BA“ (Definition siehe Abschnitt 5.3) ersetzt werden, die bezüglich ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

3.3 Sachstandsbestimmung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen für mehrgeschossige Holzhäuser auf der Grundlage der Muster-Sonderverordnungen und -richtlinien

Die Muster-Verordnungen und -Richtlinien für Gebäude besonderer Art oder Nutzung stellen zum Teil gegenüber der MBO verschärfte Anforderungen an bestimmte Bauteile. Die ergänzenden Bestimmungen werden nachfolgend zusammengestellt und es werden in Anlehnung an Abschnitt 3.2 Lösungsvorschläge für die Holzbauweise aufgeführt.

Betrachtet werden in diesem Zusammenhang die Muster-Verordnung über den Bau und Betrieb von Gaststätten, die Muster-Verordnung über den Bau und Betrieb von Krankenhäusern, die Bauaufsichtliche Muster-Richtlinie für Schulen, die Muster-Verordnung für Versammlungsstätten sowie die Muster-Verordnung über den Bau und Betrieb von Geschäftshäusern. Bei allen anderen Gebäuden besonderer Art und Nutzung erscheint die Verwendung von Holz wenig sinnvoll, so daß auf die entsprechenden Richtlinien und Verordnungen nicht eingegangen wird.

Bei den Verordnungen und Richtlinien wird nicht von Gebäuden geringer Höhe gesprochen. Vielfach findet lediglich die Differenzierung zwischen eingeschossigen und mehrgeschossigen Gebäuden statt. Es ist daher erforderlich, den Anwendungsbereich bei mehrgeschossigen Gebäuden durch die Festlegung einer Obergrenze einzuschränken. Diese Anwendungseinschränkung ist erforderlich, um die Schutzziele mit den im folgenden angedeuteten Maßnahmen sicher einhalten zu können. Es erscheint in der Regel sinnvoll, drei Geschosse ab Oberkante Geländeoberfläche als Grenze festzulegen (siehe Abschnitt 2).

3.3.1 Muster-Verordnung über den Bau und Betrieb von Gaststätten

3.3.1.1 Tragende Wände

§ 6 Wände

(1) Wände müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt sein. Es kann gestattet werden, daß Wände erdgeschossiger Gebäude aus mindestens normalentflammbaren Baustoffen hergestellt werden, wenn die Wände mindestens feuerhemmend sind.

(2) Tragende und aussteifende Wände und ihre Unterstützungen sind bei Gebäuden mit mehr als einem Vollgeschoß feuerbeständig herzustellen.

Konsequenz aus MGastBauVO für eingeschossige Gebäude

F 30-B-Konstruktionen sind zulässig.

Konsequenz aus MGastBauVO für Gebäude mit mehr als einem Vollgeschoß

F 90-A-Konstruktionen sind erforderlich.

Die geforderte F 90-A-Konstruktion könnte durch eine feuerbeständige "BA"-Konstruktion ersetzt werden, wenn z. B. durch eine automatische Brandmeldeanlage mit akustischen Warnsignalen eine unverzügliche Branderkennung und Evakuierung sichergestellt wird und sich damit das Personenrisiko verringert.

3.3.1.2 Trennwände

§ 6 Wände

(1) Wände müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt sein. Es kann gestattet werden, daß Wände erdgeschossiger Gebäude aus mindestens normalentflammbaren Baustoffen hergestellt werden, wenn die Wände mindestens feuerhemmend sind.

(3) Trennwände zwischen Gaststätten und Wohnungen oder betriebsfremden Räumen müssen feuerbeständig sein.

Konsequenz aus MGastBauVO für eingeschossige Gebäude

F 30-B-Konstruktionen sind zulässig.

Konsequenz aus MGastBauVO für mehrgeschossige Gebäude

F 90-A-Konstruktionen sind erforderlich.

Die geforderte F 90-A-Konstruktion könnte durch eine feuerbeständige "BA"-Konstruktion ersetzt werden, wenn z. B. durch eine automatische Brandmeldeanlage mit akustischen Warnsignalen eine unverzügliche Branderkennung und Evakuierung sichergestellt wird und sich damit das Personenrisiko verringert.

3.3.1.3 Decken

§ 7 Decken

(1) Decken müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Es kann gestattet werden, daß Decken erdgeschossiger Gebäude mit Gasträumen aus mindestens normalentflammbaren Baustoffen hergestellt werden.

(2) Decken und ihre Unterstützungen sind bei Gebäuden mit mehr als einem Vollgeschoß feuerbeständig herzustellen, wenn sich darüber noch Aufenthaltsräume befinden.

Konsequenz aus MGastBauVO für eingeschossige Gebäude

Brennbare Baustoffe sind zulässig.

Konsequenz aus MGastBauVO für mehrgeschossige Gebäude

F 90-A-Konstruktionen sind erforderlich.

Die geforderte F 90-A-Konstruktion könnte durch eine feuerbeständige "BA"-Konstruktion ersetzt werden, wenn z. B. durch eine automatische Brandmeldeanlage mit akustischen Warnsignalen eine unverzügliche Branderkennung und Evakuierung sichergestellt wird und sich damit das Personenrisiko verringert.

3.3.1.4 Flure

§ 11 Flure

(2) Wände von Fluren sind mindestens feuerhemmend herzustellen.

§ 8 Wand- und Deckenverkleidungen

(3) In Fluren müssen Wand- und Deckenverkleidungen einschließlich der Unterkonstruktionen, Halterungen und Befestigungen sowie Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

Konsequenz aus MGastBauVO

F 30-A- bzw. F 30-B-Konstruktionen mit nichtbrennbarer Bekleidung sind möglich.

3.3.2 Muster-Verordnung über den Bau und Betrieb von Krankenhäusern

3.3.2.1 Tragende Wände

§ 7 Wände

(1) Tragende und aussteifende Wände und ihre Unterstützungen (Unterzüge) sowie Pfeiler und Stützen sind in Gebäuden mit mehr als einem Vollgeschoß feuerbeständig herzustellen. Wände mit brennbaren Baustoffen können gestattet werden, wenn der Feuerwiderstand dieser Wände mindestens dem feuerbeständiger Wände entspricht und Bedenken wegen des Brandschutzes nicht bestehen.

(2) Tragende und aussteifende Wände und ihre Unterstützungen (Unterzüge) sowie Pfeiler und Stützen sind in eingeschossigen Gebäuden mindestens feuerhemmend aus nichtbrennbaren Baustoffen herzustellen.

Konsequenz aus MKhBauVO für eingeschossige Gebäude

F 30-A-Konstruktionen sind erforderlich.

Ein vergleichbarer Schutz kann in Holzbauweise gewährleistet werden, wenn die Wände eine höhere Feuerwiderstandsdauer und nichtbrennbare Oberflächen aufweisen. Angestrebt werden „F 60-BA“-Konstruktionen.

Konsequenz aus MKhBauVO für mehrgeschossige Gebäude

F 90-A-Konstruktionen sind erforderlich.

Die geforderte F 90-A-Konstruktion könnte durch eine feuerbeständige "BA"-Konstruktion ersetzt werden, wenn z. B. durch eine automatische Brandmeldeanlage mit akustischen Warnsignalen eine unverzügliche Branderkennung und Evakuierung sichergestellt wird und sich damit das Personenrisiko verringert.

3.3.2.2 Trennwände

§ 7 Wände

(3) Wohnungen und andere fremd genutzte Räume müssen von Räumen, die zum Betrieb des Krankenhauses gehören, durch feuerbeständige Wände ohne Öffnungen getrennt sein. Eine Verbindung über Schleusen mit mindestens feuerhemmenden und selbstschließenden Türen oder über Treppenträume kann gestattet werden, wenn die Nutzung es erfordert.

Konsequenz aus MkhBauVO

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Für Wände mit der Anforderung F 90-AB können Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ eingebaut werden, die bzgl. ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

3.3.2.3 Außenwände

§ 7 Wände

(4) Nichttragende Außenwände von Gebäuden mit mehr als einem Vollgeschoß sind aus nichtbrennbaren Baustoffen oder in feuerhemmender Bauart herzustellen.

§ 9 Wand- und Deckenverkleidungen

(1) Außenwandverkleidungen einschließlich ihrer Halterungen und Befestigungen sowie Dämmschichten müssen bei Gebäuden mit mehr als einem Geschoß aus mindestens schwerentflammenden Baustoffen, bei Gebäuden mit mehr als fünf Vollgeschossen aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt werden.

Konsequenz aus MKhBauVO für mehrgeschossige Gebäude

F 30-B-Konstruktionen sind zulässig mit Außenwandbekleidungen gemäß § 9 Abs. 1.

3.3.2.4 Decken

§ 7 Decken

(1) Decken in Gebäuden mit mehr als einem Vollgeschoß sind feuerbeständig herzustellen.

(2) Decken in eingeschossigen Gebäuden sind mindestens feuerhemmend aus nichtbrennbaren Baustoffen herzustellen.

Konsequenz aus MKhBauVO für eingeschossige Gebäude

F 30-A-Konstruktionen sind erforderlich.

Ein vergleichbarer Schutz kann in Holzbauweise gewährleistet werden, wenn die Wände eine höhere Feuerwiderstandsdauer und nichtbrennbare Oberflächen aufweisen. Angestrebt werden sollten „F 60-BA“-Konstruktionen.

Konsequenz aus MKhBauVO für mehrgeschossige Gebäude

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Für Wände mit der Anforderung F 90-AB können Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ eingebaut werden, die bzgl. ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

3.3.2.5 Flure

§ 13 Flure

(1) Allgemein zugängliche Flure müssen in Gebäuden mit mehr als einem Vollgeschoß durch mindestens feuerhemmende Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen gegen andere Räume abgetrennt sein.

(2) Allgemein zugängliche Flure dürfen in eingeschossigen Gebäuden auch durch Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen von anderen Räumen getrennt sein.

Konsequenz aus MKhBauVO für eingeschossige Gebäude

Nichtbrennbare Baustoffe (A) sind erforderlich.

Ein vergleichbarer Schutz in Holzbauweise kann mit „F 30-BA“-Wänden gewährleistet werden.

Konsequenz aus MKhBauVO für mehrgeschossige Gebäude

F 30-A-Konstruktionen sind erforderlich.

Ein vergleichbarer Schutz kann in Holzbauweise gewährleistet werden, wenn die Wände eine höhere Feuerwiderstandsdauer und nichtbrennbare Oberflächen aufweisen. Angestrebt werden „F 60-BA“-Konstruktionen.

3.3.2.6 Treppen

§ 14 Treppen und Rampen

(1) Notwendige Treppen müssen feuerbeständig und an ihrer unteren Seite geschlossen sein.

Konsequenz aus MKhBauVO

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

3.3.3 Bauaufsichtliche Muster-Richtlinie für Schulen

3.3.3.1 Wände

3.1 Wände

3.1.1 Tragende und aussteifende Wände, ihre Unterstützungen (Unterzüge) sowie Pfeiler und Stützen sind in Gebäuden mit mehr als zwei Vollgeschossen mindestens feuerbeständig herzustellen.

3.1.2 Tragende und aussteifende Wände, ihre Unterstützungen (Unterzüge) sowie Pfeiler und Stützen sind in Gebäuden mit zwei Vollgeschossen mindestens feuerhemmend aus nicht-brennbaren Baustoffen herzustellen. Bei Gebäuden mit einer Grundfläche von nicht mehr als 300 m² genügt eine feuerhemmende Bauart auch aus brennbaren Baustoffen.

3.1.3 Tragende und aussteifende Wände, ihre Unterstützungen (Unterzüge) sowie Pfeiler und Stützen in eingeschossigen Gebäuden sind mindestens feuerhemmend herzustellen, wenn die Rettungswege bis zum Freien mehr als 15 m, bei Sporthallen mehr als 25 m lang sind.

Konsequenz aus MBASchulR für eingeschossige Gebäude

F 30-B -Konstruktionen sind möglich.

Konsequenz aus MBASchulR für Gebäude mit 2 Vollgeschossen

F 30-A-Konstruktionen sind erforderlich bzw. F 30-B bei kleinen Gebäuden. In einzelnen Bundesländern ist F 30-AB vorgeschrieben.

Ein vergleichbarer Schutz kann in Holzbauweise gewährleistet werden, wenn die Wände eine höhere Feuerwiderstandsdauer und nichtbrennbare Oberflächen aufweisen. Angestrebt werden „F 60-BA“-Konstruktionen, bei zwei Vollgeschossen „F 30-BA“.

Konsequenz aus MBASchulR für Gebäude mit 3 Vollgeschossen

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Für Wände mit der Anforderung F 90-AB können Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ eingebaut werden, die bzgl. ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

3.3.3.2 Decken

3.2 Decken

3.2.1 Decken sind in Gebäuden mit mehr als zwei Vollgeschossen feuerbeständig herzustellen.

3.2.2 Decken in Gebäuden mit zwei Vollgeschossen sind mindestens feuerhemmend aus nichtbrennbaren Baustoffen herzustellen. Bei Gebäuden mit einer Grundfläche von nicht mehr als 300 m² genügt eine feuerhemmende Bauart auch aus brennbaren Baustoffen.

3.2.3 Decken in eingeschossigen Gebäuden sind mindestens feuerhemmend herzustellen, wenn die Rettungswege bis zum Freien mehr als 15 m, bei Sporthallen mehr als 25 m lang sind.

Konsequenz aus MBASchulR für eingeschossige Gebäude

F 30-B -Konstruktionen sind möglich.

Konsequenz aus MBASchulR für Gebäude mit 2 Vollgeschossen

F 30-A-Konstruktionen sind erforderlich bzw. F 30-B bei kleinen Gebäuden.

Ein vergleichbarer Schutz kann in Holzbauweise gewährleistet werden, wenn die Wände eine höhere Feuerwiderstandsdauer und nichtbrennbare Oberflächen aufweisen. Angestrebt werden „F 60-BA“-Konstruktionen, bei zwei Vollgeschossen „F 30-BA“.

Konsequenz aus MBASchulR für Gebäude mit 3 Vollgeschossen

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Für Wände mit der Anforderung F 90-AB können Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ eingebaut werden, die bzgl. ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

3.3.3.3 Flure

3.8 Flure

3.8.1 Allgemein zugängliche Flure, die als Rettungswege dienen, müssen in Gebäuden mit mehr als zwei Vollgeschossen und mit zwei Vollgeschossen, deren Geschoßfläche mehr als 1600 m² beträgt, durch mindestens feuerhemmende Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen von anderen Räumen getrennt sein.

3.8.2 Allgemein zugängliche Flure, die als Rettungswege dienen, dürfen in Gebäuden bis zu zwei Vollgeschossen, deren Gesamtgeschoßfläche nicht mehr als 1600 m² beträgt, durch Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen oder in feuerhemmender Bauart von anderen Räumen getrennt sein.

3.8.3 Allgemein zugängliche Flure, die als Rettungswege dienen, dürfen in eingeschossigen Gebäuden, wenn die Rettungswege bis zum Freien nicht mehr als 15 m, bei Sporthallen nicht mehr als 25 m lang sind, durch Bauteile aus mindestens normalentflammenden Baustoffen von anderen Räumen getrennt sein.

Konsequenz aus MBASchulR für eingeschossige Gebäude

B-Konstruktionen sind zulässig.

Konsequenz aus MBASchulR für Gebäude mit bis zu 2 Vollgeschossen, deren Grundfläche nicht mehr als 1600 m² beträgt

F 30-B-Konstruktionen sind zulässig.

Konsequenz aus MBASchulR für Gebäude mit 3 Vollgeschossen und mit 2 Vollgeschossen, deren Geschoßfläche mehr als 1600 m² beträgt

F 30-A-Konstruktionen sind erforderlich.

Ein vergleichbarer Schutz kann in Holzbauweise gewährleistet werden, wenn die Wände eine höhere Feuerwiderstandsdauer und nichtbrennbare Oberflächen aufweisen. Angestrebt werden „F 60-BA“-Konstruktionen.

3.3.4 Muster-Verordnung über den Bau und Betrieb von Verkaufsstätten**3.3.4.1 Tragende Wände, Pfeiler und Stützen****§ 3 Tragende Wände, Pfeiler und Stützen**

Tragende Wände, Pfeiler und Stützen müssen feuerbeständig, bei erdgeschossigen Verkaufsstätten ohne Sprinkleranlagen mindestens feuerhemmend sein. Dies gilt nicht für erdgeschossige Verkaufsstätten mit Sprinkleranlagen.

Konsequenz aus MVkVO für erdgeschossige Gebäude

F 30-B-Konstruktionen sind zulässig.

Konsequenz aus MVkVO für mehrgeschossige Gebäude

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Für Wände mit der Anforderung F 90-AB können Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ eingebaut werden, die bzgl. ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

3.3.4.2 Trennwände**§ 5 Trennwände**

(1) Trennwände zwischen einer Verkaufsstätte und Räumen, die nicht zur Verkaufsstätte gehören, müssen feuerbeständig sein und dürfen keine Öffnungen haben.

Konsequenz aus MVkVO

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Für Wände mit der Anforderung F 90-AB könnten Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ eingebaut werden, die bzgl. ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

3.3.4.3 Decken

§ 7 Decken

(1) Decken müssen feuerbeständig sein und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Sie brauchen nur

- 1. feuerhemmend zu sein und aus nichtbrennbaren Baustoffen zu bestehen in erdgeschossigen Verkaufsstätten ohne Sprinkleranlagen,*
- 2. aus nichtbrennbaren Baustoffen zu bestehen in erdgeschossigen Verkaufsstätten mit Sprinkleranlagen.*

Für die Beurteilung der Feuerwiderstandsdauer bleiben abgehängte Unterdecken außer Betracht.

Konsequenz aus MVkVO für erdgeschossige Gebäude

F 30-A-Konstruktionen bzw. nichtbrennbare Baustoffe sind erforderlich.

Ein vergleichbarer Schutz kann in Holzbauweise gewährleistet werden, wenn die Wände eine höhere Feuerwiderstandsdauer und nichtbrennbare Oberflächen aufweisen. Angestrebt werden „F 60-BA“-Konstruktionen.

Konsequenz aus MVkVO für mehrgeschossige Gebäude

F 90-A-Konstruktionen sind erforderlich.

Die geforderte F 90-A-Konstruktion könnte bei Verkaufsstätten mit Sprinklerung durch eine feuerbeständige „BA“-Konstruktion ersetzt werden. Ist keine Sprinklerung vorhanden, muß in jedem Fall zusätzlich durch eine automatische Brandmeldeanlage mit akustischen Warnsignalen das Personenrisiko verringert werden.

3.3.5 Muster-Verordnung für Versammlungsstätten

3.3.5.1 Wände

§ 16 Wände

(1) Wände müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt sein.

(2) Wände von Versammlungsräumen und Fluren müssen, soweit sie Trennwände sind, feuerbeständig sein.

(3) Es kann gestattet werden, daß Wände erdgeschossiger Gebäude mit Versammlungsräumen aus brennbaren Baustoffen hergestellt werden, wenn die Wände mindestens feuerhemmend sind.

Konsequenz aus MVStättVO für erdgeschossige Gebäude

F 30-B-Konstruktionen sind zulässig.

Konsequenz aus MVStättVO für mehrgeschossige Gebäude

F 90-A-Konstruktionen sind erforderlich.

Die geforderte F 90-A-Konstruktion könnte durch eine feuerbeständige „BA“-Konstruktion ersetzt werden, wenn durch eine automatische Brandmeldeanlage mit akustischen Warnsignalen das Personenrisiko verringert wird.

3.3.5.2 Decken

§ 17 Decken und Tragwerke

(1) Decken über und unter Fluren und Treppen, Decken zwischen Versammlungsräumen sowie Decken zwischen Versammlungsräumen und anderen Räumen müssen feuerbeständig sein; alle anderen Decken sind mindestens feuerhemmend und in ihren tragenden Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen herzustellen. ...

Konsequenz aus der MVStättVO

F 90-AB-Konstruktionen und F 30-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Für Wände mit der Anforderung F 90-AB könnten Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ eingebaut werden, die bzgl. ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind. Analog kann bei F 30-AB-Konstruktionen verfahren werden.

3.3.5.3 Tragende Bauteile

§ 17 Decken und Tragwerke

(2) Tragende Bauteile von Rängen, Emporen, Galerien, Balkonen und ähnlichen Anlagen müssen feuerbeständig sein. ...

Konsequenz aus MVStättVO

F 90-AB-Konstruktionen sind erforderlich.

Für Wände mit der Anforderung F 90-AB könnten Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „F 90-BA“ eingebaut werden, die bzgl. ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

3.4 Zusammenfassende Bewertung

Es wurde versucht, für die Gebäudeklassen gemäß MBO und für die Sondernutzungen durch Interpretation der bauordnungsrechtlichen Brandschutzanforderungen zu möglichst realistischen Risikoabschätzungen zu kommen. Nach den Bauordnungen bedeutet Brandschutz in erster Linie Schutz des Lebens und der Gesundheit von Mensch und Tier und erst in zweiter Linie Sachschutz. Die bauaufsichtlichen Brandschutzanforderungen sind dementsprechend auch primär nach den unterschiedlichen Voraussetzungen für den Personenschutz abgestuft. Im Hinblick auf die Personenrettung spielt die von der Gebäudehöhe abhängige Anleiterbarkeit - zur Bereitstellung eines zweiten Rettungsweges - eine große Rolle. Bei Gebäuden geringer Höhe darf der Fußboden keines Geschosses, in dem Aufenthaltsräume möglich sind, mehr als 7 m über der Geländeoberfläche liegen. Die 7 m-Grenze orientiert sich an der Auszugshöhe üblicher Feuerwehroleitern von ca. 8,2 m. Nach dieser Regelung fallen im allgemeinen dreigeschossige Wohngebäude noch in die Klasse „Gebäude geringer Höhe“. Denkbar wäre auch ein viertes Geschoss, sofern die Räume nach § 2 Abs. 5 nur zum vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt oder geeignet sind.

Bei Gebäuden geringer Höhe wird die Gefährdung der mit den örtlichen Verhältnissen vertrauten Bewohnern als gering und die Möglichkeit zur Flucht und Rettung als gut eingeschätzt. Daher sind die Anforderungen hier gering. F 30-B-Konstruktionen reichen in der Regel aus. Lediglich für die Treppenhauswände werden F 90-AB-Konstruktionen gefordert. Der Einsatz von Holzkonstruktionen ist daher überwiegend möglich. Bei Gebäuden, die nicht mehr in die Kategorie Gebäude geringer Höhe eingeordnet werden können, werden die Anforderungen für den Holzbau restriktiver. Gefordert werden F 90-AB-Konstruktionen für tragende Wände, Pfeiler und Stützen, Trennwände, Decken und notwendige Treppen. Hier ist der Einsatz der Regelkonstruktionen der Holzhäuser, bestehend aus einer Holztragkonstruktion und einer nichtbrennbaren Bekleidung aus z. B. Gipsbauplatten, zur Zeit nicht möglich. Inwiefern dennoch ohne Beeinträchtigung des Schutzzieles Holzkonstruktionen zugelassen werden können, bedarf einer eingehenden Betrachtung der einzelnen Bauteile und der an sie gestellten Anforderungen. Vorausgesetzt werden dabei immer Gebäude mit höchstens bis zu fünf voll genutzten Geschossen, was derzeit konstruktiv sinnvoll erscheint.

Aufgrund der erhöhten Risikosituation (späte Brandentdeckung, Weiterbrennen nach Erlöschen eines Primärbrandes und erschwerte Brandbekämpfung) ergibt sich, daß Bauteile von Kellergeschossen im allgemeinen nicht in Holzbauweise ausgeführt werden sollten. Es wäre aber denkbar, „BA“-Bauteile zu akzeptieren, wenn durch Zusatzmaßnahmen wie Löschanlagen die Weiterentwicklung eines Primärbrandes verhindert würde.

Die Anforderung, tragende Wände und Stützen feuerbeständig herzustellen, soll die Standsicherheit des Gebäudes gewährleisten. Doch auch eine Holztragkonstruktion mit nichtbrennbarer Bekleidung kann problemlos eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten erreichen. Durch die Bekleidung mit nichtbrennbaren Baustoffen wird zudem die Brandausbreitung über die Oberfläche verhindert. Hier liegt daher sogar ein Vorteil gegenüber AB-Bauteile, bei denen eine brennbare Bekleidung denkbar wäre. Die F 90-BA-Bauteile sind daher bezüglich ihres Risikopotentials gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen.

Die höheren Anforderungen für Treppenräume und Treppen ergeben sich aus der erforderlichen Verkehrssicherheit bzw. Nutzbarkeit der notwendigen Rettungs- und Löschangriffswege. Darüber hinaus soll verhindert werden, daß z. B. durch offenstehende Wohnungstüren eine Brandausbreitung in den Treppenraum erfolgt. Durch die geforderte Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten wird eine ausreichende Standsicherheit gewährleistet, unabhängig davon, ob eine brennbare oder nichtbrennbare Tragkonstruktion verwendet wird. Nichtbrennbare Bekleidungen verhindern bei „BA“-Bauteilen zudem die Brandausbreitung über die Oberflächen, so daß auch hier „BA“-Bauteile gleichwertig mit AB-Konstruktionen sind.

Eine Brandwand muß den Brandübertrag auf andere Brandabschnitte mit Sicherheit verhindern. Es werden daher nicht nur Anforderungen an die Temperaturbeanspruchbarkeit, sondern auch an die mechanische Beanspruchbarkeit gestellt. Zur Zeit sind Wandkonstruktionen

in Holzbauweise hier nicht zulässig, da einerseits keine entsprechenden Nachweise vorliegen und andererseits brennbare Bestandteile in Brandwänden generell nicht zulässig sind. Anstelle von Brandwänden werden in einigen Landesbauordnungen unter bestimmten Randbedingungen aber Gebäudeabschlußwände als Doppelwände mit brennbaren Baustoffen („F 30-B/F 90-B“-Wandkonstruktionen) zugelassen. Diese Brandwand-Ersatzwände sind in der Lage, die gleiche Schutzfunktion wie Brandwände zu erfüllen. Ebenso wäre es denkbar, daß die geforderte Brandwandfunktion auch von einer Wand mit brennbarer Tragkonstruktion und einer Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen, die der Stoßbeanspruchung nach DIN 4102 Teil 3 standhält, erfüllt wird. Derartige Konstruktionen existieren zur Zeit noch nicht, in Abschnitt 7.1.6 werden jedoch mögliche Lösungen beschrieben.

Auch an Trennwände zwischen Wohnungen werden erhöhte Anforderungen gestellt. Diese sollen die Trennung von Einheiten bei Temperaturbeanspruchung ohne mechanische Beanspruchung gewährleisten. Es ist auch hier möglich, dieses Schutzziel mit „BA“-Konstruktionen anstelle der geforderten AB-Konstruktionen zu erfüllen.

Für Gebäude nach den Muster-Verordnungen oder -Richtlinien gelten in der Regel verschärfte Anforderungen. Zusätzlich zu den Bewertungen nach MBO besteht hier je nach Art und Nutzung eine spezielle Risikosituation. In den Verordnungen und Richtlinien findet die Gebäudeklasse „Gebäude geringer Höhe“ keine Anwendung. Unterschieden werden eingeschossige und mehrgeschossige Gebäude. Als realistische Obergrenze für mehrgeschossige Gebäude gelten drei Geschosse ab Oberkante Geländeoberfläche.

In der Gaststättenverordnung wird der Risikosituation, die durch die Ansammlung vieler mit den Örtlichkeiten nicht vertrauter Personen entsteht, durch erhöhte Anforderungen an die Wände und Decken Rechnung getragen. Generell werden hier nichtbrennbare Baustoffe für mehrgeschossige Gebäude gefordert. Tragende Wände, Trennwände und Decken, über denen sich noch ein Vollgeschoß befindet, sind zudem feuerbeständig herzustellen. Die geforderten F 90-A-Bauteile könnten durch „F 90-BA“-Bauteile ersetzt werden, wenn z. B. durch eine automatische Brandmeldeanlage mit akustischen Warnsignalen eine unverzügliche Branderkennung und Evakuierung sichergestellt oder das Personenrisiko durch einen 2. baulichen Rettungsweg deutlich verringert wird.

In der Krankenhausverordnung muß dem Umstand Rechnung getragen werden, daß die Benutzer häufig nicht oder eingeschränkt gehfähig sind und daher kaum oder gar nicht in der Lage sind, sich selbst in Sicherheit zu bringen. Für tragende Wände und Decken wird eine F 30-A-Konstruktion bereits für eingeschossige Gebäude gefordert. Ein vergleichbarer Schutz kann durch F 60-BA“-Konstruktionen erreicht werden. Die Forderung F 90-A für mehrgeschossige Gebäude kann wie bei der Gaststättenverordnung, durch Bauteile der Feuerwiderstandsklasse „BA“ erfüllt werden, wenn z. B. durch eine automatische Brandmeldeanlage mit akustischen Warnsignalen eine unverzügliche Branderkennung und Evakuierung sichergestellt oder das Personenrisiko durch einen 2. baulichen Rettungsweg deutlich verringert wird.

In Schulen versammeln sich regelmäßig viele Menschen, die jedoch in der Regel mit den Örtlichkeiten vertraut sind. Für Wände und Decken in Gebäuden mit zwei Vollgeschossen über 300 m² Grundfläche werden daher F 30-A-Konstruktionen gefordert. Diese sind ebenso für Flure in Gebäuden mit mehr als 2 Geschossen erforderlich. Ein vergleichbarer Schutz in Holzbauweise kann F 60-BA“-Konstruktionen gewährleistet werden. Durch eine längere Feuerwiderstandsdauer und nichtbrennbare Bekleidungen sind diese Bauteile F 30-A-Konstruktionen gleichwertig einzustufen, da einerseits die Standsicherheit über die längere Feuerwiderstandsdauer gewährleistet wird und andererseits die Brandweiterleitung über brennbare Oberflächen ausgeschlossen ist. Für Gebäude mit drei Geschossen wird für Wände und Decken eine feuerbeständige Konstruktion gefordert. Diese kann auch hier durch eine „F 90-BA“-Konstruktion ersetzt werden.

Die Anforderungen der Verkaufsstättenverordnung sind darauf ausgelegt, daß die Verkaufsstätten von vielen ortsunkundigen Personen besucht werden und daß durch die Verkaufs-

ware eine große Brandlast mit sehr unterschiedlichem Brandverhalten vorhanden ist. Tragende und aussteifende Wände, Pfeiler und Stützen mehrgeschossiger Gebäude sowie Trennwände sind daher feuerbeständig herzustellen. Decken müssen feuerbeständig mit nichtbrennbaren Baustoffen sein. Die geforderten F 90-A-Konstruktionen könnten bei Verkaufsstätten mit Sprinklerung durch „F 90-BA“-Konstruktionen ersetzt werden. Bei Gebäuden ohne Sprinklerung muß in jedem Fall zusätzlich durch eine automatische Brandmeldeanlage mit akustischen Warnsignalen das Personenrisiko verringert werden.

Bei Versammlungsstätten begründen sich die erhöhten Anforderungen durch die Ansammlung vieler ortsunkundiger Personen. Für mehrgeschossige Gebäude sind daher F 90-A-Konstruktionen für die Wände gefordert. Diese können nur durch eine feuerbeständige „BA“-Konstruktion ersetzt werden, wenn durch eine automatische Brandmeldeanlage mit akustischen Warnsignalen das Personenrisiko verringert wird. Decken und tragende Bauteile müssen feuerbeständig ausgeführt werden. Hier können auch „F 90-BA“-Konstruktionen eingesetzt werden, da diese aus den bereits genannten Gründen gegenüber einer AB-Konstruktion mindestens ebenbürtig einzustufen sind.

Die Verwendbarkeit von Holzkonstruktionen bei mehrgeschossigen Gebäuden sollte eindeutig geregelt werden. Voraussetzung für alle Vorschläge ist, daß zur Reduzierung des Personenrisikos der 2. Rettungsweg als baulicher Rettungsweg bis mindestens zur Anleiterbarkeit sichergestellt wird. Unter dieser Bedingung ist es möglich, allgemeine Forderungen zu stellen, die die Einschränkungen gegenüber Holzkonstruktionen aufheben.

Generell sollte es zulässig sein, AB-Konstruktionen durch „BA“-Konstruktionen zu ersetzen. Die Feuerwiderstandsdauer entspricht sich und durch die nichtbrennbare Bekleidung wird die Brandweiterleitung über die Oberflächen unterbunden. Bezüglich ihres Risikopotentials sind „BA“-Konstruktionen gegenüber AB-Konstruktionen daher mindestens ebenbürtig einzustufen.

Des weiteren sollten „F 60-BA“-Konstruktionen F 30-A-Konstruktionen ersetzen können, da sie problemlos das gleiche Schutzziel erreichen.

F 90-A-Konstruktionen sollten durch „F 90-BA“-Konstruktionen ersetzt werden können, wenn z. B. zusätzlich eine Brandmeldeanlage installiert wird, wodurch sich das Personenrisiko verringert. Auch hier wird das mit der A-Konstruktion angestrebte Schutzziel mit der Holzkonstruktion ebenso zuverlässig erreicht.

Es stellt sich sogar die Frage, ob künftig nicht auch Brandwände in Holzbauweise erstellt werden können. Brennbare Konstruktionen sollten dann zulässig sein, wenn ihre Feuerwiderstandsklasse mindestens „F 90-BA“ beträgt und sie den Anforderungen der Brandwandprüfung nach DIN 4102 Teil 3 voll genügen.

Es wird deutlich, daß die Verwendung von Holzkonstruktionen das Sicherheitsniveau des Brandschutzes durchaus nicht einschränken muß. Vielfach wird in der Diskussion die Zulässigkeit von Holzkonstruktionen mit einer Abminderung der Feuerwiderstandsdauer von 90 auf 60 Minuten verknüpft. Dies sollte nicht den Eindruck erwecken, daß der Einsatz von Holzkonstruktionen nur bei abgeminderten Anforderungen möglich wäre. Es eröffnet sich vielmehr die Chance, über die Hintergründe der bisherigen Anforderungen nachzudenken. Vielfach wird auch die Verknüpfung von Feuerwiderstandsdauer und Brennbarkeit der Baustoffe kritisiert. Anzustreben wäre beispielsweise für alle tragenden, aussteifenden Wände, generell aus statischer Sicht F 90 unabhängig vom Baustoff zu fordern. Bei Fluren hingegen, wo vorrangig die Brandweiterleitung über die Oberfläche eine Rolle spielt, würde die Anforderung nichtbrennbare Oberfläche ausreichen. Bei diesen logisch nachvollziehbaren Anforderungen würde sich eine „AB“-„BA“-Diskussion erübrigen. In diesem Rahmen soll gleichzeitig der Frage nachgegangen werden, ob nicht mittelfristig eine differenziertere Abstufung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen nach F 90/F 60/F 30 risikogerechter und volkswirtschaftlich sinnvoller ist (siehe hierzu auch Abschnitt 7.1).

4 Zusammenstellung und Bewertung internationaler Untersuchungen

4.1 Überblick

Im Rahmen einer Arbeit von W. Becker und K. Pettersen [6] wurden 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 sollten Aufschluß über das Brandverhalten von Decken in Abhängigkeit von der Bekleidung und Dämmung geben. Obwohl für Deutschland untypische Träger mit Plattenstegen verwendet wurden, liefern die Prüfungen einige interessante Ergebnisse. Die japanischen Brandversuche beschränkten sich nicht auf Bauteile, sondern es wurde das Brandverhalten eines mehrgeschossigen Gebäudes untersucht. Die von K. Pettersen bearbeiteten japanischen Versuchsberichte und Videoaufnahmen über die Brandversuche in den Jahren 1987 und 1991 in Tsukuba/Japan verdeutlichen die Unterschiede zwischen den Bauteilversuchen und dem Brandverhalten der Gesamtkonstruktion.

Von der Versuchsanstalt für Holz- und Trockenbau (VHT) wurden die kanadischen Versuche nochmals detaillierter nach konstruktiven Gesichtspunkten analysiert. Außerdem wurden neuere Naturbrandversuche in Schweden sowie theoretisch-probabilistische Bauteilanalysen an Holzkonstruktionen aus Australien ausgewertet. Die folgenden Abschnitte enthalten jeweils kurze Zusammenfassungen der Untersuchungsberichte sowie eine Bewertung der Ergebnisse in bezug auf die Zielsetzung dieser Studie.

4.2 Kanadische Normbrandversuche an Holzständerwänden für Wohnhäuser und kleine gewerbliche Gebäude

Einführung

Die Feuerwiderstandsklassen vieler beispielhafter Holzbaukonstruktionen, die traditionell beim Bau von kanadischen Wohnhäusern und kleinen Gewerbegebäuden verwendet werden, sind fortlaufend in jeder Ausgabe des National Building Code of Canada (NBCC) seit 1965 veröffentlicht. Obwohl einige Bauteilaufbauten und Feuerwiderstandsklassen in den letzten Jahren aktualisiert wurden, sind seit 1965 maßgebende Weiterentwicklungen von Holzbauteilen nicht mehr berücksichtigt worden. Deshalb entschied sich 1992 die kanadische Kommission für Gebäude - und Brandschutzrichtlinien jede Feuerwiderstandsklasse zu streichen, die nach der Ausgabe des NBCC von 1965 nicht durch aktuelle Daten erfaßt werden konnte. Die Gründe dafür sind folgende:

- Baumaterialien, Konstruktionsprinzipien und Ausführungsgrundlagen haben sich seit 1965 wesentlich verändert. Folglich könnten sich die Feuerwiderstandsklassen der Bauteile, die mit neuen Baustoffen oder unter Verwendung moderner Ausführungstechniken (z.B. maschinelle Vorfertigung) entstehen, verändert haben.
- Viele der Versuchsergebnisse (Untersuchungsberichte), auf denen die ursprünglichen Feuerwiderstandsklassen basierten, sind nicht mehr vorhanden und somit die Beurteilungsgrundlagen nicht mehr nachvollziehbar.
- Spezielle Abläufe bei den Testmethoden, die zur Feststellung des Feuerwiderstands bei Gebäudekonstruktionen angewandt wurden, haben sich in den letzten 40 Jahren grundlegend verbessert. Folglich müssen Feuerwiderstandsklassen, die in den 60er Jahren festgelegt wurden, in den 90ern keine Berechtigung mehr haben.
- 1991 wurde die kanadische Norm für Gipskartonplatten CAN/CSA-A82.27 überarbeitet. Ein Aspekt der Überarbeitung betraf die Streichung der Anforderungen an die

Mindestrohddichte für Gipskartonplatten. Die Änderungen der kanadischen Norm wurde in Einklang mit dem amerikanischen Gegenstück gebracht. Da mit der Reduktion der Plattenrohddichte auch eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften der Gipskartonplatten einhergeht, bestand die Befürchtung der Baubehörden, daß die Eigenschaften, die die traditionelle Gipskartonplatte besitzt, nicht mehr länger aufrecht erhalten werden könnten. Auf den physikalischen Grundlagen basierend, wird eine begrenzte Reduktion der Rohddichte von Gipskartonplatten die thermischen Eigenschaften nicht sonderlich verändern (thermische Leitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität). Die gleiche Dichtereduzierung kann jedoch die Plattensteifigkeit, Biegesteifigkeit, Bruch und Durchzugsfestigkeit (Schraubenkopf-Durchzugswiderstand) beeinträchtigen und den "Schrumpfungsgrad" der Platten bei Brandbeanspruchung erhöhen. Jede Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften von Gipskartonplatten kann die Globaleigenschaften des Verbundgefüges von tragenden Holzständerwänden gefährden. Während sich die Feuerwiderstandsklasse einer nichttragenden Holzrahmenbauwand, die mit einer Gipskartonplatte geringerer Rohddichte beplankt ist, voraussichtlich nicht verändert, könnte sich die Feuerwiderstandsklasse einer tragenden oder aussteifenden Wand deutlich verringern.

Kanadische Architekten, Brandschutzingenieure und Baubehörden betrachten die Klassifikation des Feuerwiderstands der Baukonstruktionen als ein wesentliches Merkmal des Baugesetzes. Deshalb führte der National Research Council Canada (NRCC) in Zusammenarbeit mit Industrie- und Regierungspartnern gegen Ende 1992 ein Forschungsprogramm zur Bestimmung neuer Feuerwiderstandsklassen für Gipskartonplatten und unterstützte Holzständer- und Metallständerwände durch. Die Industriepartner schlossen alle betroffenen Industriezweige mit ein (Hersteller von Gipskartonplatten, Glaswolle, Stein- und Zellulosefaserdämmung, Metallprofile und Holzprodukte). Canada Mortgage and Housing Corporation, Canadian Home Builders Association, NRC's und Canadian Code Centre waren ebenfalls an diesem Projekt beteiligt.

Die Ergebnisse des Forschungsprogramms erlaubten der kanadischen Kommission für Bau- und Brandschutzgesetze (CCBFC), die Feuerwiderstandsklassen der annähernd 90 verschiedenen Entwürfe von Holzständerwänden mit Gipskartonplattenbeplankung, in der Ausgabe von NBCC von 1995, zu veröffentlichen. Diese Feuerwiderstandsklassen wurden nach dem Nordamerikanischen Modell von 30 Minuten bis zu 2 Stunden eingeteilt. Nachfolgend wird beschrieben, wie die Feuerwiderstandsklassen aus dem Forschungsprogramm abgeleitet wurden.

Versuchsprogramm

Feuerbeständigkeitstests wurden an 14 Holzständer- und 8 Metallständerwänden gemäß *CAN/ULC-S101-M89 - Normmethoden für Feuerbeständigkeitstests von Baukonstruktionen und -materialien* durchgeführt. Diese Testmethode stimmt technisch mit den *ASTM E 119 - Normtestmethoden für Brandversuche an Baukonstruktion und -materialien* überein. 13 der Holzständerwände waren tragende Konstruktionen. Alle Metallständerwände und eine der Holzständerwände waren nichttragende Konstruktionen.

Alle Materialien, die bei den Konstruktionen verwendet wurden (Gipskartonplatten, Dämmstoffe, Ständer, Befestigungsmittel etc.) stimmen mit den kanadischen Baustoff-Produktnormen überein.

Befestigungsmethoden der Gipskartonplatten an jede Konstruktion (Dimensionierung der Befestigungsmittel und Befestigungsmittelabstände, Befestigung von Federschienen etc.) stimmen mit den Mindestanforderungen des CAN/CSA-A82.31 "Konstruktionen mit Gipskartonplatten" überein.

Versuchsergebnisse

Alle Ergebnisse der Feuerbeständigkeitstests sind beim NRC erhältlich. Tabelle 4.1-1 faßt einige Ergebnisse des Berichtes zusammen.

Während der Brandversuche an tragenden Wänden wurden diese mit der erlaubten Höchstlast pro Ständer belastet, wie es gemäß der CAN/CSA-O86.1-M89 vorgeschrieben ist. Die Höchstbelastung bei Wänden mit einem Ständerabstand von 600 mm ist um 33% geringer als bei einem Ständerabstand von 400 mm. Die Belastung je Ständer ist bei beiden Wandtypen identisch. Da tragende Holzständerwände gewöhnlich bei Brandbeanspruchung aufgrund mangelnder struktureller Stabilität versagen (Knicken), kann davon ausgegangen werden, daß die Feuerwiderstandsklassen der Wände mit einem Ständerabstand von 400 mm denen mit 600 mm entsprechen werden. Ebenso kann davon ausgegangen werden, daß die Feuerwiderstandsklassen für tragende Wände, die mit Ständermaßen von 2" by 6" (38 x 140 mm²) ausgeführt werden und bis zu ihrer maximalen Beanspruchbarkeit belastet werden, mit denen gleichzusetzten sind, die unter zulässiger Maximalbeanspruchung Ständermaße von 2" by 4" (38 x 89 mm²) aufweisen.

Obwohl in der kanadischen Norm nicht festgelegt, wird CAN/CSA-O86 so ausgelegt, daß die ermittelten Feuerwiderstandsklassen für Holztafelwände gelten, welche nur auf einer Seite mit Gipskartonplatten zur Knickausteiung in der schwachen Achse beplankt sind. Folglich beziehen sich die o.g. Angaben auch auf Doppelständerwände mit gegenüberliegenden oder versetzten, einseitig beplankten Ständern. Deshalb kann angenommen werden, daß die Feuerwiderstandsklassen für tragende, versetzt angeordnete Ständer gleich denen für tragende Wände mit einseitiger Beplankung sind. Voraussetzung ist, daß die Art der Befestigung und der Dämmstoff im Hohlraum für beide Konstruktionen gleich sind. Weiterhin ist bekannt, daß der Feuerwiderstand nichttragender Holzständerwände nicht geringer ist, als der von nichttragenden Metallständerwänden gleicher Bauweise.

Für die Übertragbarkeit auf andere Bauteilaufbauten zeigt sich, daß der Feuerwiderstand für tragende und nichttragende Holzständerwände mit geeignetem Dämmmaterial im Hohlraum ($d \geq 35$ mm, standfest, fugenlos, Schmelzpunkt $\geq 900^\circ\text{C}$) nicht geringer, sondern eher etwas größer ist als der Feuerwiderstand von Wänden ohne Dämmstoff im Wandhohlraum.

Wird eine einzelne Lage Gipskartonplatten mittels akustischen Schienen (resilient channels \approx Federschienen) auf Wänden befestigt, entstehen zwischen der raumabschließenden Platte und dem Dämmstoff und dem Holzständer ein 12,7 mm tiefer Hohlraum (Typ A) sowie ungeschützte (nicht hinterfütterte) Fugen und Verbindungsmittel. Da sich diese Hohlräume über die ganze Wand erstrecken können, wird die Entzündung der Randbereiche der Holzständer in der Wand und die Ausbreitung von Wärme, Rauch und des Feuers über die ganze Wandfläche beschleunigt. Werden jedoch mehrere Schichten von Gipskartonplatten an der Wand befestigt, ist es ein üblicher Vorgang, die Fugen und Verbindungsmittelreihen in jeder Schicht versetzt anzuordnen, damit keine durchgehenden Fugen in der Wandebene auftreten können. Folglich gibt es keine Reduktion der Feuerbeständigkeit von Wänden, wenn mehrere Lagen von Gipskartonplatten an den Ständern mittels Federschienen befestigt werden.

CAN/CSA-A82.27 fordert den Typ X feuerbeständiger Gipskartonplatten für den folgenden minimalen Feuerwiderstand:

„Eine Stunde für eine Platte mit einer Dicke von 15,9 mm bei einlagiger Beplankung auf jeder Seite der nichttragenden galvanisierten Metallständer, die mit 25 mm langen Schnellbauschrauben im Abstand von 200 mm entlang der Ecken und Enden befestigt werden"

Bei diesen Untersuchungen wurde herausgefunden, daß die Feuerwiderstandsdauer von nichttragenden Metallständerwänden mit einer Schicht von 15,9 mm dicken Typ X-Gipskartonplatten auf jeder Seite nur 52 Minuten betrug. Die Befestigungsart der Gipskartonplatten an die Konstruktion (Befestigungsmittelgröße und -abstand) lehnt sich an die baulichen Mindestanforderungen an. Der NBCC erlaubt, daß Gipskartonplatten unter Verwendung von Trockenbauschrauben im Abstand von 300 mm entlang der Kanten und Enden befestigt werden können. Die Konsequenz der Versuchsergebnisse sind konstruktive Anforderungen an die Verbindungsmittelart, Verbindungsmittelgröße und Verbindungsmittelabstand in Abhängigkeit des Plattenwerkstoffes. Vorteilhaft verhalten sich Klammerverbindungen, deren Klammerrücken verspachtelt ist. Dadurch lassen sich die Feuerwiderstandsdauern bei den 15,9 mm dicken Typ X-Gipskartonplatten um ca. 8-12 Minuten erhöhen.

Anhang D-2.3 der NBCC beinhaltet eine einfache Kalkulationsweise, allgemein bekannt als Komponenten-Additive-Methode, um Holz- und Metallständerwände, -decken und -dächer in die Feuerwiderstandsklasse von 90 Minuten einzuordnen. Bei Anwendung der Komponenten-Additive Methode zur Berechnung von Feuerwiderstandsklassen bei Ständerwänden, wird eine Zeitdauer (in min.) für die dem Feuer zugewandte raumabschließende Beplankung, ein Maß für die Standfestigkeit der Unterkonstruktion und ein Zeitglied für alle zusätzlichen Schutzmaßnahmen wie z.B. in den Hohlraum eingelegte Dämm- oder Plattenwerkstoffe zusammenaddiert. Zeitkennwerte, die den Membranen der feuerzugewandten Seite (raumabschließende Bauteilschicht) in der Komponenten-Additiven Methode zugeordnet werden, basieren auf der in Brandversuchen ermittelten Standfestigkeit und sind in Ihrem Sicherheitsniveau als konservativ zu betrachten. Das Verfahren der Komponenten-Additiven Ermittlung des Feuerwiderstandes entspricht dem Ansatz ENV 19951-2, Anhang C

In der Ausgabe des NBC-Codes von 1990 wird einer 12,5 mm dicken Gipskartonplatte (Typ GKB) eine Additiv-Dauer von 15 Minuten zugewiesen. In der neu durchgeführten Testreihe tritt das früheste Versagen (Flammendurchtritt oder Rückseitentemperatur $\geq 400^{\circ}\text{C}$) für die verwendeten 12,5 mm dicken Gipskartonplatten des Werktyps GKB nach ca. 18 Minuten ein. Der statistische Mittelwert liegt bei 22 Minuten.

In der Ausgabe der NBCC von 1990 betrug die einer zweilagigen Beplankung aus Gipskartonplatten (GKB) der Dicke je 12,5 mm zugewiesene Zeit 40 Minuten. Der sich aus den Versuchen ergebende unterste Versagenszeitpunkt der doppelagigen Bekleidungsebene (GKB) liegt bei ebenfalls 40 Minuten. Der statistische Mittelwert liegt bei 51 Minuten.

In der Neuausgabe der NBCC von 1995 beträgt die Widerstandszeit von einer 15,9 mm Feuerschutz-Gipskartonplatte der X (GKF) 40 Minuten. Bei den Tests lag der unterste Versagenszeitpunkt der Platten bei ca. 42 Minuten. Weiterhin ist im NBCC von 1995 einer einlagigen Beplankung aus Feuerschutz-Gipskartonplatten (GKF) der Dicke 12,5 mm eine Zeit von 25 Minuten zugewiesen. Bei den Versuchen lag der unterste Versagenszeitpunkt der 12,5 mm dicken Bekleidungen des Werktyps GKF bei 31 Minuten. Der statistische Mittelwert ergibt sich zu 36 Minuten.

Der NBCC fordert in Abhängigkeit von Gebäudegröße, Konstruktion und Funktion der Holzständerwände Feuerwiderstandsklassen von 45 Minuten, 1 Stunde, 1,5 Stunden und bei bestimmten Einsatzbereichen auch höher.

Nachfolgend werden einige der Feuerwiderstandsdauern für Holzständerwände, die aus diesem Testprogramm stammen, zusammengefaßt.

Tabelle 4.2-1

Aufbau Einfachständerwände, Doppelständerwände	Feuerwiderstandsdauer nach NBCC	
	tragend	nichttragend
2 x 15,9 mm Typ X (GKF) Gipskartonplatten im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf jeder Seite (ohne Dämmstoff)	1,5 Std.	2 Std.
2 x 12,7 mm Typ X (GKF) Gipskartonplatten im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf jeder Seite	1 Std.	1,5 Std.
2 x 15,9 mm Typ X Gipskartonplatten im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf einer Seite und 1 x 15,9 mm Typ X Gipskartonplatten auf der anderen Seite (ohne Dämmstoff)	1 Std.	1,5 Std.
1 x 15,9 mm Typ X (GKF) Gipskartonplatten im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf jeder Seite (ohne Dämmstoff)	1 Std.	1 Std.
2 x 12,7 mm "regular" (GKB) Gipskartonplatten im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf jeder Seite (ohne Dämmstoff)	45 Min.	1 Std.
2 x 12,5 mm Typ X Gipskartonplatten im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf einer Seite und 1 x 12,5 mm Typ X Gipskartonplatten auf der anderen Seite (ohne Dämmstoff)	45 Min.	1 Std.
1 x 12,7 mm Typ X (GKF) Gipskartonplatten im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf jeder Seite (ohne Dämmstoff, ¹⁾ Steinwolle, 89 mm/2,8 kg/m ²)	45 Min./1 Std. ¹⁾	45 Min./1 Std. ¹⁾
1 x 12,7 mm "regular" (GKB) Gipskartonplatten im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf jeder Seite (ohne Dämmstoff, ¹⁾ Steinwolle, 89 mm/2,8 kg/m ²)	30 Min.	30 Min./45 Min. ¹⁾
2 x 15,9 mm Typ X Gipskartonplatten mit Akustikschienen (Federschienen) im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf einer Seite und 2 x 15,9 mm Typ X Gipskartonplatten direkt beplankt auf der anderen Seite	1,5 Std.	2 Std.
2 x 12,7 mm Typ X Gipskartonplatten mit Akustikschienen (Federschienen) im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf einer Seite und 2 x 12,7 mm Typ X Gipskartonplatten direkt beplankt auf der anderen Seite	1 Std.	1,5 Std.
2 x 12,7 mm Typ X Gipskartonplatten mit Akustikschienen (Federschienen) im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf einer Seite und 1 x 12,7 mm Typ X Gipskartonplatten auf der anderen Seite	45 Min. / 1 Std. ¹⁾	1 Std.
1 x 12,7 mm Typ X Gipskartonplatten mit Akustikschienen (Federschienen) im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf einer Seite und 2 x 12,7 mm Typ X Gipskartonplatten direkt beplankt auf der anderen Seite	45 Min.	1 Std.
1 x 15,9 mm Typ X Gipskartonplatten mit Akustikschienen (Federschienen) im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf einer Seite und 1 x 15,9 mm Typ X Gipskartonplatten direkt beplankt auf der anderen Seite	45 Min.	1 Std.
1 x 12,7 mm Typ X Gipskartonplatten mit Akustikschienen (Federschienen) im Abstand von 400 mm oder 600 mm auf einer Seite und 1 x 12,7 mm Typ X Gipskartonplatten direkt beplankt auf der anderen Seite	45 Min.	45 Min.

Tabelle: 4.2-2 Exemplarische Aufstellung der Ergebnisse der Brandversuche des NRC, Kanada

Unter- konstruk- tion	Ständer- abstand (mm.o.c.)	Gipskarton- plattentyp	Plattendicke (mm)	Plattenschichten (fire-side/ ambient-side)	Dämmstoff	Resilient/Metal/ Channels	Tragende/ Nichttragende	Brandbeanspr. bis Versagen (Minuten)	Versagensart/ Kriterium
Holz	400	regular (GKB)	12.7	1 x 1	-	-	tragend	33	strukturell
Holz	400	regular (GKB)	12.7	2 x 2	-	-	tragend	53	strukturell
Stahl	600	regular (GKB)	12.7	2 x 2	-	-	nichttragend	63	Temperatur
Holz	600	regular (GKB)	12.7	2 x 2	-	-	nichttragend	65	Temperatur
Stahl	600	Typ X (GKF)	15.9	1 x 1	-	-	nichttragend	52	Temperatur
Stahl	600	Typ X (GKF)	12.7	1 x 2	-	-	nichttragend	65	Temperatur
Holz	400	Typ X (GKF)	12.7	1 x 2	Glaswolle	fire-side	tragend	51	strukturell
Stahl	600	Typ X (GKF)	12.7	1 x 2	Glaswolle	-	nichttragend	65	Temperatur
Stahl	600	Typ X (GKF)	12.7	1 x 2	Steinwolle ^a	-	nichttragend	100	Temperatur
Stahl	600	Typ X (GKF)	12.7	1 x 2	Zellulosefaser	-	nichttragend	62	Temperatur
Holz	400	Typ X (GKF)	12.7	1 x 2	Steinwolle	fire-side	tragend	52	strukturell
Holz	400	Typ X (GKF)	12.7	1 x 2	Zellulosefaser	ambient-side	tragend	56	strukturell
Holz	400	Typ X (GKF)	15.9	1 x 2	Glaswolle	fire-side	tragend	52	strukturell
Holz	400	Typ X (GKF)	15.9	1 x 2	Glaswolle	fire-side	tragend	51	strukturell
Holz	400 ^b	Typ X (GKF)	12.7	1 x 2	Glaswolle	-	tragend	51	strukturell
Holz	400 ^c	Typ X (GKF)	15.9	1 x 1	Glaswolle	-	tragend	59	strukturell
Holz	400	Typ X (GKF)	12.7	1 x 1	Steinwolle	ambient-side	tragend	58	strukturell
Holz	400	Typ X (GKF)	12.7	2 x 2	Glaswolle	fire-side	tragend	79	strukturell

a) 61.5 mm Steinwolle-Dämmplatten, 89 mm/2,8 kg/m²

b) Staggered-stud wall

c) Double-stud wall, 25 mm Abstand der gegenüberliegenden Ständer

Schlußfolgerung

In dem gemeinsamen Forschungsvorhaben der kanadischen Industrie und der Bundesregierung wurden Ergebnisse für die Entwicklung und bauordnungsrechtliche Umsetzung von neuen Feuerwiderstandsklassen für Holzständerwände mit Gipskartonplattenbeplankung erzielt. Zum einen die brandschutztechnische Klassifizierung, der exemplarisch genannten Konstruktionsausführungen, die mit zugelassenen Baumaterialien und nach Anforderungen der modernen Konstruktionsausführungen (Konstruktionskatalog des Canadian Wood Council) gebaut werden. Zusätzlich haben die Versuchsergebnisse die Vielzahl der Ausführungsveränderungen aufgezeigt, welche die brandschutztechnischen Eigenschaften von Holzständerwänden beeinflussen.

Die verschiedenen Aufbauten, die auszugsweise zur ergänzenden Darstellung internationaler Forschungsaktivitäten in diesem Bericht beschrieben wurden, sind ausgewählt worden, um die Bandbreite der ggf. auch für Deutschland relevanten Konstruktionen darzustellen.

Die 1995 veröffentlichte Ausgabe des kanadischen Baugesetzes beinhaltet Beispiele für annähernd 90 Holzständerwände, weitere werden derzeit theoretisch (Abschnitt 4.2) und experimentell untersucht. Weiterhin soll mir dem Forschungsvorhaben für die nordamerikanischen Planer, Ausführenden und Hersteller die Möglichkeit geschaffen werden, unter Anerkennung der spezifischen Testergebnisse des NRC Forschungsprogramms, auf einzelne Bauvorhaben abgestimmte neue Aufbauten für Holzständerwände selbst zu wählen, unter Wahrung des im NBCC definierten Sicherheitsniveaus. Somit sind auch Konstruktionsaufbauten außerhalb der Norm möglich. Baufirmen können Wandausbildungen nach den gesetzlichen Anforderungen selbst entwickeln, um so Materialkosten zu minimieren und einfachere Konstruktionen zu wählen. Folglich werden nur einige der vorgegebenen Wandentwürfe bei neuen Bauvorhaben zur Anwendung kommen. Jedoch werden dadurch Planer und Firmen spezielle Wandausbildungen verwenden können, um den besonderen Bedürfnissen von Sanierungs- und Industriebaumaßnahmen gerecht zu werden, wann immer sie dafür neue Konstruktionen benötigen.

Die Ergebnisse der kanadischen Bauteilversuche zeigen, daß Holzständerwände ohne Probleme die Feuerwiderstandsklasse von Metallständerwänden erreichen können. Hier wurde sogar in der Regel eine etwas höhere Feuerwiderstandsdauer ermittelt. Ausschlaggebend für die Feuerwiderstandsdauer der Konstruktionen ist in jedem Fall die Anzahl der Bekleidungslagen. Eine doppellagige Bekleidung kann eine Verbesserung um mehr als 50% bewirken.

Entscheidend für das Brandverhalten ist die Anbringung der Bekleidung. Wenn die Bekleidungslagen nicht direkt am Tragwerk befestigt werden, sondern beispielsweise eine Feder-schiene dazwischen angeordnet wird, können heiße Gase durch die Fugen der Bekleidung dringen und die "ungeschützte" Tragkonstruktion gefährden. Auch das Dämmmaterial hat einen Einfluß auf die Feuerwiderstandsdauer. Die Versuche verdeutlichen, daß Steinwolle mit hohen Schmelzpunkten (< 850 °C) die Feuerwiderstandsdauer verbessern kann, während Glaswolle und Zellulosefaserdämmstoffe geringer Rohdichte sich nicht positiv auswirken. Da in Kanada keine Anforderungen an das Einbauverfahren sowie die Rohdichte gestellt werden, sind diese Ergebnisse nicht auf Deutschland übertragbar. So weisen eingeblasene Zellulosefaserdämmstoffe, die gegen Herausfallen aus dem Gefach gesichert sind, eine deutliche Verbesserung der Feuerwiderstandsdauer in Ständerwänden auf.

4.3 Norwegische Normbrandversuche an Holzbalkendecken

Versuchsprogramm

In Norwegen wurde das Brandverhalten von sechs verschiedenen Deckenaufbauten untersucht. Die Versuche sollten Aufschluß über die Feuerwiderstandsdauer in Abhängigkeit von der Bekleidung und Dämmung geben.

Die Deckenaufbauten bestanden aus Trägern mit Plattenstegen mit einer Höhe von 300 mm, s.a. Abbildung 4.3-1. Die verleimten I-Träger hatten einen Steg aus 10 mm Spanplatte und Flansche aus Fichtenvollholz (48 mm*48 mm). Die Stegträger wurden mit 15 mm Gipsbauplatten bekleidet (12,5 kg/m²). Diese wurden in jeder Lage gestoßen. Die innere Lage wurde quer zum Trägerverlauf angebracht und die äußere längs. Zwischen dem Plattenstegträger und der Bekleidung wurden Federschiene (25 mm) in 400 mm-Abständen angeordnet. Die Dämmung bestand entweder aus Steinwolle (30 kg/m³) oder aus Glaswolle (17 kg/m³).

Die Probekörper wurden in einem gasbefeuchteten Ofen geprüft, s. Abbildung 4.3.2.

Bei den Versuchen wurden das Dämmmaterial, die Anzahl der Bekleidungslagen, die Brandlast und die Öffnungsrate variiert, s. Tabelle 4.3-1. Bei Versuch 3 und 4 wurden die Flansche des Plattenstegträgers direkt mit Gipsbauplatten bekleidet, was einer dritten Bekleidungslage entsprechen würde. Die Brandlast von 170 MJ/m² wird in Schweden für Wohnungen mit 2 Räumen und Küche angenommen. Die Öffnungsrate von 0,04 m^{1/2} entspricht der typischen Fenstergröße. Die Versuche 5 und 6 wurden mit erhöhter Brandlast und einer Öffnungsrate von 0,12 m^{1/2} durchgeführt, um die Verhältnisse in einem Brandabschnitt mit holzverkleideten Wänden und einer guten Wärmedämmung zu simulieren.

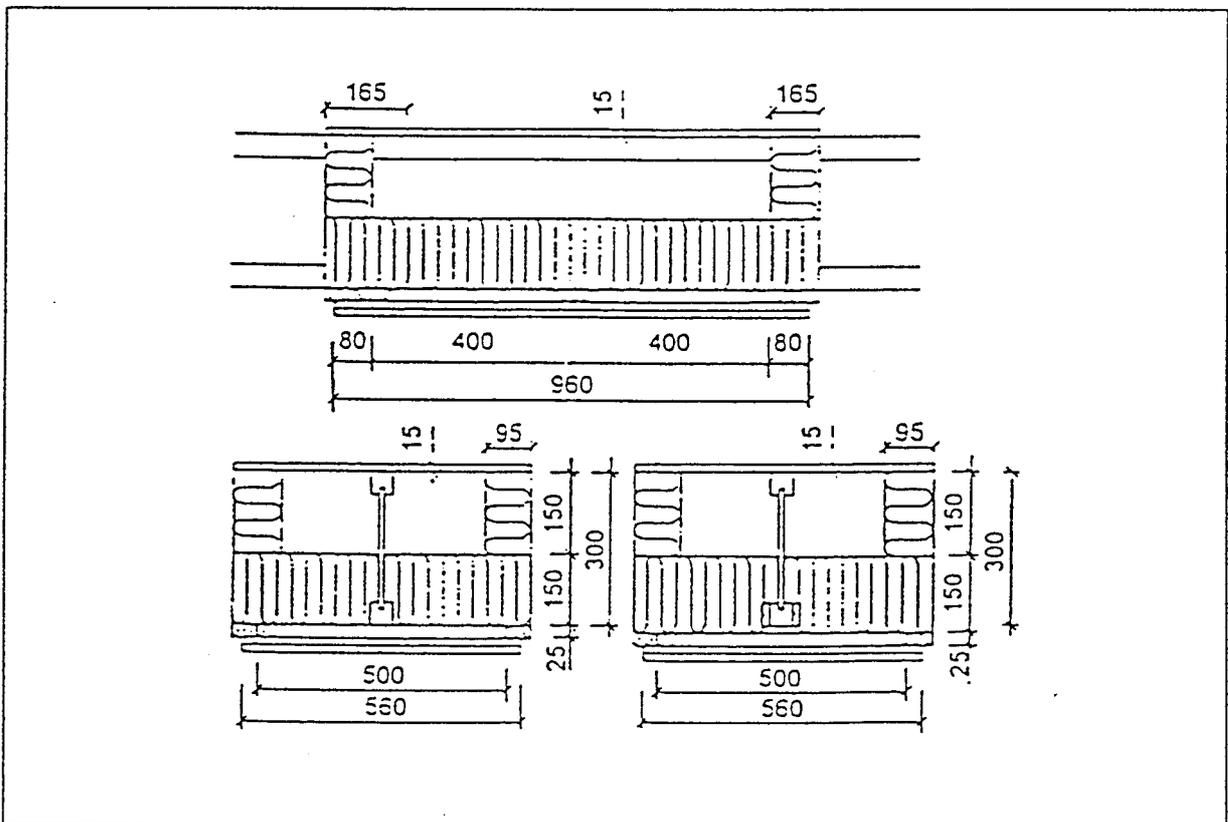


Abb. 4.3-1: Darstellung der Konstruktion

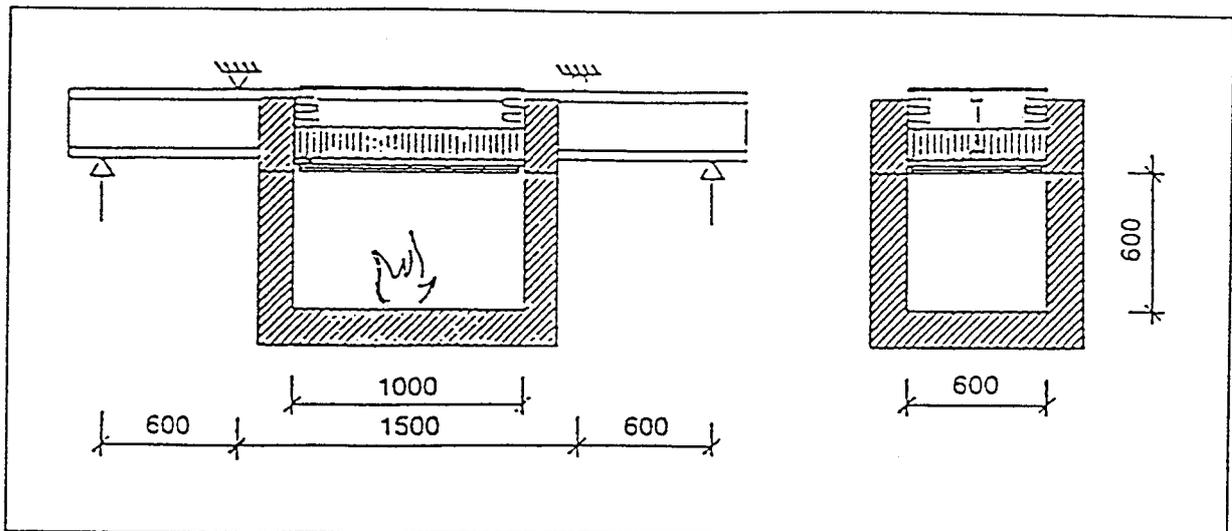


Abb. 4.3-2: Versuchsaufbau

Tabelle 4.3-1: Probenkörperaufbau

	Dämmung	Bekleidungs-lagen	Brandlast q_f (MJ/m ²)	Öffnungsrate O (m ^{0,5})
1	Steinwolle	2	170	0,04
2	Glaswolle	2	170	0,04
3	Steinwolle	2+1	170	0,04
4	Glaswolle	2+1	170	0,04
5	Glaswolle	2+1	510	0,12
6	Steinwolle	2	510	0,12

Versuchsergebnisse

Die Temperaturzeitverläufe sollen hier nicht im einzelnen dargestellt werden. Einen Überblick über die gemessenen Temperaturen an den einzelnen Bekleidungs-lagen gibt Tabelle 4.3-2.

Tabelle 4.3-2: Ergebnisse

	Lage 1		Lage 2		Lage 3		Versagen
	300°C	500°C	300°C	500°C	300°C	500°C	
	min		min		min		
1	30	75	60	77	-	-	115
2	30	68	62	76	-	-	90
3	30	68	62	86	80	-	nicht eingetreten
4	29	60	60	-	75	-	nicht eingetreten
5	25	38	50	56	55	-	nicht eingetreten
6	25	35	52	56	-	-	77

Bei den Versuchen 1 und 2 wurden lediglich unterschiedliche Dämmstoffe eingebaut. Die Temperaturverläufe, die an den beiden Bekleidungs-lagen gemessen wurden, waren sehr ähnlich. Erst bei der Betrachtung der Temperaturentwicklung an den Flanschen traten Unterschiede auf. Bei Versuch 1 wurde nach 60 Minuten eine Temperaturerhöhung beob-

achtet. Nach 115 Minuten versagte die Konstruktion. Auch bei Versuch 2 konnte ein Temperaturanstieg am Flansch nach 60 Minuten gemessen werden. Im weiteren Versuchsverlauf stieg die Temperatur jedoch so schnell an, daß ein Versagen des Bauteils bereits nach 90 Minuten eintrat. Die unterschiedliche Versagensdauer kann jedoch nicht nur auf die Dämmaterialien zurückgeführt werden, da bei Probekörper 2 ein offener Stumpfstoß im mittleren Stegbereich festgestellt wurde. Bei beiden Probekörpern verkohlte die Oberfläche der Flansche nach 70 Minuten als der Flashover eintrat. Bei Versuch 1 konnte nach 90 Minuten ein Abfallen der Temperaturkurve beobachtet werden, während bei Versuch 2 die Temperaturen plötzlich anstiegen, wodurch die Glaswolle schmolz und der I-Träger entflammte.

Bei den Versuchen 3, 4 und 5 überschritt die Temperatur am Flansch nie 180°C. Die maximale Temperatur wurde bei Versuch 3 und 4 nach 120 Minuten gemessen, worauf dann ein sofortiges Abfallen der Temperaturen beobachtet wurde. Selbst bei Versuch 5 mit den verschärften Bedingungen wurden 180°C erst nach 105 Minuten gemessen. Dies läßt darauf schließen, daß bei dreilagiger Bekleidung keine Verkohlung der Konstruktion eintrat.

Bei verschärften Versuchsbedingungen und nur zweilagiger Bekleidung verkohlte die Holzkonstruktion jedoch relativ schnell (nach 54 Minuten). Nach 77 Minuten versagte die Konstruktion.

Bei keinem Versuch fiel die Bekleidung ab, doch die Probekörper versagten zum Teil trotzdem, wenn aufgrund unzureichender Bekleidung die Holzkonstruktion verkohlte. Die Balken glimmen dann auch in der Abkühlungsphase weiter bis zum Versagen der Konstruktion.

Schlussfolgerungen

Bei der Bewertung der Versuche ist zu bedenken, daß sie mit Blick auf eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten durchgeführt wurden. Diese Anforderung wurde mit den geprüften Konstruktionen erreicht. Einer Normbrandbeanspruchung von 90 Minuten bzw. einem vollentwickelten Naturbrand hätten die Holzkonstruktionen jedoch zum größten Teil nicht standgehalten. Die Bekleidung blieb zwar bei allen Versuchen intakt, doch die Probekörper versagten trotzdem. Wenn die Bekleidung hinter der Beplankung verkohlt, glimmen die Balken auch während der Abkühlungsphase weiter, letztendlich bis zum Versagen der Konstruktion.

Bei den Deckenversuchen wurden zum Teil drei Bekleidungslagen aufgebracht. Dies hatte zur Folge, daß die Holzbalken unterhalb der kritischen Temperatur von etwa 300°C blieben und dadurch auch in der Abkühlungsphase nicht versagten.

4.4 Schwedische Naturbrandversuche in Holzhäusern

Die schwedische Feuerakademie in Sando führt zur Ausbildung ihrer Feuerwehrleute Brandbekämpfungsmaßnahmen in 2 ½ geschossigen Holzhäusern durch. Daß es sich hierbei um Holzhäuser handelt, liegt an der typischen Siedlungskultur und Bauweise in Schweden. Ein- und Mehrfamilienhäuser bis zu drei Geschossen werden in Schweden zu 83% in Holzbauweise errichtet.

Ziel dieser Maßnahme ist die reale Brandbekämpfung mit den Randbedingungen Sichtbehinderung durch Rauch, enge Feuerangriffswege (Flure und Treppenräume), brennende Treppen und die Problematik der Entzündung von Pyrolysegasen. Aus der Erfahrung der durchgeführten Naturbrandversuche sollen auch gleichzeitig Erkenntnisse hinsichtlich des Brandverhaltens, der Brandausbreitung und die Konstruktionseigenschaften von Holzhäusern gesammelt werden, die in Schweden in den bauordnungsrechtlichen Anforderungen Niederschlag finden sollen. Der Eintrag der Brandlasten erfolgt durch reales Mobiliar einschließlich Vorhängen, PVC-Bodenbelägen und Elektrogeräten.

Die Konstruktion von Wänden und Decken entsprechen dem schwedischen Standard. Wohnungstrenndecken sind mit Trockenestrichen sowie Zementestrichen ausgeführt worden. Die Unterseite wurde jeweils zweilagig mit Gipskarton der Klassifikation GKF beplankt ausgeführt. Die Wandkonstruktionen wurden alternativ mit Holz- und Gipswerkstoffplatten beplankt.

Seit der Ausbildung schwedischer Feuerwehrleute an Naturbränden in realen Wohngebäuden kam seit 1984 kein Feuerwehrmann mehr ums Leben.

Ein wesentliches Ergebnis der Naturbrandversuche sind definierte Konstruktionsregeln und die Ausbildung von Anschlüssen und Durchdringungen in raumabschließenden Bauteilen. Weiterhin wurde gezielt die Begrenzung und die Bekämpfung eines flash-overs durchgeführt. Hierbei konzentrierte man sich vor allem auf die Abkühlung der brennbaren Gase durch eine Nebelsprinklerung beim Löschangriff. Eine Erhöhung der Gefahr eines frühzeitigen Eintritts eines Flashovers durch Holzhäuser in konsequenter BA-Bauweise konnte nicht nachgewiesen werden. Maßgeblich beteiligen sich hierbei die mobilen Brandlasten und flächig brennbaren Bekleidungen.

Bei den für die Naturbrandversuche herangezogenen Holzhäuser handelt es sich um freistehende "ausgemusterte" Häuser oder um Experimental- bzw. Musterhäuser, welche nach Ihrer ursprünglichen Nutzung für die Naturbrandversuche im Rahmen der Schulung von Brandbekämpfungsmaßnahmen zur Verfügung gestellt werden. Um weitergehende Erfahrungen mit dem globalen und lokalen Brandverhalten von Holzhäusern zu erhalten, werden in die Konstruktionen Sonderbauteile wie Feuerschutzverglasungen und Feuerschutztüren sowie gezielte Imperfektionen (Leckagen bei Installationsdurchdringungen, "geschwächte Fugen" u.a.) integriert.

Eine wesentliche Erfahrung, die man in Schweden aus den seit Anfang der 80er Jahre durchgeführten Naturbrandversuchen gewonnen hat, ist, daß sich Holzhäuser im Brandfall als hinreichend sicher erweisen, sofern diese maßgeblich mit nichtbrennbaren Bauteiloberflächen in Form von Gipsbauplatten ausgeführt werden. Die raschen Temperaturerhöhungen in der Brandentstehungsphase werden von Holzkonstruktionen gut kompensiert. Selbst vorhandene Imperfektionen wie Bauteilfugen und Leckagen in den Hohlräumen von Wand- und Deckenkonstruktion, zeigen ein untergeordneten Einfluß, wenn folgende Randbedingungen eingehalten sind:

1. Verwendung von nichtbrennbaren Dämmstoffen mit ausreichender Rohdichte und Schmelzpunkt sowie schwer entflammbare Dämmstoffe mit ausreichendem Stehvermögen (z.Bsp. Zellulosefaserdämmstoffe)

2. Vermeidung von Konvektionsflächen in den Hohlräumen. Dies wird in der Regel schon bei einem Füllgrad von $\geq 70\%$ des Hohlraumquerschnittes erreicht.
3. Einsatz schwimmender Estriche mit einer "brandschutztechnisch wirksamen" Estrichscheibe (Äquivalenz einer 15 mm dicken Gipsbauplatte)
4. Wahl stumpfgestößener bzw. über flächigen Kontakt angeschlossener Holzquerschnitte gegenüber Anschlüssen ausschließlich über Stahlformteilen

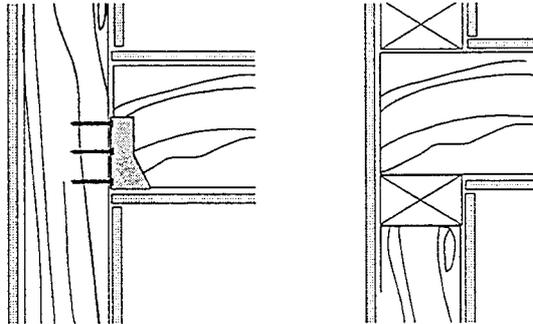


Abb. 4.4-1 : Anschluß Deckenbalken an tragende Wand

1. Vermeidung stumpfer Beplankungsstöße bei Bauteilanschlüssen mit Feuerwiderstandsanforderungen $\geq F90$

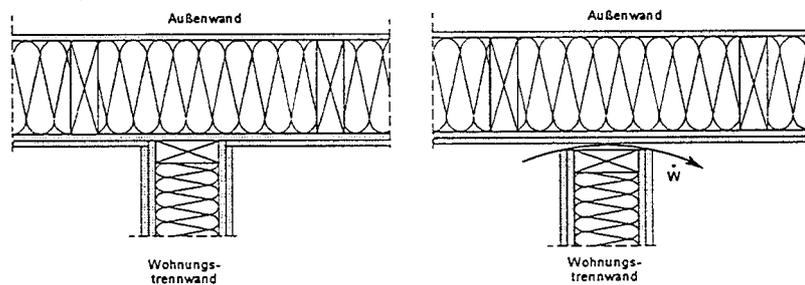


Abb. 4.4-2

Der Einsatz von Feuerschutzabschlüssen, Feuerschutztüren und Feuerschutzverglasungen hat sich bei Holzhäusern bewährt. Übertragbarkeiten dieser Baugruppen von geprüften Trockenbaukonstruktionen (z. B. Metallständerwänden) sind auf Holzkonstruktionen möglich.

Die Erfahrungen aus dem Brandverhalten von Holzhäusern spiegeln sich in den schwedischen bauordnungsrechtlichen Brandschutzanforderungen wieder, die keine Einschränkung in der Höhenentwicklung von Holzhäuser vorsieht. Eine Einschränkung der maximal zulässigen Geschößzahl von Holzhäusern in konsequenter BA-Bauweise gibt es in Schweden nicht.

Aus den schwedischen Erfahrungen über Brandverhalten von Holzhäusern wurden Empfehlungen in Abschnitt 7 dieses Berichtes abgeleitet.

4.5 Japanische Naturbrandversuche in mehrgeschossigen Holzgebäuden

4.5.1 Brandversuch 1987

Versuchsprogramm

Im November 1987 fand in Japan ein groß angelegter Brandversuch in einem dreigeschossigen Holzhaus statt. Das Gebäude war als Wohnhaus ausgelegt, wobei jedes Geschöß einen ähnlichen Grundriß aufwies. Die Grundfläche betrug 77 m². Beobachtet werden sollten die Brandweiterleitung zwischen den Räumen, die Beeinflussung durch Öffnungen und die Feuerwiderstandsdauer.

Die Konstruktionen der Wände bestanden aus Holzständern (50x100 mm²) mit einer einlagigen Bekleidung aus 12 mm Gipskartonplatten. Die Außenwände waren an der Außenseite mit 9 mm Sperrholz, einer Bitumenbahn und 18 mm zellulosefaserverstärkten Zementleichtbauplatten verkleidet und mit 50 mm Steinwolle gedämmt. Alle Wände wurden mit PVC bekleidet. Es wurden verschiedene Türen eingebaut, um deren Feuerbeständigkeit zu prüfen. Die Decken bestanden ebenfalls aus Holzträgern (50x100 mm²) und waren oberseitig mit 15 mm Sperrholz bekleidet und mit 50 mm Steinwolle gedämmt. Um die Feuerwiderstandsdauer zu verbessern, wurden die Deckenkonstruktionen in einigen Räumen mit 37 mm Leichtbeton verstärkt. Als Bodenbelag kamen Teppiche und Reisstrohmatten zum Einsatz. Von der Unterseite wurde die Decke mit 12 mm Gipskartonplatten verkleidet bzw. im dritten Geschöß mit zwei Lagen Gipsfaserplatten (9 mm+12 mm). Das Dach war mit 9 mm Sperrholz und 6 mm Asbestzementplatten gedeckt. Die Traufkante wurde mit 12 mm Gipskartonplatten und 11 mm Perlit-Kalzium-Silikat-Platten unterseitig bekleidet. In Abbildung 4.5-1 sind die Konstruktionen dargestellt.

Die Brandlast, die die Möbel, Kleidung, Bücher etc. beinhalten sollte, entsprach dem Durchschnitt in japanischen Haushalten von 28 kg/m². Der Brandherd lag in der Küche im Erdgeschoß. Ein Fenster im angrenzenden Raum war geöffnet. Des weiteren waren zwei Türen im 1. Geschöß und eine Tür im 2. Geschöß geöffnet. Alle anderen Türen und Fenster waren geschlossen. Abbildung 4.5-2 zeigt die Ausgangssituation.

Versuchsergebnisse

Wenn in einem Raum Temperaturen um 500°C erreicht wurden, ging dies mit einem Flashover einher. Im Brandursprungsraum im Erdgeschoß trat der Flashover bereits nach 10 Minuten ein und im angrenzenden Raum 2 Minuten später. Im 1. Geschöß fand ein Flashover nach 50 Minuten statt. Die Temperaturen im 2. Geschöß blieben lange unterhalb 200°C, stiegen dann jedoch nach 50 Minuten aufgrund des Flashovers im 1. Geschöß schnell an. Im Treppenraum wurde nach 61 Minuten ein Flashover beobachtet, dem nach 64 Minuten der Flashover im 2. Geschöß folgte. Das Feuer wurde nach 73 Minuten gelöscht.

Die Zeitmessungen des Flashovereintritts verdeutlichen den Unterschied zwischen dem Feuerwiderstand der Einzelbauteile und des Gebäudes. Das Durchbrennen der Türen führte zur Feuerausbreitung im Haus, während die Wände und Decken dem Feuer standhielten. Ausnahme war lediglich die Decke zwischen Raum R-1 und R-3, die bereits nach 24 Minuten durchbrannte und somit die Feuerausbreitung im 1. Geschöß ermöglichte. Die Bekleidung mit einer Lage Gipskartonplatten erwies sich als unzureichend. Eine bessere Feuerbeständigkeit zeigte die mit Leichtbeton verstärkte Decke über dem Brandentstehungsraum, die dem Feuer standhielt.

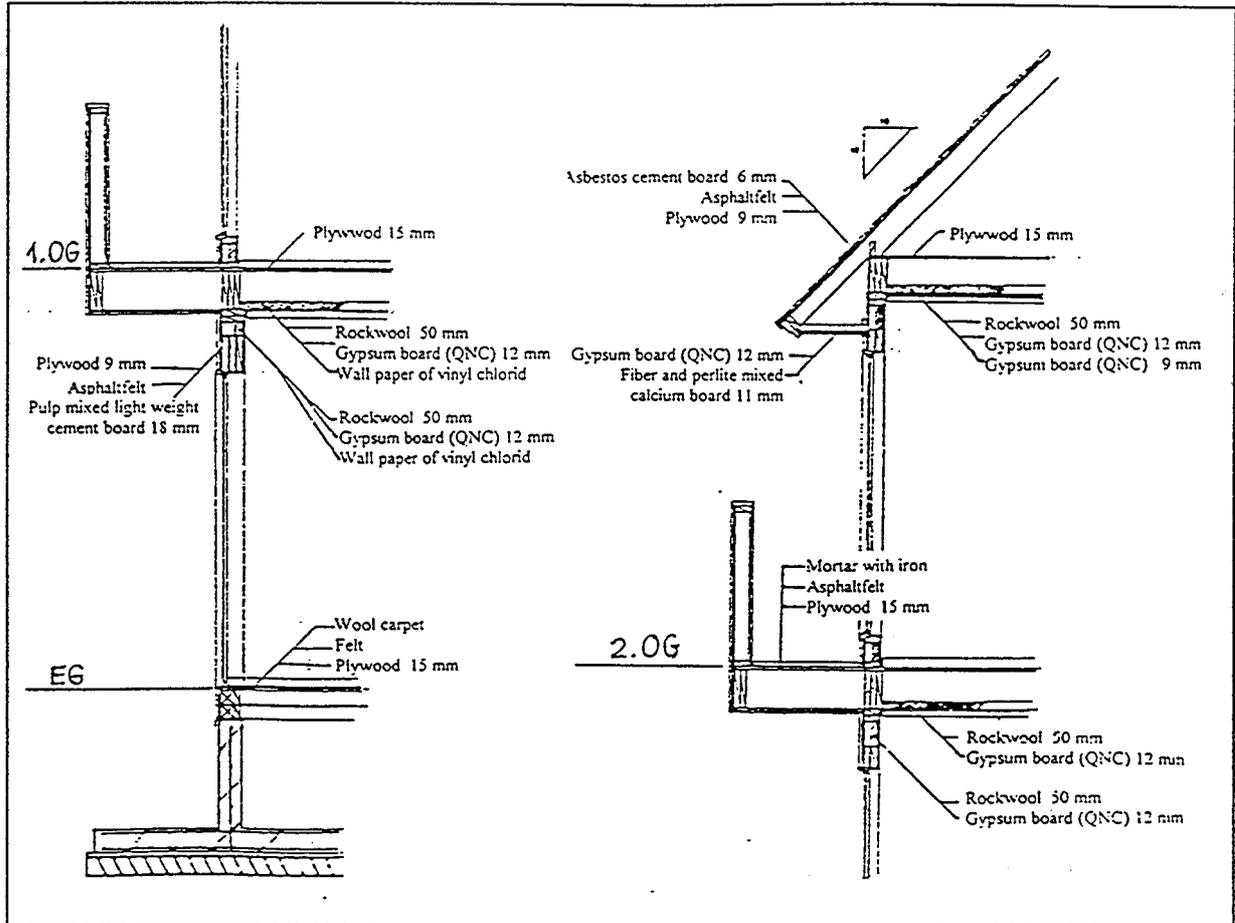


Abb. 4.5-1: Konstruktionsdetails des Brandversuchs 1987

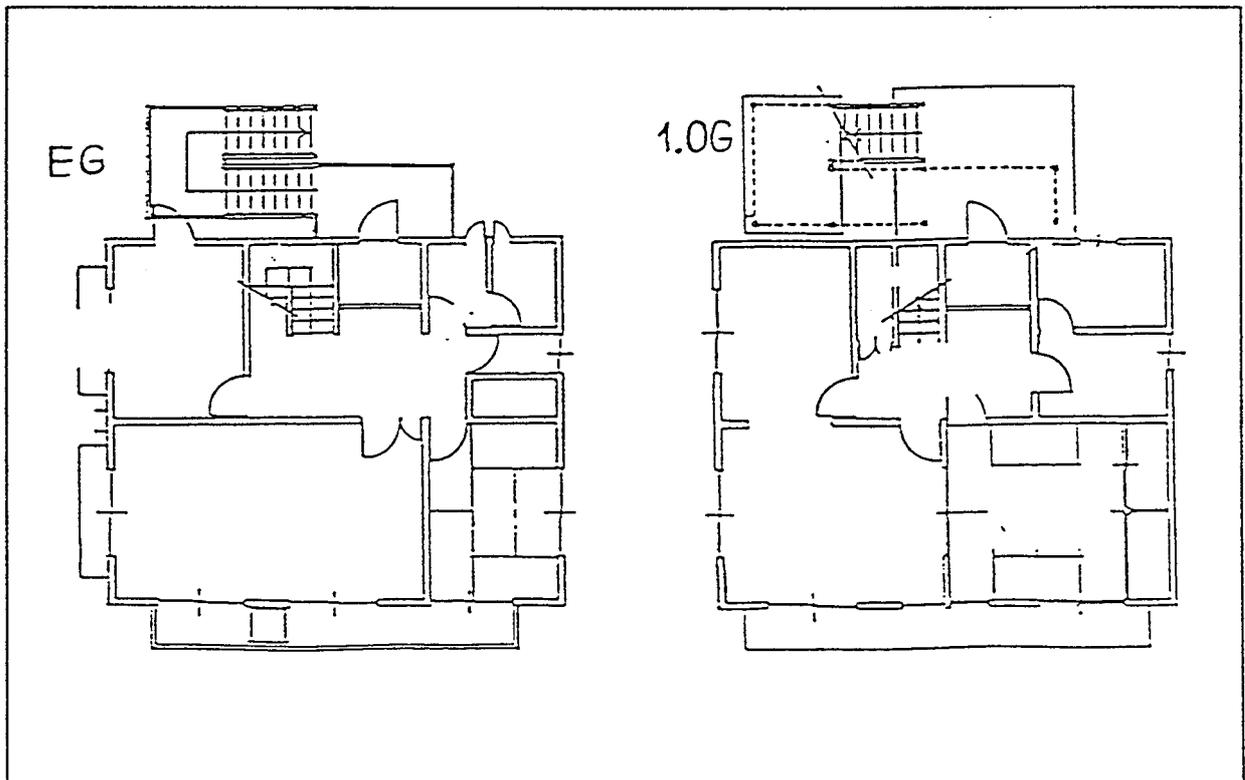


Abb. 4.5-2: Ausgangssituation des Brandversuchs 1987

Die Verglasung der Fenster versagte sehr schnell durch die hohen Temperaturen nach dem Flashover in den Räumen. Dadurch schlugen sehr große Flammen (zwischen 2,5 m und 4,1 m Höhe sowie 2,5 m bis 5,4 m Breite) aus den Fenstern, die jedoch keinen Einfluß auf die Feuerausbreitung in den oberen Geschossen hatten. Die Balkone und die Traufkante verhinderten eine Feuerweiterleitung über die Fassade und das Dach des Gebäudes.

Das Feuer breitete sich innerhalb des Hauses aufgrund des Durchbrandes der Türen von Raum zu Raum aus. Die Feuerwiderstandsdauer der Türen variierte zwischen 5 und 30 Minuten. Überwiegend wurden Sperrholztüren (2,7 mm) ohne Füllung eingebaut, die dem Feuer nur wenige Minuten standhalten konnten.

Die Gipskartonplatten wiesen eine Feuerwiderstandsdauer von 8 bis 18 Minuten auf, was die Ergebnisse früherer Bauteilversuche bestätigte. Das Holztragwerk entzündete sich, wenn auf der Rückseite der Bekleidung eine Temperatur von 260°C gemessen wurde.

Die Entzündungstemperatur wurde bei den Holzständern der Wand im Brandentstehungsraum nach 21 Minuten gemessen. Annähernd alle Wände im Erdgeschoß erreichten innerhalb von 30 bis 64 Minuten die 260°C-Grenze. Im 1. Geschoß wurde die Entzündungstemperatur des Holzes erstmals nach 39 Minuten gemessen. Im 2. Geschoß entzündeten sich die Holzständer erst nach 63 Minuten.

Bei den Decken wurde die Entzündungstemperatur erstmals nach 24 Minuten in Raum R-1 gemessen, was zum Versagen der Deckenkonstruktion nach 50 Minuten führte. Die Deckenbalken im 1. Geschoß erreichten nach 58 Minuten die 260°C-Grenze, während die Holzträger im 2. Geschoß die kritische Temperatur nie erreichten.

Das Feuer wurde vom Erdgeschoß in das 1. Geschoß aufgrund eines Deckendurchbrandes weitergeleitet. Die erwartete Feuerausbreitung über das Treppenhaus fand erst später statt, was vermutlich auf die geringere Brandlast und den Einsatz von Gipsfaserplatten zurückzuführen ist. Dennoch kann die Konstruktion des Treppenhauses nicht positiv bewertet werden, da hier eine starke Rauchentwicklung beobachtet wurde. Bereits nach 17 Minuten wurde eine Rauchkonzentration gemessen, die die Bewohner der oberen Geschosse bei Nutzung des Treppenhauses gefährdet hätte. Der Rauch konnte aufgrund der einlagigen Beplankung und anderer unzureichender Konstruktionsdetails durch die Fugen der Decken- und Wandkonstruktionen weitergeleitet werden.

4.5.2 Brandversuch 1991

Versuchsprogramm

Der Brandversuch 1991 sollte dazu dienen, die Ausbreitung von Feuer und Rauch in einem erdbebengeschädigten Haus zu untersuchen. Die Pläne des Hauses unterschieden sich von dem 1987 getesteten Haus, da dieses sich im Bezug auf die Feuer- und Rauchausbreitung als unzureichend erwiesen hatte. Bei der Planung des Hauses wurde daher besonders auf sichere Rettungswege geachtet.

Alle drei Geschosse wiesen den gleichen Grundriß auf. In jedem Geschoß befanden sich jeweils zwei Wohnungen (60 und 30 m² Grundfläche), die durch eine Wohnungstrennwand getrennt wurden. Das Gebäude hatte einen durchlaufenden Balkon auf der Südseite; auf der Nordseite befand sich ein Laubengang, der zur Treppe führte.

Der Test beinhaltete drei Phasen:

1. Prüfung der Feuerwiderstandsdauer einzelner Bauteile
2. Durchführung eines seismischen Tests am Gebäude
3. Durchführung eines Brandtests am Gebäude

Der Naturbrandversuch sollte umfassendere Ergebnisse liefern als der 1987 durchgeführte Test. So wurde neben der Feuerwiderstandsdauer besonders die Benutzbarkeit und Sicherheit der Rettungswege in die Beobachtungen einbezogen.

Alle Konstruktionen des dreigeschossigen Gebäudes wurden zuvor Bauteilbrandprüfungen unterzogen und wiesen Feuerwiderstandsdauern von 60 Minuten auf. Die Außenwände bestanden aus Holzständern mit einem Querschnitt von $50 \times 100 \text{ mm}^2$, die innen mit 2 Lagen 12 mm Gipskartonplatten beplankt wurden. Als Dämmung wurde 50 mm Glaswolle (10 kg/m^2) eingebracht. Von außen erhielten die Holzständer eine Beplankung mit 9 mm Sperrholzplatten, Bitumenpapier (20 kg/m^2) und zementgebundener Holzspanplatte (11 mm für den Laubengang, 18 mm für die anderen Wände). Eine PVC-Bekleidung wurde an der Innenseite der Wände des Erdgeschosses angebracht. Die nicht raumabschließenden Wände bestanden aus Holzständern mit einem Querschnitt von $50 \times 150 \text{ mm}^2$ im Erdgeschoß sowie einem Querschnitt von $50 \times 100 \text{ mm}^2$ im 1. und 2. Geschoß und einer Beplankung aus 2 Lagen Gipskartonplatten. In Abbildung 4.5-3 sind die Konstruktionen der nicht raumabschließenden Wände und der Außenwand dargestellt.

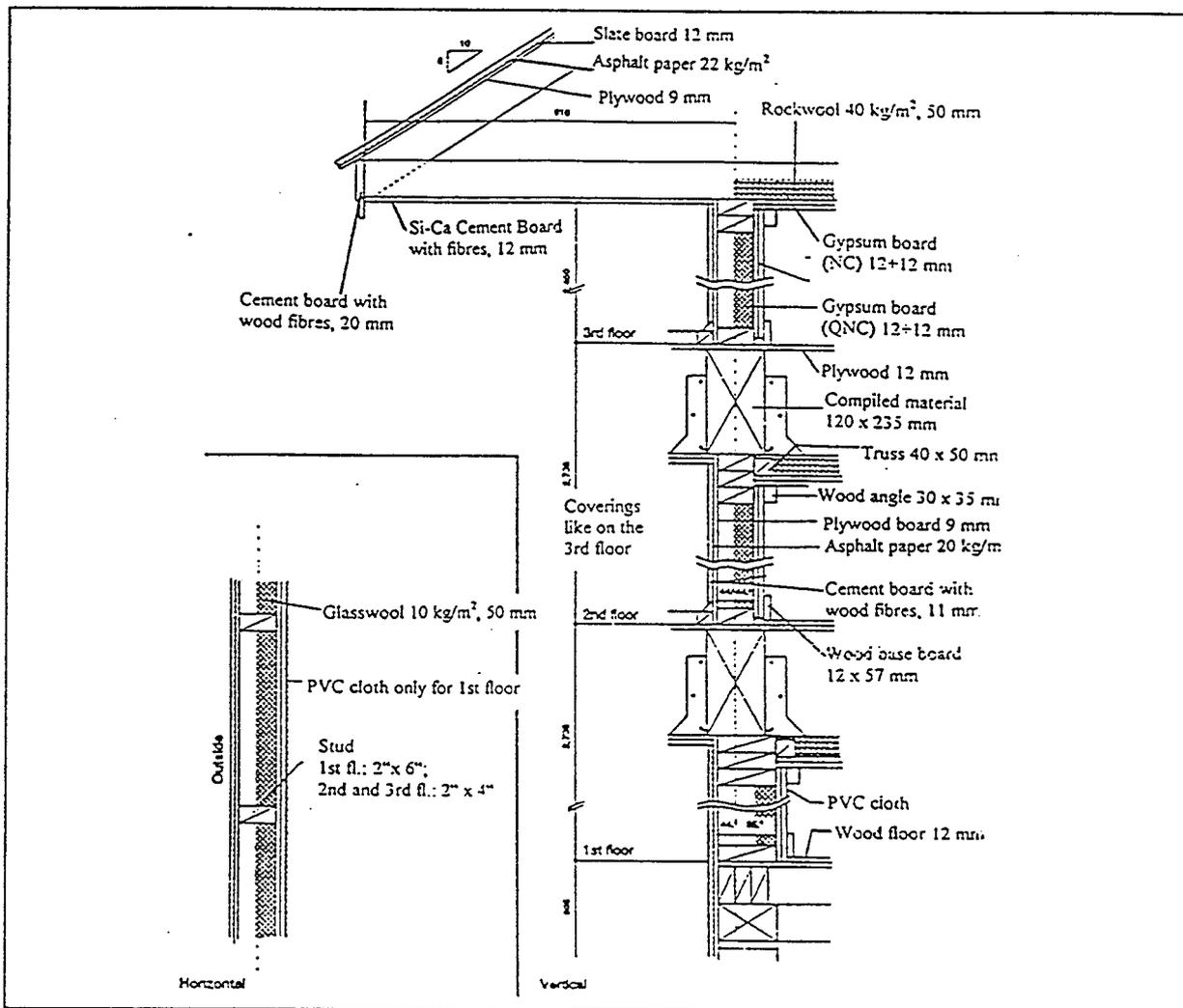


Abb. 4.5-3: Außenwand des Brandversuchs 1991

Die Wohnungstrennwand hatte den gleichen Aufbau wie die nicht raumabschließenden Wände. Allerdings wurde hier eine 50 mm dicke Glaswolle eingebracht. Interessant ist die Anschlußausbildung zwischen der Außenwand und der Wohnungstrennwand. Hier wurden mehrere Ständer aneinandergereiht, um die Feuerweiterleitung durch die Konstruktion zu behindern. Abbildung 4.5-4 zeigt die Konstruktion der Wohnungstrennwand.

Alle Wände wurden tapeziert. Die Decken bestanden aus Holzbalken (50 x 250 mm²) mit einer Bekleidung aus 12 mm Gipsfaserplatten, 50 mm Steinwollgedämmung (40 kg/m²) und 2 x 12 mm Sperrholzplatten als Fußbodenaufbau. Die Decken wurden ebenfalls tapeziert. Die Holz-konstruktion der Treppe wurde mit 9 mm Sperrholzplatten, Bitumenpapier (20 kg/m²) und 12 mm Zementplatten beidseitig bekleidet. Eine Dämmung wurde nicht eingebracht.

Verschiedene Fenster und Türen wurden eingesetzt. Der Laubengang wurde im Erdgeschoß ver-glast. Als Türen, die von den Wohnungen zum Laubengang führten, wurden selbst-schließende Feuerschutztüren eingesetzt. Alle anderen Türen hatten keine erhöhte Feuer-widerstandsdauer.

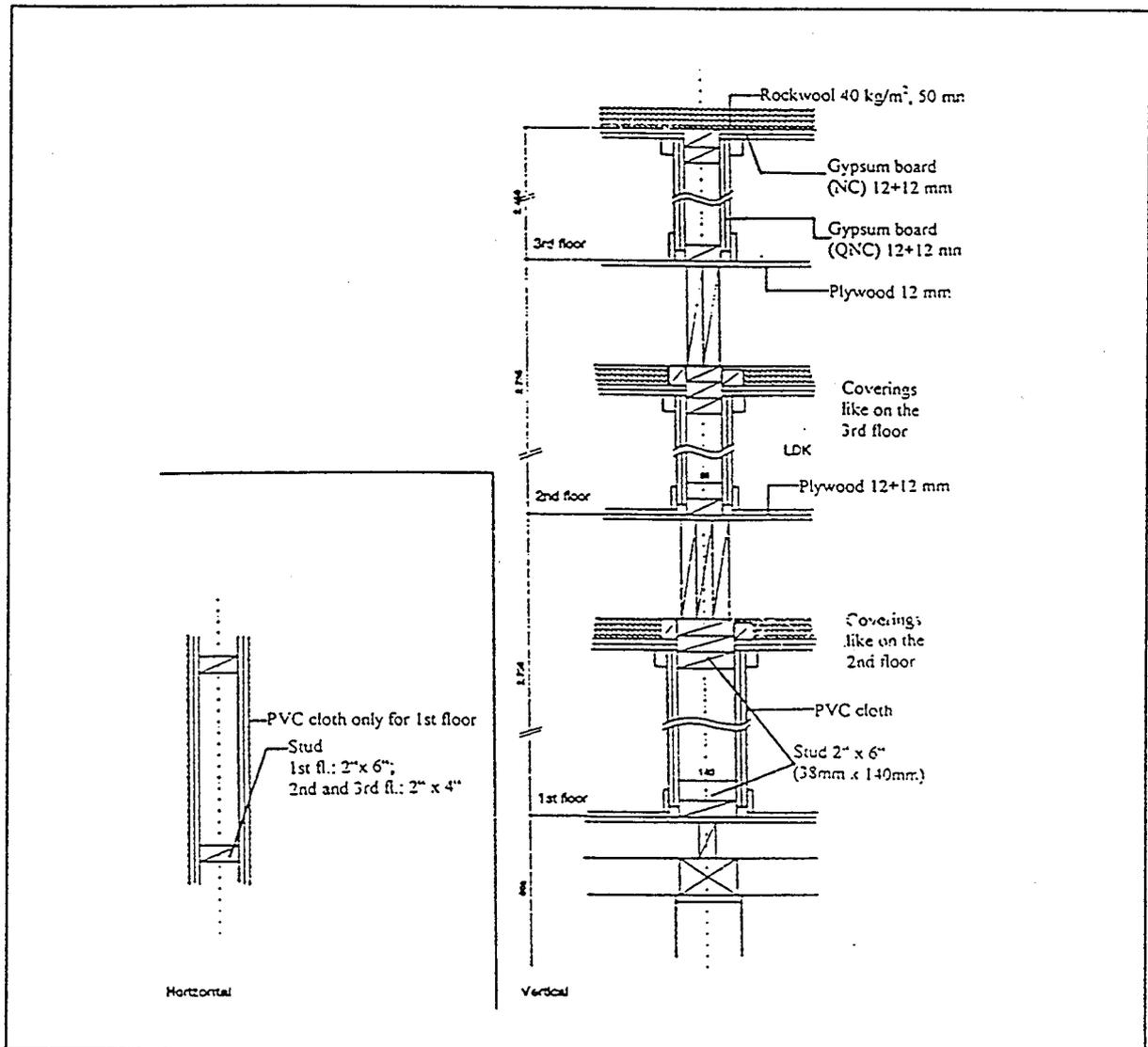


Abb. 4.5-4: Wohnungstrennwand des Brandversuchs 1991

Als Brandlast wurden 27,4 kg/m² in den Wohnungen eingebracht.

Der Brandherd befand sich in der Wohnküche im Erdgeschoß. In diesem Raum war ein Fenster geöffnet, alle anderen Fenster und Türen waren bei Versuchsbeginn geschlossen. Die Ausgangssituation ist in Abbildung 4.5-5 dargestellt.

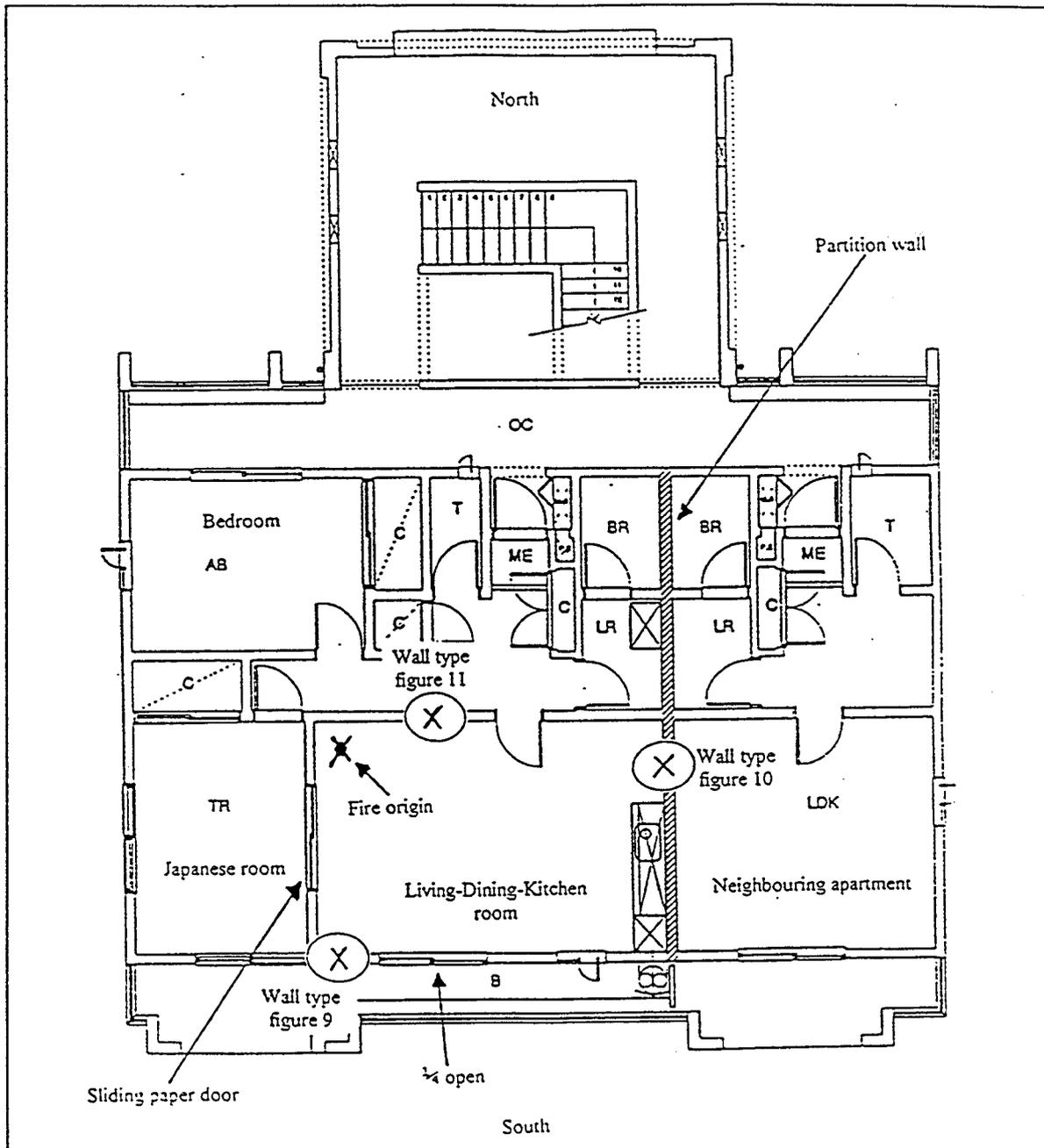


Abb. 4.5-5: Ausgangssituation des Brandversuchs 1991

Versuchsergebnisse

Bereits 5 Minuten nach der Zündung des Feuers wurde ein Flashover in der Wohnküche beobachtet, wo der Brandherd lag. Eine Minute später konnten Temperaturen von 1000°C gemessen werden, die sich jedoch sofort wieder abkühlten, da infolge des Flashovers alle Scheiben zerbrachen und den Eintritt von Frischluft ermöglichten. Nach 11 Minuten zerbrach auch die Verglasung im angrenzenden Raum teilweise. Das Feuer breitete sich über die Tür der Wohnküche in den Wohnungsflur aus und von dort erreichte es nach 16 Minuten die Schlafzimmertür. Nach 20 Minuten schlugen große Flammen aus den Öffnungen der Wohnküche und des angrenzenden Raumes heraus. Nach 24 Minuten wurde erstmals Rauch auf dem notwendigen Flur bemerkt. Nach 30 Minuten fielen Teile der Deckenbekleidung in der Wohnküche ab, was einen Temperaturanstieg der Holzbalken zur Folge hatte. Auch an den Holzständern der Trennwand zwischen der Wohnküche und dem angrenzenden „Japanischen Raum“ wurden bedingt durch die beidseitige Beflammung erhöhte Temperaturen gemessen.

Nach 40 Minuten brannten die Holzständer der Wände der Wohnküche. Die Beplankung der Wand zwischen Wohnküche und „Japanischem Raum“ fiel teilweise ab. Nach 46 Minuten war der Fußboden der Wohnküche durchgebrannt, so daß das Feuer in den Kriechkeller gelangte. Nach 55 Minuten stiegen in einigen Wänden die Temperaturen plötzlich an. Kleine Flammen wurden an den Fugen des Fußbodens im 1. Geschoß beobachtet (über „Japanischem Raum“) und nach 1 Stunde schlugen Feuerwehrmänner ein Loch in den Fußboden. Sie zerstörten auch das Fenster zwischen dem Schlafzimmer und dem Laubengang im Erdgeschoß. Zu diesem Zeitpunkt hatte sich das Feuer noch nicht im Schlafzimmer ausgebreitet. Erst nach 1 Stunde 13 Minuten wurde Feuer im Schlafzimmer beobachtet und gleichzeitig trat schwarzer Rauch aus dem Fenster. Zu diesem Zeitpunkt fiel in der Wohnküche und im „Japanischen Raum“ weitere Deckenbekleidung ab und die Temperaturen, die sich zuvor bei etwa 650°C eingependelt hatten, stiegen nochmals an. Das Feuer entfachte sich erneut. Nach 1 Stunde 30 Minuten wurden an den Fugen der Außenwände kleine Flammen beobachtet. Kurz darauf wurde der Brand gelöscht, da man das Versagen der Konstruktion befürchtete.

Nach den seismischen Tests befanden sich kleinere Risse in den Gipskartonplatten der Innenwände, jedoch war keine Brandschutzbekleidung abgefallen. Im anschließenden Brandversuch blieb das Feuer nach 60 Minuten auf das Erdgeschoß begrenzt. Die Wände zeigten einen starken Temperaturanstieg nach 55 Minuten, was auf die Entzündung der Holzständer schließen läßt. In zwei Räumen fand ein Flashover statt.

Die Rauchentwicklung im Erdgeschoß war relativ stark, jedoch breitete sich der Rauch nicht über das Treppenhaus aus. So war die Personenrettung über das Treppenhaus zu keiner Zeit durch Rauch gefährdet.

Schlussfolgerungen

Bei den japanischen Brandversuchen wurde eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten als ausreichend vorausgesetzt. Im Vergleich der Versuche von 1987 und 1991 wird deutlich, daß der zweite Test bereits wesentlich bessere Ergebnisse geliefert hat. Dies betraf nicht nur die Feuerwiderstandsdauer der Bauteile, sondern insbesondere auch die Sicherheit der Rettungswege. 1987 breitete sich der Rauch noch sehr schnell über das Treppenhaus im 1. Geschoß aus. Dies konnte durch die verbesserte Konstruktion und Planung der Rettungswege 1991 verhindert werden. Zu keiner Zeit behinderte hier Rauch ernsthaft die Personenrettung. Die angestrebte Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten wurde erreicht.

Diese Versuche haben bestätigt, daß der Brandverlauf von zahlreichen Faktoren abhängt. Die Ausgangssituation bezüglich der Luftzufuhr war bei den japanischen Tests sehr günstig, da nur ein Fenster im Brandraum geöffnet und alle anderen im Haus geschlossen waren. Zudem beeinflussten die relativ kleinen Räume das Brandverhalten positiv. Sie verzögerten die Brandausbreitung. Ein Feuerüberschlag über die Fassade wurde durch Balkone verhindert.

Die japanischen Versuche zeigen, daß die im Brandfall erforderliche Sicherheit mit einer Holzkonstruktion prinzipiell erreicht werden kann, doch sie lassen einige Fragen unbeantwortet. So wird deutlich, daß die Anforderung an die Feuerwiderstandsdauer der Bauteile von 60 Minuten allein nicht ausreicht. Die Abschottungs- und Anschlußproblematik wurde nicht ausreichend berücksichtigt. Zudem stellt auch die Penetration von Brandgasen durch die Bauteile ein nicht zu unterschätzendes Risiko dar. Zu beiden Problembereichen konnten noch keine Lösungsansätze geliefert werden.

4.6 Australische Untersuchungen zur Versagenswahrscheinlichkeit von Holzständerwänden und Holzbalkendecken bei Brandbeanspruchung

Einführung

Bauwerksbestimmungen sind in Australien in ähnlicher Form der deutschen Bestimmungen festgelegt. Man hat erkannt, so das National Australian Building Department, daß die vorhandenen Bauwerksbestimmungen den Umfang von innovativen Brandschutzentwicklungen beschränken, oftmals die primäre Bauwerksfunktion behindern und zu einer kostenintensiven Erhöhung von Brandschutzmaßnahmen führen. Folglich drängt die Bauindustrie zu Reformen der Baugesetze durch ausführungsorientierte Bestimmungen. Während der letzten 10 Jahre gab es einen tiefgreifenden Fortschritt bei der Reformierung der Feuerschutzbestimmungen in Australien, die zu dem aktuellen "Feuerklassenreform-projekt" führte, welches auch ökologische Kriterien, z.B. die Minimierung von Brandversuchen, berücksichtigte.

Das Department of Civil and Building Engineering der Victoria University of Technologie in Melburn, Australien beschäftigt sich seit 1995 mit der Entwicklung eines Richtlinienmodells zur Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit von Holzständerwänden und Holzbalkendecken bei realem Feuer. Hierbei handelt es sich um ein numerisches Modell (rechnerische Simulation der Feuerwiderstandsdauer) zur Voraussagung sich häufender Möglichkeiten des Zeitversagens von Holzständerwänden und geschlossenen Decken in Holzbauart, die einer Brandbeanspruchung ausgesetzt werden. Das Rechenmodell soll im „Fire Code Reform Project“ zur Reformierung der Sicherheitsbestimmungen von Gebäuden in Australien angewandt werden.

Der Grund sich in Australien für die Entwicklung eines numerischen Simulationsmodells zu entscheiden, liegt in der Vermeidung der ökologisch unverträglichen Brandversuche und somit einen aktiven Beitrag zur Reduktion der CO₂-Emissionen zu leisten. Weiterhin möchte man industrielle Innovation und Entwicklung in Australien nicht durch aufwendige und kostenintensive Bauteilprüfungen bremsen. Das Rechenmodell soll als unterstützendes Instrumentarium eingesetzt werden, um alternative Ausführungen für feuerbeständige Holzständerwände und Holzbalkendecken zu entwickeln.

Die Bauteilsimulation basiert auf theoretischen Untermodellen für Art und Intensität der Brandbeanspruchung (fire-severity), der Wärmeübertragung (heat transfer), baustoff- und bauteileigene strukturelle Reaktionen, Versagensart und Eintrittswahrscheinlichkeiten. Die Entwicklung beinhaltet die Einbeziehung von zahlreichen implizierten und explizierten Wärmeübertragungs-Untermodellen (submodels). Diese Sekundärmodelle benötigen nur wenige Wärmeleitungs-pfade (heat path) in jede orthogonale Richtung, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen. Das Modell hat verschiedene Brandbeanspruchungs-Algorithmen einschließlich eines zeitlichen Zonenmodells, das von dem "National Research Council", Kanada entwickelt wurde.

Innerhalb von 5 Jahren, seit 1995, soll dieses Projekt zur Grundlage für kostengünstige Feuerschutzmodelle von Gebäudetypen werden und es wurde bereits eine ausführungsgestützte "Feuerschutzmodellklasse" entwickelt. Die Grundlage für die Ausführung ist die Garantie der Lebenserhaltung unter Berücksichtigung der Fehlerhaftigkeit von Feuersicherheitssystemen und Reaktionen der Bewohner. Ein wesentlicher Teil des Projektes ist die Bestimmung des Feuerwiderstandes und maßgeblich die Ermittlung des Versagensrisikos von Holzkonstruktionen bei realer Brandbeanspruchung.

Eine analytische Version des Rechenmodells wurde kürzlich von der 4. "Fire and Material Conference" vorgestellt. Seit dem wurde das Simulationsverfahren zahlreichen Tests unterzogen, um die Versagenswahrscheinlichkeit mit ausreichender Sicherheit zu ermitteln. Zur Kalibrierung des Verfahrens wurden international durchgeführte Bauteilversuche herangezogen. Die Ergebnisse wurden mit den umfangreich durchgeführten Brand-

versuchen an Holzständerwänden vom National Research Council in Canada (siehe Abschnitt 4.2) verglichen. Im folgenden wird das Verfahren und das Rechenmodell in seiner Struktur beschrieben.

Beschreibung des numerischen Rechenmodells

Ein Ablaufdiagramm des Rechenmodells wird in Abb. 4.2-1 gezeigt. Es simuliert eine Vielzahl von Erscheinungen, die bei der Zerstörung von Holzständerwänden und Holzbalkendecken bei Brandbeanspruchungen auftreten mit einer Serie von Untermodellen, z.B. (2) Brandbeanspruchung, (3c) Wärmeübertragungsmechanismen, (3d) Materialreaktionen, und (3e) Versagensarten. Diese Untermodelle werden in ein einfaches "Monte Carlo"-Untermodell für zeitabhängige Versagenswahrscheinlichkeiten integriert. Um die Integration von verschiedenen Brandbeanspruchungsarten zu erreichen, wird das Brandverhalten unter Einfluß von Temperatur und Zeit untersucht, um Daten von jedem installierten Brandbeanspruchungsmodell (2) zum thermo-strukturierten Submodell zu transformieren (3).

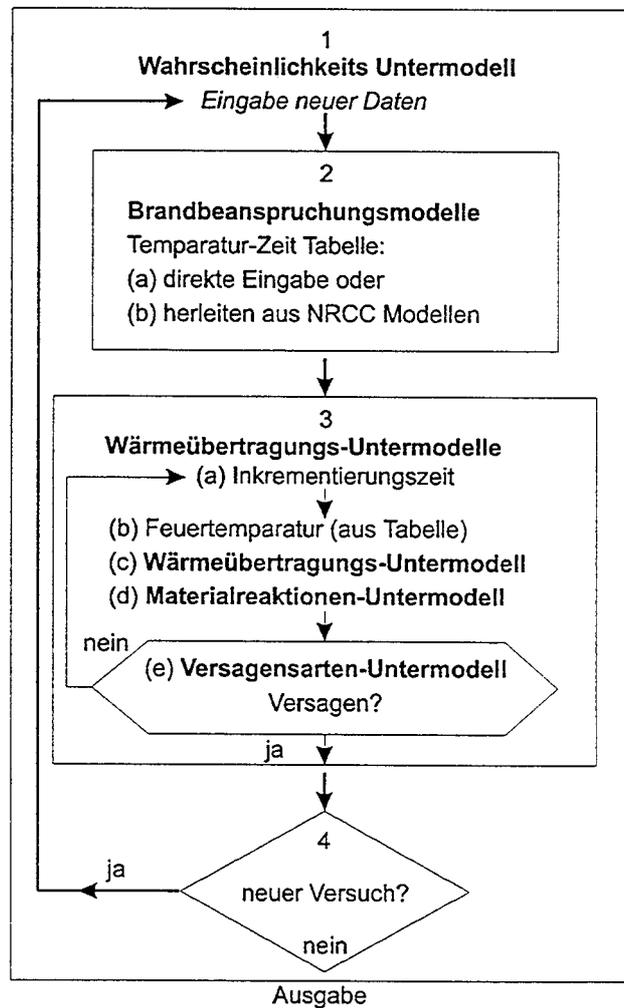


Abb. 4.6-1 Ablaufdiagramm des numerischen Rechenmodells

Brandbeanspruchungsmodelle

Zwei Brandbeanspruchungsmodelle wurden in die Simulation integriert. Eines ist ein Einzelbereichsmodell, das von dem "Nationalen Forschungsrat Kanadas" entwickelt wurde. Als Dateneingabeparameter sind Kenngrößen wie Brandtemperatur in Abhängigkeit der Zeit, Gefachegröße des Holzbauteiles, Größe von Öffnungen, Abbrandraten, brandbeanspruchte Oberflächenbereiche sowie Masse und Art der vorhandenen Brandlasten vorzugeben. Das zweite Submodell berücksichtigt nur festgelegte Brandtemperaturen in Abhängigkeit der Zeit. Jedem Brandbelastungsszenario wird eine spezifische Auftrittswahrscheinlichkeit zugewiesen. Die Simulationsbrände beinhalten ebenfalls die australischen Standardfeuer der Codes AS1530.4 und ASTM E119.

Numerische Wärmeübertragungs-Submodelle

Das Verfahren beinhaltet einige Wärmeübertragungs-Modelle. Hierbei handelt es sich um ein indirektes und direktes analytisches Submodell. Diese zeigen thermische Reaktionen genauer an, sie sind aber auch 10 mal langsamer zu erfassen.

Wärmeübertragung durch die Holztafel verursacht eine Reihe von Transferpfaden durch die Wand, Strahlung und Konvektion durch den Hohlraum und Transmission in den Holzrahmenteilern und der Beplankung. Bei Konstruktionen mit eingelegten Dämmstoffen entstehen zusätzliche Transferpfade durch Transmission.

Diese zwei Richtungen der Wärmeübertragungen sind im wesentlichen orthogonal. Kleine Hitzewellen kreuzen diese Richtungen diagonal. Deshalb wurde ein grobes Raster für die numerische Analyse angenommen. Das Raster beinhaltet verschiedene Wärmeausbreitung in jede orthogonale Richtung.

Das numerische Verfahren berücksichtigt Kriechen und die Vergrößerung der Kräfte durch Biegung (sekundäre Folgen).

Versagensarten des numerischen Verfahrens

Es werden folgende Versagensarten der Holzständerwände und geschlossenen Holzbalkendecken berücksichtigt:

1. Materialversagen
2. Strukturversagen
3. Überschreiten der kritischen Durchschnittstemperatur der dem Brand abgewandten Oberfläche
4. Überschreiten der kritischen Höchsttemperatur der dem Brand abgewandten Oberfläche

Materialversagen tritt vermutlich in materialspezifischen Zeitintervallen auf, z.B. nachdem der Beplankungswerkstoff auf der Feuerseite aufreißt, durchbrennt oder abfällt. Die Zeit des Versagens ist mit einem definierten Temperaturkriterium festgelegt; z.B. sobald die Höchsttemperatur auf der Oberfläche eines Plattenwerkstoffs im Bereich des Hohlraumes oder der Dämmung 700°C übersteigt. Plattenwerkstoffspezifische Versagenszeiten wurden für eine Vielzahl der gebräuchlichen Plattenwerkstoffe experimentell ermittelt.

Wahrscheinlichkeitsabschätzung

Die Betrachtung der Versagenswahrscheinlichkeit stützt sich auf eine einfache Monte Carlo Analyse. Für die einzelnen auf das Brandverhalten einflussnehmende Materialkennwerte, wie Dichte und spezifische Wärmekapazität, Emissivität, temperaturabhängiges Festigkeitsverhalten etc. wurden Wahrscheinlichkeitsvariablen ermittelt.

Vergleich der numerischen Simulation von Holzständerwänden mit experimentellen Ergebnissen (Brandversuchen)

Die in Australien erarbeiteten Modellrichtlinien, die auf dem annähernden impliziten numerischen Hitzeübertragungs-Untermmodell basieren, wurden mit den Testergebnissen für eine tragende Wand, die Standardfeuer nach ISO R834 ausgesetzt ist, verglichen. Die Wand, die in Abbildung 4.2-2 gezeigt ist, wurde mit 90/45 mm Ständern in einem Abstand von 600 mm und 10 mm Gipskartonplatten auf jeder Seite ausgeführt. Die Wand war 3,00 m hoch und wurde mit 8 kN/Scheibe belastet. Die Gipskartonplatte wies eine annähernde Dichte von 800 kg/m³ und einem Feuchteanteil von 21% auf. Das Holz wurde mit einer Dichte von ca. 500 kg/m³ und einem Feuchteanteil von 13% festgelegt. Unterschiede der thermischen Eigenschaften unter Temperatureinfluß wurden ähnlich der von Mehaffey¹⁶ angenommen. Die Versuchsergebnisse für sechs Meßstellen im Wandbereich sind als durchgehende Linie dargestellt. Rechnerisch ermittelte Werte nach dem Verfahren der Modellrichtlinie sind als gestrichelte Linie dargestellt.

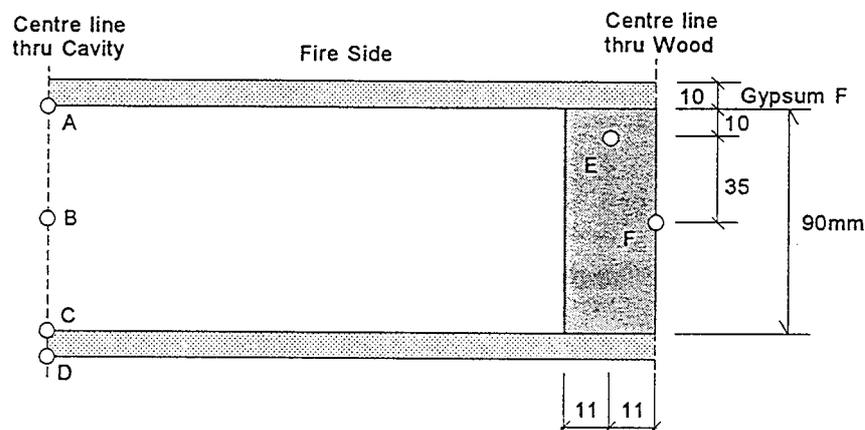


Abb. 4.6-2 Horizontaler Schnitt durch die Holzständerwand mit der Anordnung der Meßpunkte

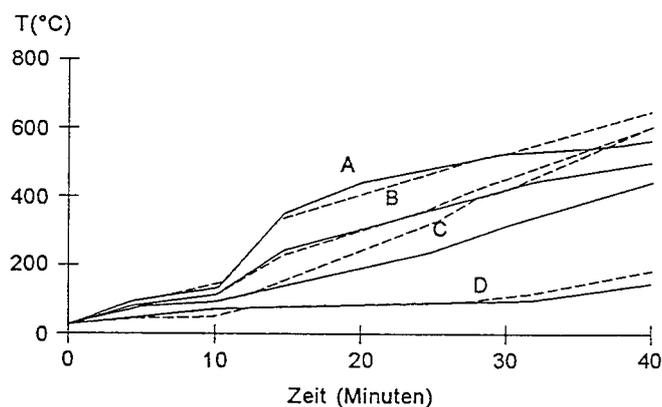


Abb. 4.6-3 Meßpunkte durch Gefachequerschnitt

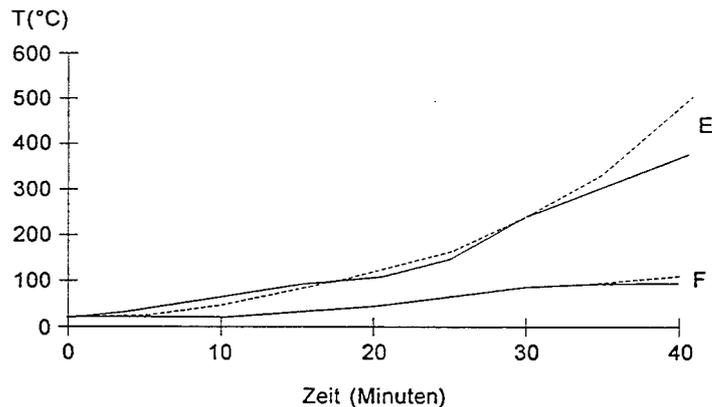


Abb. 4.6-4

Meßpunkte in Mitte eines Holzständers

Abbildung 4.2-3 und 4.2-4 zeigen den Vergleich der theoretisch ermittelten Temperaturentwicklung in Abhängigkeit der Zeit mit den Versuchsergebnissen (Punkte A-F) bei Holzständerränden mit Brandbeanspruchung nach ISO R834. Die Versuchsergebnisse sind als durchgehende Linie dargestellt. Untermodellannahmen werden als gestrichelte Linie dargestellt.

Es ergibt sich ein vernünftiger Vergleich zwischen den experimentellen und theoretischen Ergebnissen. Die Modellergebnisse sind generell konservativ; das resultiert aus der bewußten Überschätzung der Temperatur, die eine sichere Abschätzung des Zeitversagens der Bauteile gewährleistet.

Die Strukturdaten werden mit 20MPa Biege- und Druckfestigkeit, einem Elastizitätsmodul von 10GPa und einer effektiven Knicklänge senkrecht zur Wandebene mit 1,95 m festgelegt. Es wurde weiterhin vorgegeben, daß während der kurzen Einwirkung des Feuers die zweifache Festigkeit angenommen werden darf. Die theoretische Simulation sagt einen strukturellen Kollaps bei 42 Minuten voraus, zur gleichen Zeit, wie er auch in den Versuchen auftrat, was als zufälliges Ergebnis zu bewerten ist.

Um die Anwendungen des Modells dem National Australian Building Department zu demonstrieren, wurden Studien über die Fehleranfälligkeit bei der Ermittlung des Versagenszeitpunktes und der Streuung der anfänglichen mechanischen Eigenschaften und der strukturellen Tragfähigkeit durchgeführt. Bei unterschiedlichen Anwendungen wurde jede der Variablen einer log-normalen Eigenschaftsverteilung mit einem Variationskoeffizient von 0,3 festgelegt.

100 Vergleiche wurden zu verschiedenen Bauteilaufbauten und statischen Beanspruchungsvarianten durchgeführt. 90% der belasteten Wandscheiben versagten in einer Zeitspanne von 36 - 47 Minuten. Es wird abgeleitet, daß die Zeit des Versagens im Vergleich zu den strukturellen Varianten der Belastung und der mechanischen Eigenschaften des Bauteils bei Bränden nach ISO R834 sehr konstant ist. In der Praxis der Brandprüfungen scheinen die Globaleigenschaften des Feuerwiderstandes von Holzständerränden oder geschlossenen Holzbalkendecken nur sekundär von der Streuung in der Bandbreite der genormten Eigenschaften der Baustoffe abzuhängen und lassen sich hinreichend genau mit dem beschriebenen Verfahren rechnerisch simulieren.

Schlußfolgerung

Die Entwicklung von Brandschutzkonstruktionen in Holzbauweise mit Hilfe numerischer Simulationen, ist als zeitgemäß zu betrachten. Experimentelle Untersuchungen konzentrieren sich auf Parameterstudien zur Kalibrierung des Rechenverfahrens und zur gezielten Untersuchung numerisch nicht erfaßbarer Imperfektion von Anschlüssen, Einbauten und neuen Werkstoffen. Der australische Ansatz, Standardkonstruktionsaufbauten von Wänden in Holzständerbauweise sowie geschlossene Deckentafeln verstärkt theoretisch abzuschätzen, hat vor allem ökologische und ökonomische Gründe die sich auch auf Deutschland übertragen lassen. Die Vielzahl der in Deutschland durchgeführten Brandprüfungen an sich nur marginal unterscheidenden Bauteilkonstruktionen, ist ebenfalls aus ökologischen Gründen zu überdenken.

Beispielsweise werden bei der Bauteilprüfung einer "F90"-Wandkonstruktion ca. 2,8 - 3,8 Liter Brennstoff pro Minute verfeuert. Innerhalb eines Bauteilversuchs ergibt sich die Verfeuerungsmenge zu:

$$95 \text{ min} \times 3,0 \text{ l/min} = 285 \text{ l}$$

(95min durchschnittliche Versuchsbranddauer eines "F90"-Bauteils)

DIN 4102-2 fordert mindestens zwei gleichartige Prüfkörper der Prüfung zu unterziehen. Daraus resultiert ein Rohstoffverbrauch der Feuerungsmittel von **ca. 570 l (ca. 5700 kWh)**.

Dies entspricht dem Jahresheizwärmebedarf eines Einfamilienhauses mit 100 m² Wohnfläche mit einem flächenbezogenem Jahresheizenergieverbrauchs von ca. 57 kWh/m² Wfl. a.

Die Notwendigkeit der Einsparung nicht regenerierbarer Ressourcen und die Forderung nach der Reduzierung der CO₂-Emissionen zwingt auch Deutschland darüber nachzudenken, ob nicht auch verstärkt numerische Simulationsverfahren eingesetzt werden. Die dadurch freigesetzten Kapazitäten können für die experimentelle Untersuchung nicht hinreichend simulierbarer Konstruktionsdetails (z.B. Anschlüsse, Durchdringungen, Öffnungen etc.) genutzt werden.

Quellennachweise

1. Warren, Centre, Dezember (1989), *Projektbericht und technische Datenblätter, Bücher 1 und 2, Feuerschutzprojekt*. Das Warren Zentrum für fortgeschrittene Technik, University of Sydney.
2. Abteilung Industrie, Technologie und Wirtschaft, Mai (1991), *Mikrowirtschaftliche Reform; Feuerschutzvorschriften, Australien*.
3. Ove Arup & Partners, August (1993), *Wirtschaftsplan für das Feuerschutzgesetz - Reformprogramm*. Rat für australische Konstruktionsvorschriften.
4. Clancy P. Beck VR und Leicester RH (1995), *Zeitabhängige Versagenswahrscheinlichkeit von Holzständerbauweisen bei realem Feuer*, Feuer und Materialien, vierte Konferenz und Ausstellung, November 15 - 16, Marriott Hotel, Crystal City VA, Washington National Airport, USA.
5. Takeda und D. Yung, (1992), *Vereinfachte Feuergrößenmodelle für Risikokosten in Apartment-Gebäuden*. Zeitschrift für Feuerschutztechnik, Ausgabe 4, Seite 53-66.
6. AS1530.4, *Methode für Feuer tests bei Baumaterialien, Zusätzen und Strukturen. Teil 4 - Feuerbeständigkeitstest bei Bauelementen*, australische Normen.
7. ASTM E119 (1992), *Standardtestmethoden für Feuerfest bei Gebäuden und -materialien*, jährliches Buch der ASTM-Norm, Ausgabe 04.07, ASTM Philadelphia, Seite 331 - 51.
8. Croft DR und Lilley DG (1977), *Hitzeübertragungseinheiten unter Verwendung von verschiedenen finiten Einheiten*, Applied Science Publishers Ltd., Ripple Road, Barking Essex, England.
9. AS1720.1, *SAA Holzstoffgesetz, Teil 1 - Entwurfsmethoden*, australische Norm.
10. Young SA, Clancy P und Beck VR (1996), *strukturelle Darstellung von Holzständerwänden bei Feuer*, First Australian Congress on Applied Mechanics 96.
11. Clancy P and Young S (1996), *Wand (furnace) tests und Darstellung der Lastrate, Kriechen, End (constraint) und (Composite Action)*, Bericht in Arbeit.
12. D Carne (1995), *Schmelztemperaturen bei Glasfiber, die von Fyrchek verwendet werden*, Bericht Nr. 001292DC. Gyprock, Bradford, Australia.
13. Walker D, Lightfoot M und Clancy P (1995), *Mechanische Eigenschaften von feuerbeständigen Gipskartonplatten*, Abt. Zivil- und Konstruktionstechnik. Victoria University von Australien.
14. Leicester RH (1985), *Datenerfassung eines Sicherheitssystems*, Civil Engineering Transaction, Institution of Engineers, Australia.
15. P Collier, (1992), *Eine Methode, um die Feuerbeständigkeit einer tragenden Leichtbau-Holzrahmenwand vorauszusagen, Teil 2. Ein Forschungsbericht der Gebädeforschungsgesellschaft von Neuseeland*.
16. Mehaffey JR, Cuerrier P und Carisse G (1994), *Ein Modell zur Voraussagung von Hitzeübertragungen durch Gipskartonplatten / Holztafelwänden, die Feuer ausgesetzt sind*, Feuer und Material, Ausgabe 18, Seite 297 - 305.
17. Young SA und Clancy P (1996), *Druck Belastungsverformung von Holzwänden bei Feuer*, Holz und Feuerschutz, dritternationale Konferenz, Mai 6 - 9, The High Tatras, Slovakei.

4.7 Ausblick

Die Entwicklung von Brandschutzkonstruktionen in Holzbauweise mit Hilfe numerischer Simulationen, ist als zeitgemäß zu betrachten. Experimentelle Untersuchungen zum Brandverhalten konzentrieren sich auf Parameterstudien zur Kalibrierung des Rechenverfahrens und zur gezielten Untersuchung numerisch nicht erfaßbarer Imperfektion von Anschlüssen, abweichende Einbausituationen und neuen Werkstoffen. Der australische Ansatz, Standardkonstruktionsaufbauten von Wänden in Holzständerbauweise sowie geschlossene Deckentafeln verstärkt theoretisch abzuschätzen, hat vor allem ökologische und ökonomische Gründe die sich auch auf Deutschland übertragen lassen. Die Vielzahl der in Deutschland durchgeführten Brandprüfungen an sich nur marginal unterscheidenden Bauteilkonstruktionen, ist ebenfalls aus ökologischen Gründen zu überdenken.

Beispielsweise werden bei der Bauteilprüfung einer "F90"-Wandkonstruktion ca. 2,8 - 3,8 Liter Brennstoff pro Minute verfeuert. Innerhalb eines Bauteilversuchs ergibt sich die Verfeuerungsmenge zu:

$$95 \text{ min} \times 3,0 \text{ l/min} = 285 \text{ l}$$

(95min durchschnittliche Versuchsbranddauer eines "F90"-Bauteils)

DIN 4102-2 fordert mindestens zwei gleichartige Prüfkörper der Prüfung zu unterziehen. Daraus resultiert ein Rohstoffverbrauch der Feuerungsmittel von ca. 570 l (ca. 5700 kWh).

Dies entspricht dem Jahresheizwärmebedarf eines Einfamilienhauses mit 100 m² Wohnfläche mit einem flächenbezogenem Jahresheizenergieverbrauchs von ca. 57 kWh/m² Wfl. a.

Die Notwendigkeit der Einsparung nicht regenerierbarer Ressourcen und die Forderung nach der Reduzierung der CO₂-Emissionen zwingt auch Deutschland darüber nachzudenken, ob nicht auch verstärkt numerische Simulationsverfahren eingesetzt werden. Die dadurch freigesetzten Kapazitäten können für die experimentelle Untersuchung nicht hinreichend simulierbarer Konstruktionsdetails (z.B. Anschlüsse, Durchdringungen, Öffnungen etc.) genutzt werden.

Eine wesentliche Aufgabe besteht darin, auch zukünftig die internationalen Untersuchungen zum Brandschutz mehrgeschossiger Holzhäuser nach Deutschland zu transferieren und deren Relevanz hinsichtlich einer möglichen Reduzierung des brandschutztechnischen Risikos für den mehrgeschossigen Holzbau in Deutschland zu bewerten. Damit kann mittelfristig sogar bei Reduzierung der bauordnungsrechtlichen Anforderung das brandschutztechnische Sicherheitsniveau erhöht werden. Dieses Prinzip ist ein bedeutungsvoller Schritt: Steigerung der Ressourceneffizienz und Wirtschaftlichkeit unserer Gebäude einhergehend mit der Erhöhung des Sicherheitsstandards.

Die Versuchsanstalt für Holz- und Trockenbau strebt an, den Technologietransfer laufender und in Vorbereitung befindlicher nationaler und internationaler Untersuchungen zum Brandverhalten mehrgeschossiger Holzhäuser herzustellen und deren Ergebnisse für das deutsche Bauwesen aufzubereiten. Dies ist in der Fortführung der Stufe 2 und Stufe 3 des Vorhabens nicht enthalten und wird in gesonderten Forschungsvorhaben erarbeitet.

Nach dem heutigem Stand der Recherchen sind besonders relevante Untersuchungen und Forschungsvorhaben für Deutschland:

1. Brandverhalten und Brandweiterleitung von Holzfassaden in Abhängigkeit des Fassadentyps, Hinterlüftung/Nichthinterlüftung der Konstruktionen, Lage der Fensteröffnungen, TRÄTEK, Schweden
2. Naturbrandversuche an einem 5-geschossigen Holzhaus zur Untersuchung des globalen Brandverhaltens mehrgeschossiger Holzhäuser (1998), Building Research Establishment, Cardington/England.
3. Weiterführung der theoretischen Simulation des Brandverhaltens von Holzbauteilen (Wand- und Deckenbauteile), der Victoria University of Technology, Australien.
4. Risikobetrachtungen und Risikoabschätzungsverfahren von Bränden in mehrgeschossigen Gebäuden, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Schweden.
5. Laufende japanische Naturbrandversuche zum Brandverhalten von Gebäudeabschluß- und Gebäudetrennwänden von Doppel- und Reihenhäuser, Misawa, Nara, Japan.
6. Brandverhalten von Fassaden, experimentelle Untersuchungen zum Brandverhalten und Brandweiterleitung von Fassaden aus Holzwerkstoffplatten, VTT, Building Technology, Finnland.
7. Holzrahmenkonstruktion unter Naturbrandbeanspruchung, Norwegian Building Research Institute, Oslo.
8. Zündung von organischen Dämmstoffen durch Glimmnester und eingeschüttete, heiße Gegenstände, Fachbereich Sicherheitstechnik der Universität Wuppertal.
9. Zündung von Feststoffschüttungen durch Glimmnester und Initialzündungen, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin.

5 Untersuchung und Risikobetrachtung der bauweisspezifischen Eigenschaften von Gebäuden und Bauteilen in Holzbauweise

Das Niveau der brandschutztechnischen Anforderungen von Massivkonstruktionen kann nur dann auf Holzkonstruktionen übertragen werden, wenn die Gefährdungspotentiale primär im Hinblick auf Brandentstehung, Brandausbreitung und der Entstehung eines Flashovers gleichgesetzt werden können. Wesentliches Ziel der nachfolgend durchgeführten Betrachtungen ist es, die der Holzbauweise systemimmanenten Risiken zu bestimmen. Neben risikominimierenden Anforderungen an die Bauteile (BA-Bauweise) und Anschlußausbildung werden auch Kriterien des Gebäudeentwurfs untersucht.

Anhand eines mehrgeschossigen Modellgebäudes sollen die real vorhandenen immobilien Brandlasten der Tragkonstruktionen quantifiziert werden. Einen Vergleich der vorhandenen, eingetragenen Brandlasten durch das Mobiliar und die technische Gebäudeausstattung und bauweisen-neutraler immobilier Brandlasten (z.B. Holzfenster und Holztüren) geben einen ersten Aufschluß über das grundsätzliche Risikopotential und wie sich dies gewichtet. Aus den theoretischen Betrachtungen sollen die Brandlastanteile der B- und BA-Bauweise und deren brandschutztechnisches Gefahrenpotential in Abhängigkeit von Wahl der Bauweise, Bauteilaufbauten und Entwurfskriterien im Vergleich zu A-/AB-Bauweise quantifiziert werden. Hieraus soll eine Globalbetrachtung bzw. das "bewertete Brandrisiko" von mehrgeschossigen Holzhäusern abgeleitet werden.

5.1 Grundlagen der Risikobewertung

Unter einer allgemeinen Risikobewertung (Sicherheitsbetrachtung) bzw. einer mathematisch-wahrscheinlichkeitsorientierten Risikoanalyse versteht man das Gefährdungspotential, das von einem Objekt (Handlung/Gegenstand → in diesem Fall das Bauwerk) für ein Subjekt (Handlung/Gegenstand → Erreichen der Schutzziele) unter definierten und bewerteten Randbedingungen ausgeht.

Das "bewertete Gesamtrisiko" wird durch drei voneinander unabhängigen Faktoren bestimmt. Diese ergeben sich aus den Fragestellungen:

1. Wie hoch ist die Eintrittswahrscheinlichkeit der Entstehung und der Ausbreitung eines Brandes?
2. Wie groß ist der materielle (wirtschaftliche) Schaden, z.B. wie hoch sind die Instandsetzungs- und Folgekosten?
3. Wie hoch ist der immaterielle Schaden, d.h. welche Gefährdung geht infolge eines Brandfalls für Leben, Gesundheit und Umwelt aus?

Das bewertete Gesamtrisiko RV ergibt sich danach aus der Summe der Risikofaktoren r_{fi} :

$$RV = \sum_1^n r_{fi}$$

Die gewichteten Risikofaktoren resultieren aus dem Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit $F_e(t)$ mit dem Schadensausmaß D_{Ri} .

$$r_{fi} = F_e(t)_i \cdot D_{Ri}$$

Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist eine stochastische Variable ($0 \leq F_e(t) \leq 1$) und gibt einen objektspezifischen sicherheitstheoretischen Wert an. So ergibt sich beispielsweise die resultierende Eintrittswahrscheinlichkeit von Personenschäden infolge von Hohlraumbränden durch einen elektrischen Kurzschluß aus den folgenden Faktoren:

1. in welcher Häufigkeit tritt ein elektrischer Defekt (Kurzschluß) in einer Hohlraumkonstruktion auf, $\rightarrow Fe(t)_1 = \frac{x_1}{t_1}$
2. wie oft führt dieser zu einer weitergehenden Brandentstehung (Kabelbrand) und $\rightarrow Fe(t)_2 = \frac{x_2}{t_2}$
3. in welcher Häufigkeit resultieren daraus reale Konstruktionsentzündungen in Holzständerwänden $\rightarrow Fe(t)_3 = \frac{x_3}{t_3}$
4. in welcher Häufigkeit sind Personenschäden (Leben, Gesundheit) die Folge $\rightarrow Fe(t)_4 = \frac{x_4}{t_4}$

So ergibt sich $Fe(t)_{res} = Fe_1 \times Fe_2 \times Fe_3 \times Fe_4$.

Das mit dem Eintritt eines Schadens verbundene Schadensausmaß D_R ist nach ethischen und volkswirtschaftlichen Werten zu gewichten. Exemplarische ungewichtete Schadensausmaße bei Brandschäden sind:

- Materieller und immaterieller Wertverlust,
- Beschädigung und Verlust von Sachwerten,
- temporäre/chronische Schädigung von Gesundheit,
- Gefährdung von Leben,
- Schädigung der Umwelt,
- Nutzungseinschränkungen,
- Geruchsbelästigung etc.

Daraus ergeben sich für das mehrgeschossige Bauen mit Holz folgende beispielhafte zu quantifizierende Risikofaktoren r_{fi} :

- Einfluß der Brandlast (Menge und Verteilung)
- Anzahl und Art der Zündquellen
- Fehlfunktion technischer Einrichtungen und Ausstattungen
- Fehlverhalten der Nutzer
- Gebäude- und bauweisespezifische Ventilationsbedingungen
- Art und Qualität der Baustoffe (z.B. Toxizitätspotentiale)
- Brandverhalten der Baustoffe und Bauteile
- ...

Zur Ermittlung des Gesamtrisikos RV eines Bauwerks oder einer Bauweise müssen neben den vorhandenen Risikofaktoren r_{fi} risiken-kompensierende Faktoren, z.B. bauliche, anlagentechnische und/oder administrative Brandschutzmaßnahmen Betrachtung finden. Beispielhaft seien nochmals erwähnt

- nichtbrennbare Oberflächen
- Rauchmelder/Brandmeldeanlagen
- zweiter Baulicher Rettungsweg (in den Varianten extern oder integrativ)
- Sprinklerung
- Eindeutige und kurze Rettungswege
- A-Bauteile im Bereich von Fluchtwegen (z.B. massive Treppenträume)
- ...

Zur Beurteilung des bewerteten Gesamt-Brandrisikos von Holzhäusern ist die quantitative Gewichtung der maßgebenden Faktoren erforderlich. Weiterhin müssen die konstruktions-

und bauwerksspezifischen Eigenschaften hinreichend bekannt sein, sowie statistisch ausreichendes Datenmaterial recherchiert oder erarbeitet werden.

Bauweisenunabhängige Brandrisiken bleiben hierbei unbetrachtet, d.h. ableitbare Kompensationen zwischen Brandhäufigkeit bzw. brandbedingten Risiken bei Wohnungsbränden und sozialem Umfeld, finden keinen Eingang in die Risikobetrachtung. Die Einbeziehung solcher Kriterien würde letztendlich dazu führen, daß man auch das Brandrisiko in Abhängigkeit des Nutzerverhaltens (z.B. Risikofaktor Raucher) mit quantifizieren müßte. Diese Betrachtung entspricht nicht der Zielsetzung des Vorhabens und unterliegt nicht den bauordnungsrechtlichen Belangen.

Ansätze zur Quantifizierung von Risikofaktoren

Die Kenntnisse über die Einstellung und Verhaltensweisen der Deutschen zum baulichen Brandschutz sowie der Einschätzung des Verhaltens im Brandfall sind die Grundlage zur Bewertung des Risikopotentials. Statistisch verwertbare Aussagen lassen sich von Seiten der Sachversicherungen nicht ableiten. Stochastische Verteilungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadensausmaßen scheinen für Gebäude-sachversicherungen nicht bekannt zu sein oder sollen nicht transparent gemacht werden. Bei Kenntnis der detaillierten versicherungstechnischen Risikoanalysen im Bereich der Privat- und PKW-Haftpflichtversicherungen scheint es zunächst unverständlich, daß solches statistisches Datenmaterial im Bereich der Gebäudeversicherung nicht existieren soll.

Als Grundlagenmaterial lassen sich jedoch die im Jahre 1995 durchgeführten Meinungsforschungsstudien der "First Alert" in Deutschland heranziehen. Weiterhin liegt eine EMNID-Umfrage zum Thema "Brandschutz in Privathaushalten" vor. Die First Alert führte eine Expertenbefragung über die Einschätzung von Rauchmeldern bei Feuerwehren und Sachversicherern durch. Die Durchführung repräsentativer Verbraucher-Audits liefern Aussagen zur Einstellung des Sicherheitsverhaltens der Deutschen Verbraucher (private Haushalte, Verwaltungs-/Büronutzung) im Brandfall.

Ein Ergebnis dieser Studien zeigt, daß für zusätzlichen brandschutztechnischen Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit des Brandschutzes (z.B. Installation von Rauchmeldern) keinerlei Investitionsbereitschaft seitens der privaten Haushalte vorherrscht. Dies im Gegensatz zum Schutz privater Sachwerte. Hier sind 87% der deutschen Bundesbürger bereit zusätzliche Investitionen für bauliche Maßnahmen zu tätigen.

Vergleicht man die absolute Anzahl der tödlichen Unfälle des Jahres 1995 der Bundesrepublik Deutschland nach ihren äußeren Ursachen, erhält man erste Aussagemöglichkeiten zum Anteil des persönlichen brandschutztechnischen Risikos am globalen Unfallrisiko.

Tabelle 5.1-1 Tödliche Unfälle 1995 nach äußeren Ursachen und Geschlecht (männlich/weiblich/Gesamt)

Unfallkategorie	Vergiftungen (Unfälle)	880-884	Unfälle durch Sturz aus der Höhe	885-886	Unfälle durch Sturz auf gleicher Ebene	880-888	Unfälle durch Feuer und Flammen	890-899	Unfälle durch Ertrinken	910	Unfälle durch mechanisches Ersticken	911-913	Sonstige Unfälle (einschl. Spätfolgen)	914-929	Alle übr. Unfälle nach d. Verletzungen u. Vergiftungen
Schlüssel	850-869	880-884	885-886	880-888	890-899	910	911-913	914-929							
Arbeitsunfall	10 M 1 W 11 Gesamt	225 5 230	3 3	245 10 255	5 1 6	7	15	422 12 434						26 1 27	
Schulunfall	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verkehrsunfall ¹	-	6 3 9	14 25 40	29 37 66	-	1 2 3	-	-	1 2 3	1 2 3	-	26 12 38	39 4 43		
Häuslicher Unfall	57 15 72	747 662 1409	496 1404 1900	1982 3572 5554	308 220 528	55 60 115	131 96 227	116 76 192					26 13 39		
Sport-/Spieleunfall	-	26 5 31	5 2 7	34 9 43	1 1	185 42 227	7	16 3 19					22 5 27		
Sonstiger Unfall	100 55 155	318 132 450	87 96 183	1603 2529 4132	53 26 79	241 87 328	309 278 587	361 178 539					354 222 576		
Insgesamt	167 71 238	1322 807 2129	603 1531 2134	3894 6156 10052	367 247 614	489 191 680	462 374 836	941 281 1222					467 245 712		

Quellen: Stat. Bundesamt, ifo-Institut, EMNID

¹ absolute Zahl der Verkehrstoten

Tabelle 5.1-2: Beispielhafte Unfallkategorien der Tabelle 5.1-1 der tödlichen Unfälle des Jahres 1995 nach äußeren Ursachen und Geschlecht

Pos.-Nr. der ICD/9	Todesursache	insgesamt	männlich	weiblich
E 880	Sturz auf oder von Treppen oder Stufen			
E 8800	Rolltreppe	3	2	1
E 8808	Sonstige Treppen oder Stufen	1050	586	464
E 881	Sturz auf oder von Leiter oder Gerüst	134	121	13
E 8811	Sturz von Gerüst	80	78	2
E 884	Sonstige Stürze von einer Ebene auf die andere			
E 8840	Sturz von Spielplatzgeräten	1	1	-
E 8841	Sturz von Klippe	40	28	12
E 8842	Sturz vom Stuhl oder aus dem Bett	301	103	198
E 8849	Sonstige Stürze von einer Ebene auf die Andere	168	135	33
E 890	Brand in Privatwohnung			
E 8900	durch Brand verursachte Explosion	5	3	2
E 8901	durch Rauchentwicklung durch Entzündung von Polyvinylchlorid (PVC) und ähnlichem Material beim Brand	3	1	2
E 8902	Sonstige Qualm- und Rauchentwicklung durch Brand	215	135	80
E 8903	Verbrennung durch Brand	87	50	37
E 8908	Sonstige Unfälle durch Brand	4	3	1
E 8909	N.N.Bez. Brand in Privatwohnung	183	107	76
E 891	Brand in sonstigen Gebäude oder Bauwerken			
E 8910	Durch Brand verursachte Explosion	-		
E 8911	durch Rauchentwicklung durch Entzündung von Polyvinylchlorid (PVC) und ähnlichem Material beim Brand	-		
E 8912	Sonstige Qualm- und Rauchentwicklung durch Brand	8	6	2
E 8913	Verbrennung durch Brand	6	6	-
E 8918	Sonstige Unfälle durch Brand	2	1	1
E 8919	N.N.Bez. Brand in sonstigem Gebäude oder Bauwerk	9	5	4

Quellen: Stat. Bundesamt, ifo-Institut, EMNID

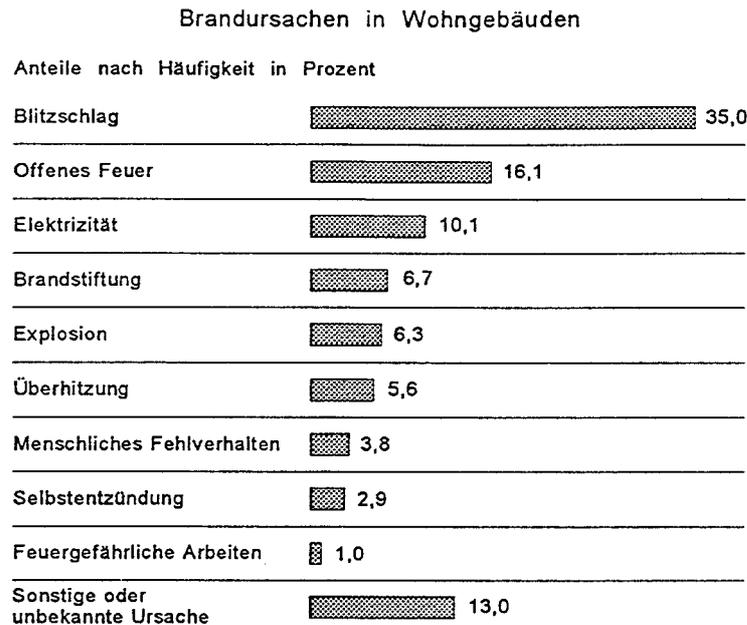
Aus der tabellarischen Aufstellung der tödlichen Unfälle des Jahres 1995 werden exemplarische Bewertungsansätze herausgegriffen.

Brandtote sind in der Regel Rauchtote (ca. 72%), weil schon in der Entstehungsphase vor Ausbruch offener Flammen zum Teil sehr große Mengen Rauchgas entstehen. In der Praxis ist diese Entwicklung in acht von zehn Fällen festzustellen. Die Beteiligung von gekapselten Brandlasten der Tragkonstruktion (z.B. Holzbauweise in BA-Bauweise → Abschnitt 5.2) ist dagegen untergeordnet.

In der Kategorie Arbeitsunfälle sind die Anzahl der tödlichen Unfälle durch den Einfluß von Feuer und Flammen im untersten Bewertungsbereich zu finden (≤ 10 pa). Im Bereich häuslicher Unfälle werden die Toten durch Einfluß von Bränden im Jahre 1995 mit 528 Personen beziffert (0,006 Promille der deutschen Bevölkerung). Im Vergleich hierzu weisen die tödlichen Unfälle im häuslichen Bereich durch Sturz (z.B. auf Treppen oder von Stühlen) um den Faktor 10 höhere Verluste des menschlichen Lebens auf.

Auch anzumerken ist die im Vergleich hohe Zahl der Getöteten bei Straßenverkehrsunfällen. Im gleichen Zeitraum 1995 gab es 9954 Tote und 122973 Menschen wurden verletzt aus Ihrem Auto geborgen.

Betrachtet man weiterhin die Primärbrandursachen in Wohngebäuden wird ersichtlich in welchen Bereichen die vorhandenen bauordnungsrechtliche Anforderungen das Personenrisiko real reduzieren können, bzw. daß die maßgebenden Eintrittswahrscheinlichkeiten und Brandursachen im Wesentlichen durch Bewusstseinswandel (26,6% offenes Feuer, Brandstiftung, Fehlverhalten) und technische Sicherungsmaßnahmen (Blitzschlag 35%) reduziert werden können (Abb. 5.1-1).



Quelle: WZ; Condor-Pressedienst

Abb. 5.1-1

Die statistische Auswertung durchgeführter Untersuchungen zeigt außerdem, daß 24% der Brände in die Klasse "Mittelbrand" einzuordnen sind. Die Klasse "Mittelbrand" ist hierbei nicht weiter spezifiziert. 4,7% der Brände entwickeln sich zur Größenordnung eines Großbrandes.

Ein weiterer Ansatzpunkt zur Quantifizierung der Risikopotentiale des Brandschutzes lassen sich aus folgenden statistischen Daten ableiten:

- Mit 56,9% ist die Wohnung der häufigste Brandherd
- In 29,6% aller Fälle bricht das Feuer im Treppenhaus, im Keller oder im Dachraum aus, mit 13,3% an sonstigen Orten.

Ein weiteres Bewertungskriterium ist, daß 31,4% der Brände in dem Zeitraum von 23.00 - 7.00 Uhr ausbricht. Hieraus läßt sich ableiten, daß Brände während der Nacht oft nicht rechtzeitig und zuverlässig erkannt werden, wenn Nutzer nicht anwesend sind oder schlafen bzw. die Aufmerksamkeitsbereitschaft stark reduziert ist.

Aus diesem Ergebnis läßt sich die Gefahrwahrscheinlichkeit einer Brandentstehung an den folgenden Faktoren ratifizieren:

- ungerichtetes Aktivitätspotential von Menschen (Wohnungen)
- ungestörte Brandentwicklung in unkontrollierten Zonen (Keller, Lager- und Abstellflächen, nicht ausgebaute Dachraum als Speicher)

Neben den genannten, primär konstruktionsneutralen Risikobetrachtungen werden im folgenden bauweisenspezifische Risikofaktoren von Bauteilen und Häusern in Holzbauweise untersucht.

5.2 Risikobetrachtungen zu Bauteilen in BA-Bauweise

Besondere Bedeutung, insbesondere im mehrgeschossigen Holzhausbau, kommt dem Konzept der nichtbrennbaren Oberflächen zu. Bauteile in "BA-Bauweise" ermöglichen es im Bauteilinneren brennbare Baustoffe einzusetzen bei gleichzeitiger Forderung nichtbrennbarer Oberflächen. Grundsätzlich zeichnen sich BA-Bauteile durch folgende Eigenschaften aus:

- brennbare Tragkonstruktion [B]
- nichtbrennbare Bekleidung/Beplankung [A] oder
- brennbare Beplankung [B] und abdeckende nichtbrennbare Bekleidung [A]

Die "BA-Bauweise" findet als Bauteilklassifizierung weder in Normen noch in bauordnungsrechtlichen Vorschriften Berücksichtigung. Sie wird unter die B-Bauweisen subsumiert. In Ansätzen existiert eine BA-Bauteilklassifizierung bereits in verschiedenen landesbauordnungsrechtlichen Vorschriften, z.B.:

Sächsische Bauordnung vom 4. August 1994, §33 "Treppenräume", Abs. 6 "... daß bei Gebäuden geringer Höhe Treppenraumwände in F30-B zulässig sind, soweit die Bekleidung in Treppenräumen notwendiger Treppen aus nichtbrennbaren Baustoffen besteht."

Eine Verhinderung der Brandausbreitung durch nichtbrennbare Oberflächen wird mit der Bekleidung/Beplankung von Wänden und Decken beispielsweise durch Gipsbauplatten, Kalziumsilikat- oder zementgebundene Holzwerkstoffplatten sichergestellt. Typische BA-Bauteile stellen die Regelkonstruktionen des Holzbaus dar. In Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V. (BDF) und dem Bund Deutscher Zimmermeister (BDZ) wurde eine statistische Erhebung (Konstruktionsrecherche) bei bauausführenden Unternehmen durchgeführt. Inhalt der Untersuchung war die Ermittlung des Ist-Ausführungsstand von Wand-, Decken- und Dachkonstruktionen im Holzhausbau. Es wurden die verwendeten Baustoffe, Verbindungsmittel, Abmessung und Rastermaße der Rand- und Mittelstiele, ebenso wie die Art und Dicke der Beplankungswerkstoffe und der Dämmstoffe sondiert. Am Beispiel der zur Ausführung kommenden Wohnungstrennwände wird deutlich, daß heute im modernen Wohnungsbau nur BA-Konstruktionen zum Einsatz kommen. (→Abb 5.2-1)

Aufbau tragender Wohnungstrennwände (Beplankungen)

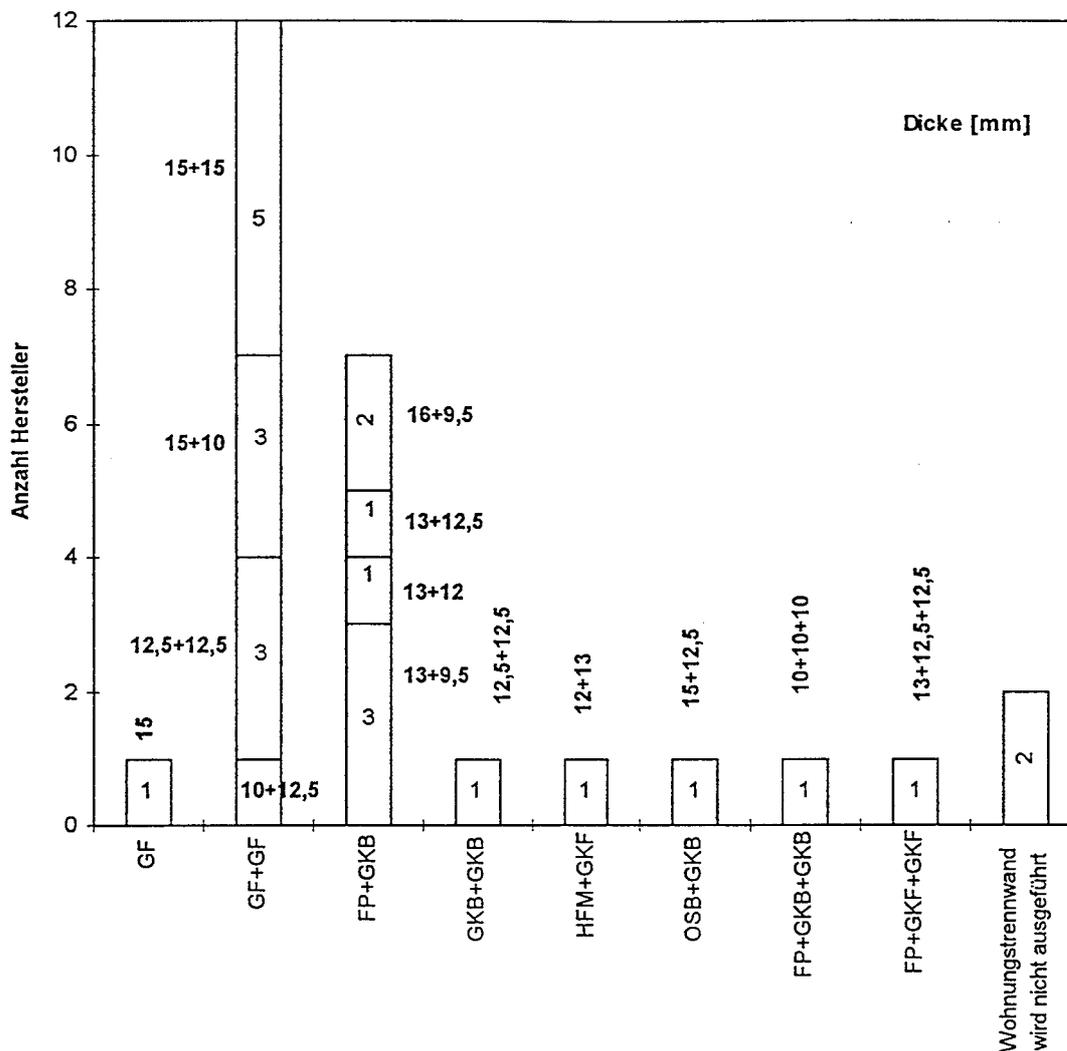


Abb. 5.2-1 Konstruktionsaufbau der Bauteiloberflächen tragender Wohnungstrennwände in Holzbauweise

Brandschutztechnisch günstige Bekleidungen, wie Gipskarton- und Gipsfaserplatten werden ohnehin bei entsprechender Verwendung sogar als aussteifende Bauteilebene eingesetzt. Da diese Beplankungen zusätzlich Schall- und Feuchteschutzfunktionen erfüllen, sind sie keine reinen "Brandschutzbekleidungen" sondern multifunktionale Baustoffe. Im folgenden werden Betrachtungen angestellt, welche Voraussetzungen erfüllt werden müssen, um die Feuerwiderstandsklasse Fxx-BA als brandschutztechnisch sichere Bauweise einzuführen.

5.3 Ansätze zur bauordnungsrechtlichen Definition von BA-Bauteilen

Eine brandschutztechnisch eindeutige Definition der Bauteilklassifizierung "BA" ist erforderlich, um Konstruktionen auszuschließen, welche der geforderten Schutzfunktion nicht gerecht werden. Eine sinngemäße Übertragung der Definition der AB-Bauteilklasse "...bestehen in den wesentlichen Teilen aus nicht brennbaren Baustoffen" in "...bestehen die Oberflächen aus nicht brennbaren Baustoffen" ist nicht möglich. Es muß ausgeschlossen werden, daß als nichtbrennbare Beplankung/Bekleidung "brandschutztechnisch unwirksame" Bekleidungen wie z.B. Metallfolien, Aluminiumbleche, Dünnpütze u.a. eingesetzt werden können.

Eine denkbare Definition von Bauteilen in BA-Bauweise könnte sich in folgender Form darstellen:

- A	aus nichtbrennbaren Baustoffen
- AB	in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen
- B	aus brennbaren Baustoffen
- BA	mit raum- oder bauteilabschließenden "brandschutztechnisch wirksamen" nichtbrennbaren Bekleidungen

Die vorgeschlagene Definition berücksichtigt die notwendige "brandschutztechnische Wirksamkeit" der nichtbrennbaren Bauteilbekleidung. Die Eigenschaft "brandschutztechnisch wirksam" zu spezifizieren ist Gegenstand der Untersuchung. Folgende Anforderungen könnten an Bekleidungsmaterialien der Baustoffklasse A gestellt werden, z.B.

- nichtbrennbare Bekleidungsmaterialien mit einer Mindestdicke > 8 mm
- ausreichend widerstandsfähige Bekleidungsmaterialien, mit Nennung der Baustoffe, die diese Eigenschaft erfüllen (z.B. in Form von DIN 4102 Teil 4, Abs. 4.11.4)
- anteilige bzw. den Feuerwiderstand des Bauteils erhöhende Bekleidungsmaterialien (nichtbrennbare Bekleidung der Klassifizierung B_{50}^{FW} erhöht den Feuerwiderstand des Bauteils $\geq 50\%$)
- Bekleidungen/Beplankungen deren den Feuerwiderstand erhöhende Anteil z.B. mindestens dem einer 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatte (GKF) nach DIN 18180 entspricht.
- "selbständige" Brandschutzbekleidung, d.h. das Leistungskriterium Raumabschluß (E) wird über die gesamte Feuerwiderstandsdauer von den Bekleidungsmaterialien alleine erfüllt. Diese Definition kann bei Anforderungen zur Begrenzung der Brandlasten ($\psi^1 = 0$ nach EDIN 18230-1, 6.4.3) oder der Rauch- und Pyrolysegasentwicklung interessant sein.

Bei allen Definitionsansätzen muß grundsätzlich die Anforderung "fugenlos" eingeschlossen werden.

Als Sonderspezifikation für Einsatzbereiche mit einem erhöhten Sicherheitsniveau bietet sich die Klassifizierung e) "selbständige" Brandschutzbekleidung an. Hierbei wird das Leistungskriterium Raumabschluß und ein definiertes Temperatur-Kriterium (z.B. 300°C) über einen zu bestimmenden Zeitraum von den Bekleidungs-/Beplankungsmaterialien alleine erfüllt. Bzgl. des Risikopotentials zusätzlicher Brandlasten durch die Tragkonstruktion sowie der Rauch- und Pyrolysegasentwicklung ergibt sich damit eine besondere Qualität.

Als erster Anhaltswert über die brandschutztechnische Qualität einzelner im Holzbau üblicher A-/B-Beplankungen und Bekleidungswerkstoffe können bereits ermittelte Widerstandszeiten von Plattenwerkstoffen herangezogen werden. In Abbildung 5.3-1 sind charakteristische Kurven verschiedener Plattenwerkstoffe zusammengestellt, deren Prüfungen (Versagenskriterien) jedoch nicht einheitlich durchgeführt wurden. Dennoch geben die plattenspezifischen Widerstandskurven Aufschluß über die Dauer der Kapselung der in typischen Holzbauteilen enthaltenen Brandlasten.

¹ In Abschnitt 5.6 werden die Brandlasten von BA-Bauteilen ermittelt. Der Kombinationsbeiwert ψ berücksichtigt die Möglichkeit des Zusammenwirkens geschützter und ungeschützter Brandbelastungen. Der Variationsbereich von ψ liegt demnach zwischen 0 und 1,0.

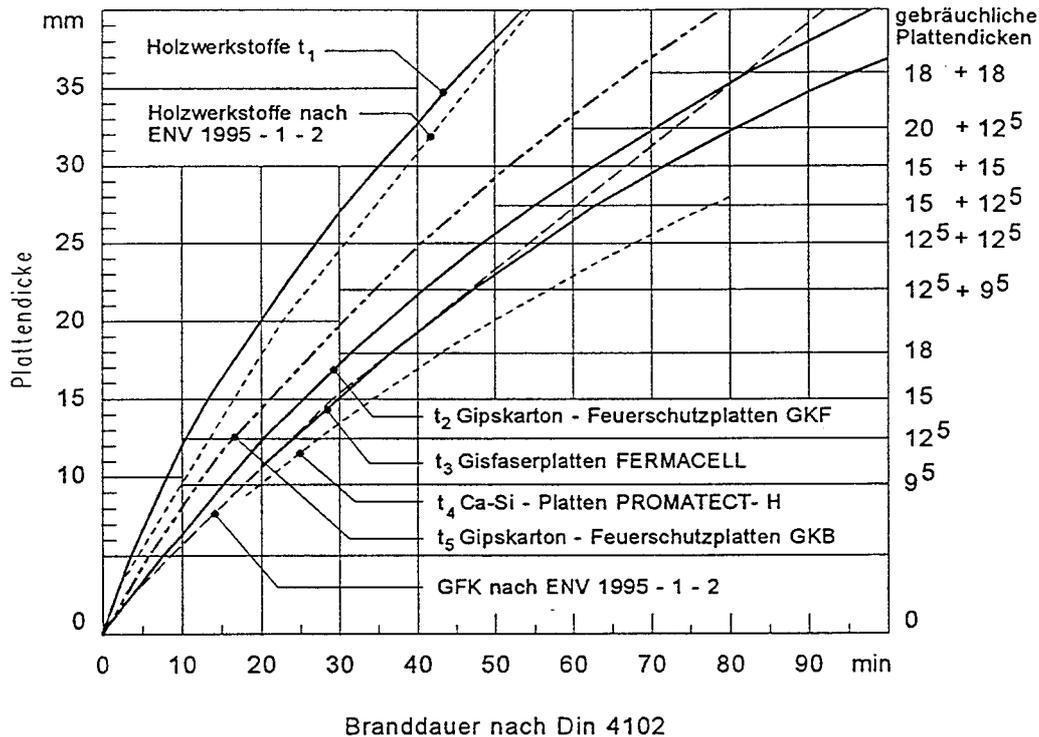


Abb. 5.3-1 Charakteristische Brandkurven von im Holzbau üblichen Beplankungen/Bekleidungen in Anlehnung an [2]

5.4 Vergleich von Bauteilen der Bauweisen A/AB/B mit BA-Bauteilen

Die Brandentwicklung, Brandausbreitung und das Einsatzgeschehen der Feuerwehren wird maßgeblich durch die sich in der Umgebung befindlichen Brandlasten (mobile und immobile Brandlasten), wie

- Mobiliar,
- Lager- und Produktionsstoffe,
- Bauteiloberflächen u.s.w. beeinflusst.

Die mobilen Brandlasten werden durch die Art der Nutzung und die Nutzungsintensität bestimmt. Diese bleiben in der Regel bauordnungsrechtlich unberücksichtigt (mit Ausnahme von DIN V 18230). Der Anteil und die Wirksamkeit der immobilen Brandlasten resultieren aus den verwendeten Baustoffen der Trag- und Ausbaukonstruktionen. Die 'Wirksamkeit' der in einem Bauteil enthaltenen Brandlasten hängt vor allem ab von

- dem konstruktiven Aufbau und Schichtung eines Bauteils
- der Oberflächenausbildung und -behandlung,
- dem Verbund oder der Verbindung mit anderen Baustoffen.

Vergleicht man die den einzelnen brandschutztechnischen Bauweisen A/AB/BA/B eigenen Risikopotentiale bilden diese keine eindeutig abgestufte Hierarchie. Die mit der innerhalb einer Bauweise zulässigen Konstruktionsvielfalt einhergehenden Risikopotentiale stellen sich in der Praxis als "Risikofelder" (→Abb. 5.4-1) dar. Erst die Lage und die Größe eines Risikofeldes beschreibt das eigentliche Risikopotential. Dies soll im folgenden im Vergleich zwischen Bauteilen in AB-Bauweise mit Bauteilen in BA-Bauweise veranschaulicht werden.

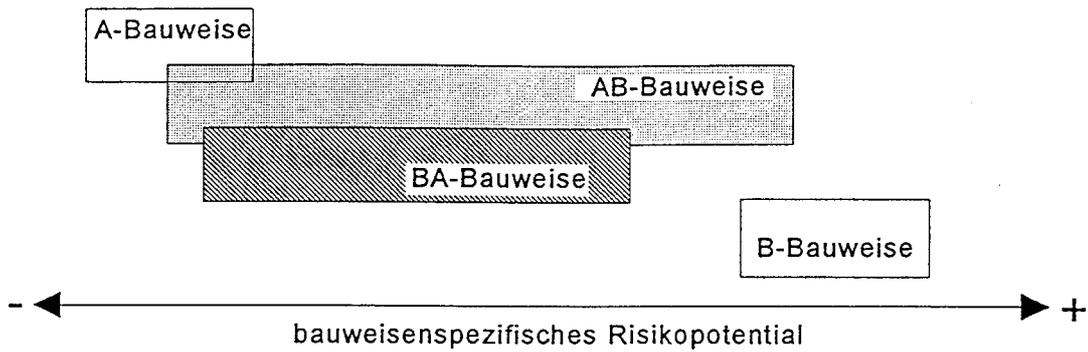


Abb. 5.4-1 Qualitative bauweisenspezifische Risikofelder

In dem real-möglichen Gefahrenpotential sind AB-Bauteile mindestens vergleichbar mit BA-Bauteilen. Es wird folgende These abgeleitet und nachfolgend betrachtet:

**"AB-Bauteile können in ihrem Risikopotential im Brandfall
BA-Bauteilen ähneln bzw. lassen sogar eine höhere Gefahrensituation zu."**

Die Brandentwicklung und die Brandausbreitung wird maßgeblich durch das Baustoffverhalten der Bauteiloberflächen bestimmt. Ein Vergleich der in Tabelle 5.4-1 wiedergegebenen Brandausbreitungsgeschwindigkeiten von brennbaren Oberflächen gegenüber nichtbrennbaren Oberflächen verdeutlicht die wesentliche Reduzierung des Risikopotentials einer AB- sowie einer BA-Bauweise (NFA, USA, 1986).

Tabelle 5.4-1

Brandausbreitungsgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Bauteiloberfläche	
A-Baustoff (z.B. BA-Bauweise)	bis zu 5 m/min
B-Baustoff (z.B. AB-Bauweise)	bis zu 5 m/sec

Die Brandweiterleitung über Bauteiloberflächen wird bei BA-Bauteilen unterbunden bzw. wesentlich reduziert, während durch AB-Bauteile zusätzliche Brandlasten dem Feuer zugänglich gemacht werden können und dadurch die Brandweiterleitung gefördert wird. Warum z.B. mit Holzwerkstoffplatten bekleidete Stahlträgerdecken, ggf. mit einer brennbaren Dämmung, wenn eine durchgehende Schicht aus 50 mm nichtbrennbaren Baustoffen besteht, in Gebäuden bis zu 14,0 m zugelassen werden (Anforderung F90-AB, HBO 94) und mit Feuerschutzplatten bekleidete Holzbalkendecken ausgeschlossen werden ist über eine Risikobetrachtung mit Abschätzung des resultierenden Sicherheitsniveaus nicht zu erklären.

5.5 Betrachtungen zu den Risiken und Gefahrenpotentialen von "BA"-Bauteilen

Folgende theoretischen Gefahrenpotentialen lassen sich bei Bauteilkonstruktionen, die brennbare Baustoffe z.B. in Form von Vollholz, Holzwerkstoffen oder organischen Dämmstoffen enthalten ableiten:

- Zusätzlicher Eintrag von Brandlasten
- Beteiligung an der Rauchgasentwicklung und an Pyrolyseprodukten
- Gefahr von Nachentzündungen
- Bildung von Glutnestern
- Brandentstehung innerhalb der Konstruktion (Kurzschluß o.ä.)
- Brandweiterleitung bzw. -einleitung über Installation
- Haltbarkeit von Duftstoffen und toxischen Kontaminationen

5.5.1 Eintrag von Brandlasten durch die Tragkonstruktion

Der zusätzliche Eintrag von immobilen Brandlasten durch die Tragkonstruktion ist dann von Bedeutung, wenn

1. diese im Brandfall auch thermisch umgesetzt werden können (dem Feuer zugänglich sind) bzw. die zeitlich abhängige Umsetzung der Brandlasten dq/dt durch die immobilen Brandlasten maßgeblich beeinflusst wird
und
2. diese Brandlasten in einem maßgeblichen Verhältnis zu den Gesamtbrandlasten (mobile und immobile Brandlasten) stehen. Bei den immobilen Brandlasten ist zusätzlich eine weitere Differenzierung in bauweisenabhängige und konstruktionsneutrale Brandlasten, die in Gebäuden in Massiv- oder Stahlbauweise in gleichem Umfang vorkommen können, vorzunehmen (→ Abb. 5.5-1)

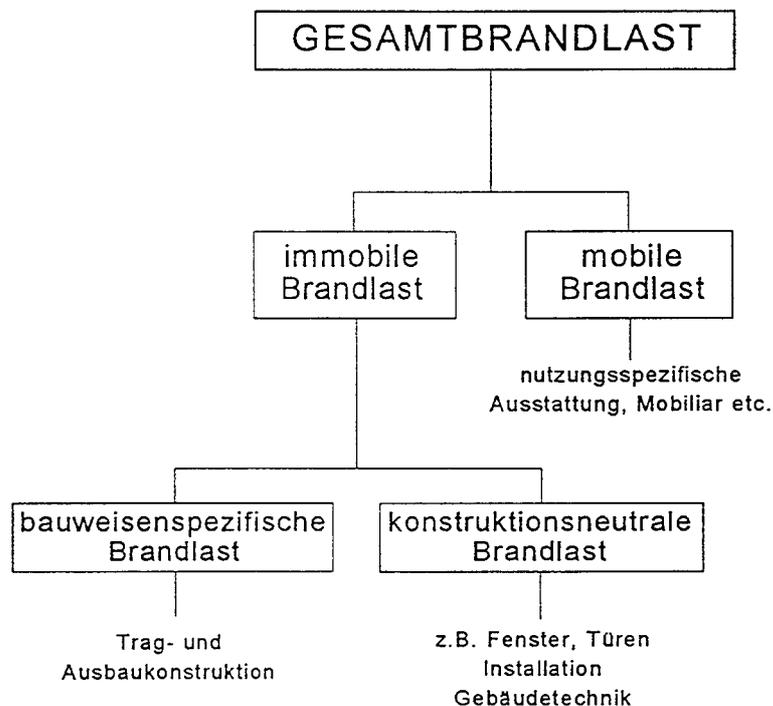


Abb. 5.5-1 Zusammensetzung der Brandlastanteile in einem Gebäude

Ausgehend von einem normal entfachten Brand (unbeachtet der Brandentstehungsphase) werden die freien dem Feuer zugänglichen Brandlasten (Primärbrandlasten) thermisch umgesetzt. Die umsetzbaren Energiemengen sind von der Art der Nutzung, des Ausbaus und der Bauweise abhängig und streuen in einem großen Bandbereich. Im folgenden werden zwei Fälle betrachtet (→Abb.5.5-2):

Fall 1: Bei nichtbrennbaren Tragkonstruktionen (z.B. reiner Massiv- oder Stahlbauweise) erlischt der Brand nach Verzehren der zugänglichen Brandlast (mobile und konstruktionsneutrale immobile Brandlasten). Bei "reinen" B-Bauweisen beteiligen sich am Brandgeschehen zusätzlich zu den mobilen Brandlasten, die dem Feuer unmittelbar zugänglichen Trag- und Bekleidungskonstruktionen (z.B. Stützen, Unterzüge, Wand- und Deckenbeplankungen). Die durch die brennbaren Bekleidungen "versteckten immobilen Brandlasten" (z.B. Wandständer, Holzbalken in Deckenkonstruktionen) beteiligen sich verzögert ebenfalls am Brandgeschehen (durchgezogene Linie). Die zeitliche Verzögerung und die Menge der additiv freigesetzten Energie ist primär holzbauweisenspezifisch und wird in Abschnitt 5.6 ermittelt.

Fall 2: Werden B-Bauteile gemäß den in Abschnitt 5.3 entwickelten Definitionsansätzen in BA-Bauteile überführt weisen sie zunächst ein ähnliches Brandlastverhalten wie A-Bauteile auf. Bei der thermischen Umsetzung der Primärbrandlasten erfahren die nichtbrennbaren Schutzbekleidungen (Beplankungswerkstoffe) eine zeit- und temperaturabhängige Zerstörung. Der einwirkende Energieanteil ist abhängig von Menge und Verteilung sowie Art der mobilen und konstruktionsneutralen immobilen Brandlasten. Die gekapselten Brandlasten der Tragkonstruktion werden erst stark zeitlich verzögert freigesetzt. Unbekannt ist hierbei der Anteil der freiwerdenden Energiemenge durch die Brandlast der Tragkonstruktion in Abhängigkeit der Bauweise (Skelettbau, Rippenbau, Massivholzbau etc.). Unbekannt ist weiterhin der Zeitbereich ab dem die immobilen Brandlasten freigesetzt und in welcher Geschwindigkeit diese umgesetzt werden. Die in Abbildung 5.5-2 dargestellten Varianten des Brandverhaltens von BA-Konstruktionen zeigen qualitativ das mögliche Verhalten der zeitlich verzögerten Freisetzung der gekapselten Brandlasten (gestrichelte Linien "BA"). Maßgeblich werden die Kriterien "Zeitpunkt und Geschwindigkeit" durch die Art und Ausführung der nichtbrennbaren Bekleidungen und dem Bauteilaufbau bestimmt (z.B. Anzahl der Plattenlagen, Art des Dämmstoffs, Volldämmung der Hohlräume usw.).

Zur Quantifizierung der ersten Anhaltwerte lassen sich die Untersuchungen des kanadischen National Research Council (→ Abschnitt 4.1) und der Victoria University of Technologie in Melburn, Australien (→ Abschnitt 4.2) heranziehen. Betrachtungen hierzu werden in Abschnitt 5.6 ermittelt.

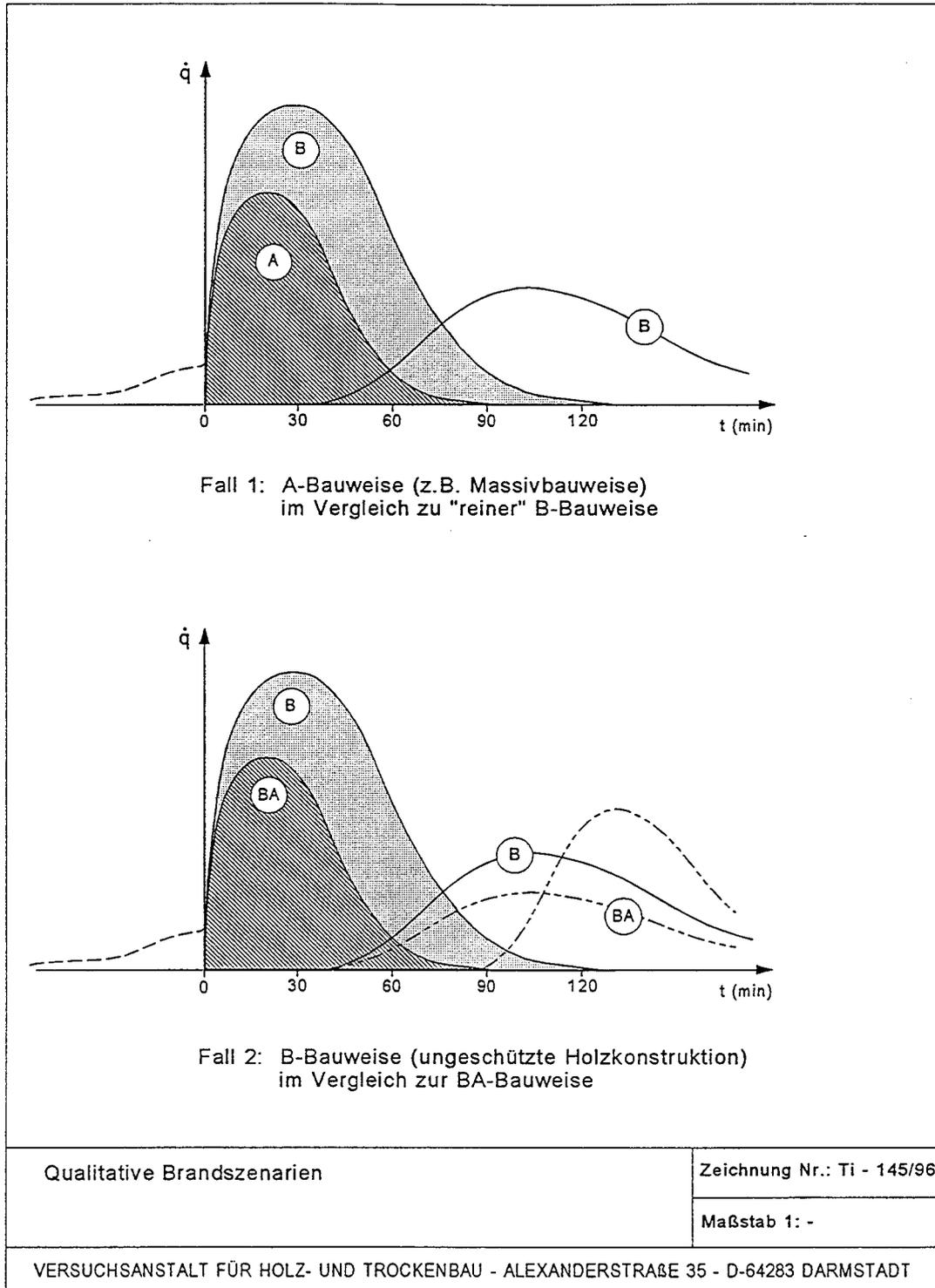


Abb. 5.5-2

Statistische ausreichend verwertbare Größen über den Anteil der immobilen Brandlasten zu den nutzungsabhängigen mobilen Brandlasten bei Holzkonstruktionen sind nicht vorhanden. Vor allem konstruktionspezifische Einflüsse (Rippenbauart, Skelettbauart, Brettstapelbauweise usw.) wurden nicht erfaßt. Einen ersten Hinweis auf durchschnittliche Brandlastenverhältnisse für Holzkonstruktionen gibt die SIA-Dokumentation 81. Die nutzungsabhängigen Verhältniszahlen sind in Tabelle 5.6-2 wiedergegeben.

Tabelle 5.5-1

Gebäude- nutzung	Gesamtbrandlast (MJ/m ²)	Verhältnis B _I /B _M
Bürogebäude	800 - 1000	1/4
Wohngebäude	600 - 700	1/2 - 1/3
Schulen	500 - 600	1/2 - 1/3
Hotels	800	1/3

Der Ermittlung der bauweisenspezifischen immobilen Brandlast aus der Tragkonstruktion liegen "Musterkonstruktionen" von 1980-1990 zugrunde. Aussagen über die Bauweise, gewählte Konstruktionsaufbauten und angesetzte Heizwerte konnten nicht gewonnen werden. In welcher Form bauweisenneutrale, immobile Brandlasten z.B. durch Ausbauelemente (Fenster, Türen usw.) berücksichtigt wurden, ob diese z.B. der Tragkonstruktion zugeschlagen wurden, ist nicht bekannt. Welchen Einfluß die verschärften Anforderungen hinsichtlich Wärmeschutz, Wirtschaftlichkeit (Optimierung des Materialeinsatzes), Ökologie, etc. auf eine Reduzierung des Holzanteils haben ist ebenfalls nicht bekannt.

Es wird darauf hingewiesen, daß die angegebenen Werte nur bedingt mit eigenen Untersuchungen ähnlicher Gebäudetypen übereinstimmen und von mehrgeschossigen und verdichteten Gebäuden in Holzbauweise abweichen. Die daraus abgeleiteten Untersuchungsinhalte sind in Abschnitt 5.6 beschrieben.

5.5.2 Beteiligung an der Rauchgasentwicklung und an Pyrolyseprodukten

Organische Werkstoffe zersetzen sich bei höheren Temperaturen. Diesen chemischen Abbau unter Wärmeeinwirkung bezeichnet man als Pyrolyse. Bei Zellulose und zellulosehaltigen Materialien, also auch bei Holz, beginnt eine Zersetzung bereits oberhalb von 110°C. Eine langsame Pyrolyse, die bei minimaler Luftzufuhr auch selbständig abläuft, mit einer Rauchentwicklung ohne Flammen ist typisch für einen Schwelbrand. Die thermische Degradation setzt nach einer Erhöhung der Temperatur auf über 150°C massiv ein. Diese beiden Phasen des Brandes, die Trocknung und die thermische Zersetzung, verbrauchen Wärmeenergie, die größtenteils dem Brand entzogen wird. Bei diesen Schwelvorgängen werden Substanzen wie Holzgas (Holzgas ist ein Gemisch aus Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Methan) sowie Methylalkohol, Essigsäure und Aceton freigesetzt. Gelangt genügend Sauerstoff an den verkohlten Rückstand, so verglimmt oder verglüht die Kohle; es entsteht ein Glimmbrand. Bei allseits gleichmäßiger, langandauernder Erwärmung kann der Vorgang der Pyrolyse ab ca. 200°C zu einer Selbstentzündung von organischen Baustoffen führen.

Die Gefahr bei der Verwendung von brennbaren Baustoffen liegt neben der höheren Wahrscheinlichkeit bei der Brandentstehung und der Ausbreitung von Feuer und Rauch in der möglichen Risikoerhöhung des Eintritts einer Durchzündung (Flashover). Die Gefahr bei

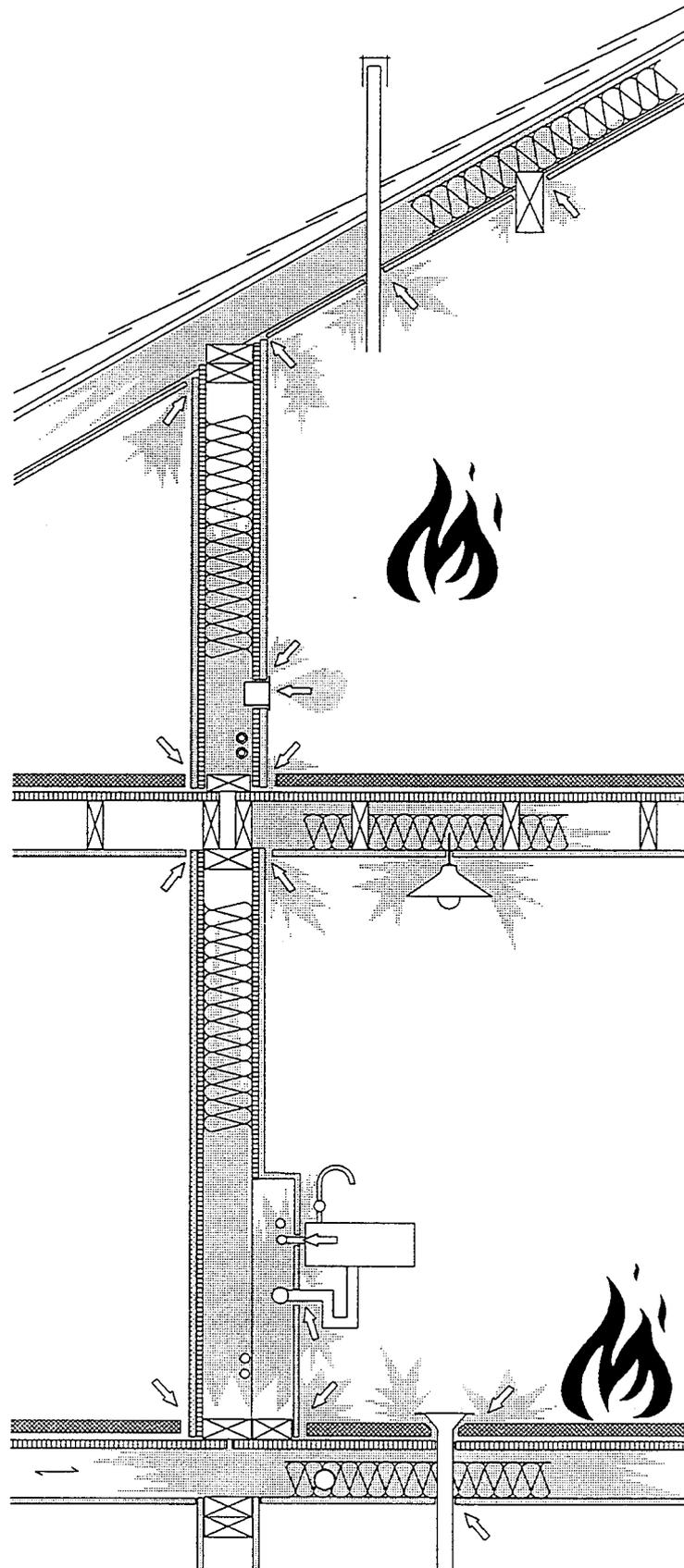


Abb. 5.5-4 Austritt von Pyrolysegasen aus dem Hohlraum brennbarer Konstruktionen durch Anschluß- und Durchdringungsfugen

Untersuchungen zur "Flashover"-Problematik und dessen Brandbekämpfung wurden an Realbränden von der Feuerwehr in Yorkshire durchgeführt. Weitere Untersuchungen erfolgten durch das englische Brandforschungsinstitut in Cardington.

Die Erfahrung aus der Brandkatastrophe von 1987 in der U-Bahnstation Kings Cross, London, zeigt welche Bedeutung der Minimierung des Entstehens brennbarer Gase durch flächige B-Baustoffe und deren rascher Ableitung zukommt. An der Haltestelle Kings Cross hat sich die hölzerne Rolltreppe Nr. 4 infolge eines weggeworfenen Streichholzes entzündet. Das ungünstige Verhältnis durch die Entstehung des Hitzestaus an den Tunnelwänden, die im Brandherd befindlichen brennbaren Stoffe der Rolltreppe und der brennbaren Oberflächen der Gänge und Wartebereiche (AB-Bauweise) sowie die Ventilationsbedingungen (Kamineffekt durch die U-Bahn-Entlüftung) führte dazu, daß sich innerhalb von 8 Minuten der "Flashover" entwickelte.

5.5.3 Gefahr von Nachentzündungen und Glutnestern

Eine theoretische Erhöhung des brandschutztechnischen Risikos könnten bei Holzkonstruktionen in Verbindung mit brennbaren Dämmstoffen entstehen. Dies kann für Unterdeckenkonstruktionen oder bei Wänden mit nachgewiesenem Feuerwiderstand zutreffen, wenn z.B. ein Brand durch vertikale oder horizontale Fugen in Anschlußbereichen oder an Installationsdurchdringungen in den Wand- oder Deckenhohlraum gelangen kann. Eine Brandrisikoerhöhung ist weiterhin gegeben, wenn sich im Bauteilinneren potentielle Entzündungsquellen befinden. Zeitgemäße mehrschichtige Bauteilaufbauten die primär aus schall- und wärmeschutztechnischen Gründen entwickelt wurden, verbessern auch die Standeigenschaften solcher Hohlraumkonstruktionen. Um das Gefahrenpotential von Sekundärentzündungen und der Bildung von Glutnestern weiter zu reduzieren, sind die praxisüblichen Bauteilaufbauten sowie vor allem die Anschluß- und Stoßbereiche weiterzuentwickeln, um den Hohlraum besser gegen Flammeneintritt, zu starker Aufheizung und ventilationsunterstützende Konvektionserscheinungen zu schützen. Die Ausbildung einer "brandschutztechnisch ungeschwächten Bauteilebene" in mehrschichtigen Bauteilen und Hohlraumkonstruktionen ist eine wesentliche Maßnahme zur Risikoreduzierung.

Aus den Ergebnissen der schwedischen Naturbrandversuche läßt sich folgendes vorteilhaftes Konstruktionsprinzip ableiten:

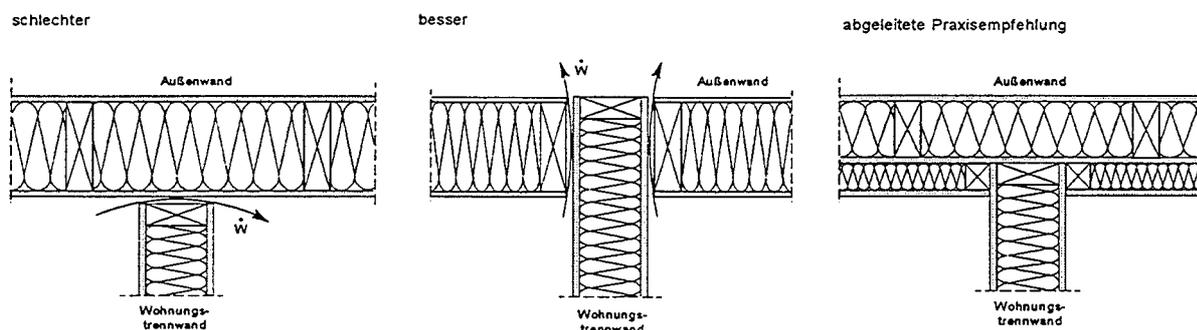


Abb. 5.5-5

Konstruktionsentwicklung

Variante 1 der Abbildung 5.5-6 stellt den in der Praxis üblichen Ausführungsfall des Anschlusses einer Wohnungstrennwand an die Außenwand dar. Die Außenwand wird als Großtafel ausgeführt. Die Wohnungstrennwand, als ebenfalls vorgefertigte Wandtafel, stößt stumpf gegen die Außenwand. Diese Art der Ausführung hat vor allem ökonomische Gründe, um die Anzahl der Außenwand-Tafelelemente zu minimieren. Gleichzeitig wird bei dieser Konstruktionsvariante eine höhere Flexibilität des Raumprogramms ermöglicht, indem die Wohnungstrennwand bzw. die Trennwand zwischen zwei Nutzungseinheiten nachträglich verändert werden kann.

Brandschutztechnisch stellt die Ausführung des stumpf gestoßenen Wandanschlusses eine Schwachstelle dar. Die stumpf angespachtelten Flanken weisen in der Praxis eine hohe Rißanfälligkeit auf, was auf die Problematik der Anschlußdichtung hinweist. Rauch, brennbare Gase und Flammen können entlang des umlaufenden Stoßes bei nicht fachgerechter Bauausführung frühzeitig durchtreten. Eine dauerhafte Dichtigkeit umlaufender stumpf gestoßener Anschlüsse, ist nur bei höchster Ausführungssorgfalt zu gewährleisten.

Variante 2 von Abbildung 5.5-6 stellt den brandschutztechnisch günstigeren Fall des Anschlusses der Wohnungstrennwand an die Außenwände dar. Die Außenwände stoßen zwar immer noch stumpf an die Wohnungstrennwand, jedoch ist die brandschutztechnische Schwachstelle "Fuge" nicht in zur fremden Nutzungseinheit gerichtet; die Anschlußfuge führt nach außen. Dies kann im Hinblick auf den Wärmeabzug im Brandfall sogar als günstig betrachtet werden. Diese Anschlußausführung verhält sich weiterhin auch bauakustisch günstiger. Die Schall-Längsleitung ist gegenüber Variante 1 wesentlich reduziert.

Gegen die dargestellte Ausführung sprechen bauökonomische Anforderungen, z.B. die einzelnen Tafelstöße zu minimieren und im Rahmen der Vorfertigung großformatige Tafелеlemente herzustellen. Weiterhin weist der Anschluß baukonstruktive Probleme im Hinblick auf die Ausbildung der Luftdichtheit sowie eine höhere Wärmebrückenwirkung gegenüber Variante 1 auf.

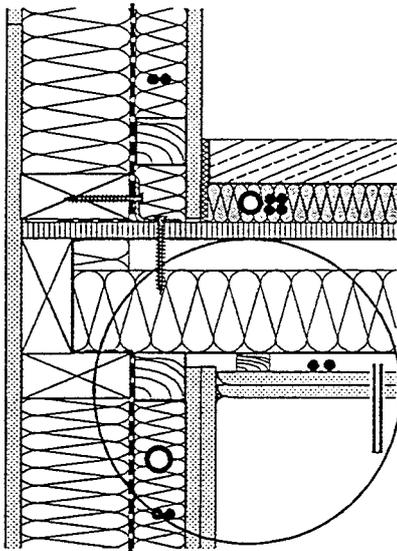
Variante 3 vereinigt die positiven Eigenschaften der Varianten 1 und 2. Die Außenwand kann als durchlaufende Großtafel hergestellt werden. Die Wohnungstrennwand stößt in baukonstruktiv einfacher Art stumpf auf die Außenwand. Die innenseitige zweite Dämmebene übernimmt die Funktion einer Installationsebene und führt zur brandschutztechnischen Verbesserung des Anschlusses. Weiterhin weist der Anschluß sehr gute Schalllängsdämmwerte auf, Wärmebrücken werden minimiert und die Luftdichtheitsebene kann ungestört in die Außenwand integriert werden.

Brandschutztechnisch gewinnt nicht nur das Niveau des Anschlusses "Wohnungstrennwand an Außenwand", sondern auch der Problembereich von Installationsdurchdringungen oder der Hohlraumtzündung durch Kabelbrände wird entschärft. Diese werden in der Vorwandinstallation gekapselt und können somit nicht die tragende Primärkonstruktion der Außenwand entzünden. Konstruktionen mit Installationsebenen sind aus energetischen Gründen in den skandinavischen Ländern weit verbreitet. Auch moderne Holzhäuser in Deutschland weisen einen derartigen Konstruktionsaufbau auf.

Reduzierte Anforderungen an die Luftdichtheit sollten für den Brandfall auch auf nutzungseinheitentrennende Bauteile übertragen werden (z.B. Wohnungstrennwände, -decken), um den Durchtritt von Rauchgasen zu verhindern. Dies ist eine über die derzeitige Praxis der Bauteilprüfungen nach DIN 4102 hinausgehende Anforderung.

In Abbildung 5.5-6 ist das beschriebene Prinzip auf einen Außenwand-Decken-Anschluß übertragen worden. Dieser berücksichtigt ebenfalls die Forderung nach einer "brandschutztechnisch ungeschwächten Bauteilebene".

Variante 1 (Standard)



Variante 2

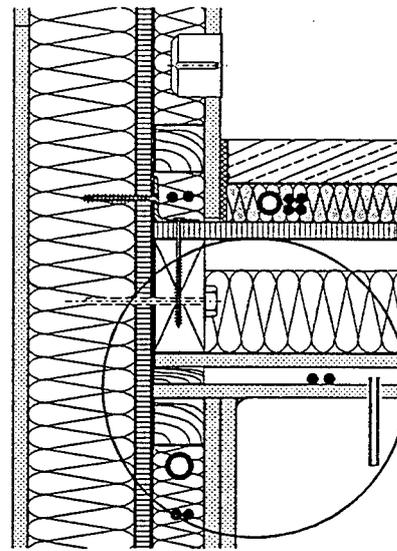


Abb. 5.5-6 Prinzipskizze der Weiterentwicklung eines Außenwand-Decken-Anschluß mit der Anforderung einer "brandschutztechnisch ungeschwächten Bauteilebene"

5.5.4 Kontaminität und Haltbarkeit von Duftstoffen

Der Kontaminierungsgrad emittierter Duftstoffe (primär organischer Verbindungen) steigt wiederum mit den im Bauwerk vorhandenen Brandlasten und deren brandschutztechnischen Eigenschaften (Brandparallelererscheinungen z.B. Emmittierungseigenschaften). Es zeichnet sich ab, daß die Haltbarkeit in Gips- und Kalkputzen höher ist als beispielsweise in Gipsbauplatten (Gipskarton-, Gipsfaserplatten) oder Kalziumsilikatplatten. Das Abschlagen und Erneuern des Putzes im Massivbau ist dem Aufwand des Erneuern der raumseitigen Plattenbekleidung einschließlich dem Einziehen einer diffusionsdichten Folie gegenüberzustellen.

Zur Haltbarkeit der beim Brand emittierten Duftstoffe lassen sich aus der Literatur keine verwertbaren Aussagen finden, bzw. sind in der Regel nicht auf die baupraktischen Belange zu übertragen. Untersuchungen hierzu sind nicht Gegenstand des Vorhabens, da die Kriterien des Personenschutzes nicht berührt werden.

5.6 Betrachtung zu den holzbauweisenspezifischen Risikofaktoren

Für die Sondierung der Risikofaktoren von Gebäuden in Holzbauweise werden die vorhandenen Grundlagen und nationalen/internationalen Erfahrungen aus Abschnitt 4 aufgearbeitet. Anhand eines mehrgeschossigen "Modellgebäudes" sollen die Brandlasten der Tragkonstruktionen quantifiziert werden. Einen Vergleich der vorhandenen eingetragenen Brandlasten durch das Mobiliar und die technische Gebäudeausstattung und konstruktions-neutraler immobilier Brandlasten (z.B. Holzfenster und Holztüren) geben einen Aufschluß über das grundsätzliche Risikopotential.

Aus diesen theoretischen Betrachtungen sollen die Brandlastanteile der B- und BA-Bauweise und deren Risikopotential in Abhängigkeit von Wahl der Bauweise, Bauteilaufbauten und Entwurfskriterien im Vergleich zu A-/AB-Bauweise quantifiziert werden. Der Einfluß der konstruktionsneutralen immobilien Brandlasten wird herausgearbeitet. Ausgehend von den derzeit praxisüblichen Standardbauteilaufbauten und Regeldetails werden verschiedene Konstruktionsszenarien betrachtet. Ein Randergebnis dieser Untersuchungen ist, bei Kenntnis der maximal möglichen/zulässigen Brandlasten, die Abschätzung der real erforderlichen Feuerwiderstandsdauern. Betrachtet werden folgende Bauteilvarianten.

Konstruktions-Szenario 1: Standardkonstruktionen (Ist-Zustand der Bauausführung)

Konstruktions-Szenario 2ff: Konstruktionsvarianten und optimierte Konstruktionen

Das Modellgebäude und die Standardkonstruktionen werden durch folgende Maßnahmen optimiert (Abschnitt 5.6.3):

1. Reduzierung/Minimierung der "offenen" Brandlasten,
2. Brandschutztechnische Kapselung der immobilien Brandlasten, d.h. brennbare Oberflächen zu vermeiden bzw. zu minimieren und Holzkonstruktionen durch geeignete Plattenwerkstoffe zu schützen → **BA-Bauweise**
3. Entwicklung baulich konstruktiver Kompensationsmaßnahmen in Verbindung mit Konstruktionsdetails, die das Brandrisiko minimieren
4. Berücksichtigung weitergehender anlagentechnischer Kompensationsmaßnahmen für spezielle Einsatzbereiche der Holzbauweise

5.6.1 Entwurf und Beschreibung des Modellgebäudes

Basierend auf dem Forschungsziel des Vorhabens soll der Gebäudetyp eines mehrgeschossigen Gebäudes in Rippenbauweise (Holzrahmenbau, Holztafelbau) herangezogen werden, um einschätzbare Datenmaterial für die Risikobewertung zu erhalten.

Bei dem Modellgebäude leitet sich der Grundentwurf von einem 4-geschossigen Mehrfamilienwohnhaus als 2- und 3-Spännerkonzept ab. Bei dem Entwurf wurden folgende Randbedingungen zugrunde gelegt:

- Entwicklung wirtschaftlicher Wohngrößen (Minimierung der Verkehrsflächen),
- Berücksichtigung der Anforderung der technischen Wohnungsbaurichtlinien,
- Wohnungsbildung nach dem Prinzip des "Durchwohnens" (Belichtung über die Stirnflächen der Wohnungen).

Bei der Variante eines nichtunterkellertem Gebäudes sind optional die Kellerersatzräume, Abstellräume, Heizung, Wasch- und Trockenraum im 5. Obergeschoß angeordnet. Der Terrassenbereich im obersten Geschoß ist in Fortführung der Außenwandflächen, ab einer 1 m hohen geschlossenen Brüstungsfläche verglast. Der Treppenraum ist entsprechend in 2- bzw. 3-Spännerbauweise zentral angeordnet und an seiner Außenwandseite verglast. Die einzelnen Stockwerke sind untereinander durch eine Stahltreppe verbunden (eine Variantenrechnung kann der Austausch der Stahltreppe durch eine Holztreppe sein).

Bei der Ausbildung der einzelnen Wohneinheiten wurde auf eine klare auf den Holzrippenbau abgestimmte Tragwerksstruktur geachtet (wirtschaftliche Deckenspannweiten, ausreichende Anzahl von Wandscheiben zur Horizontalaussteifung in alle Richtungen der Windangriffsflächen, stringente Vertikallastabtragung).

Aus den vorgegebenen Randbedingungen wurde ein Modellgebäude entwickelt, welches sich in Anlehnung an die Schottenbauweise modular entwickeln läßt. Durch die Basismodule A-E (siehe Anlage) sind variable Wohnungsgrößen von Einpersonenhaushalten (Single-Wohnungen) bis hin zu Großfamilien von 5-6 Personen möglich. Bei den so entstehenden Wohnungsgemengen sind die Anforderungen an Mindestraumgrößen, Nutzungsanordnung und Mindestverkehrsflächen der technischen Wohnungsbaurichtlinien eingehalten.

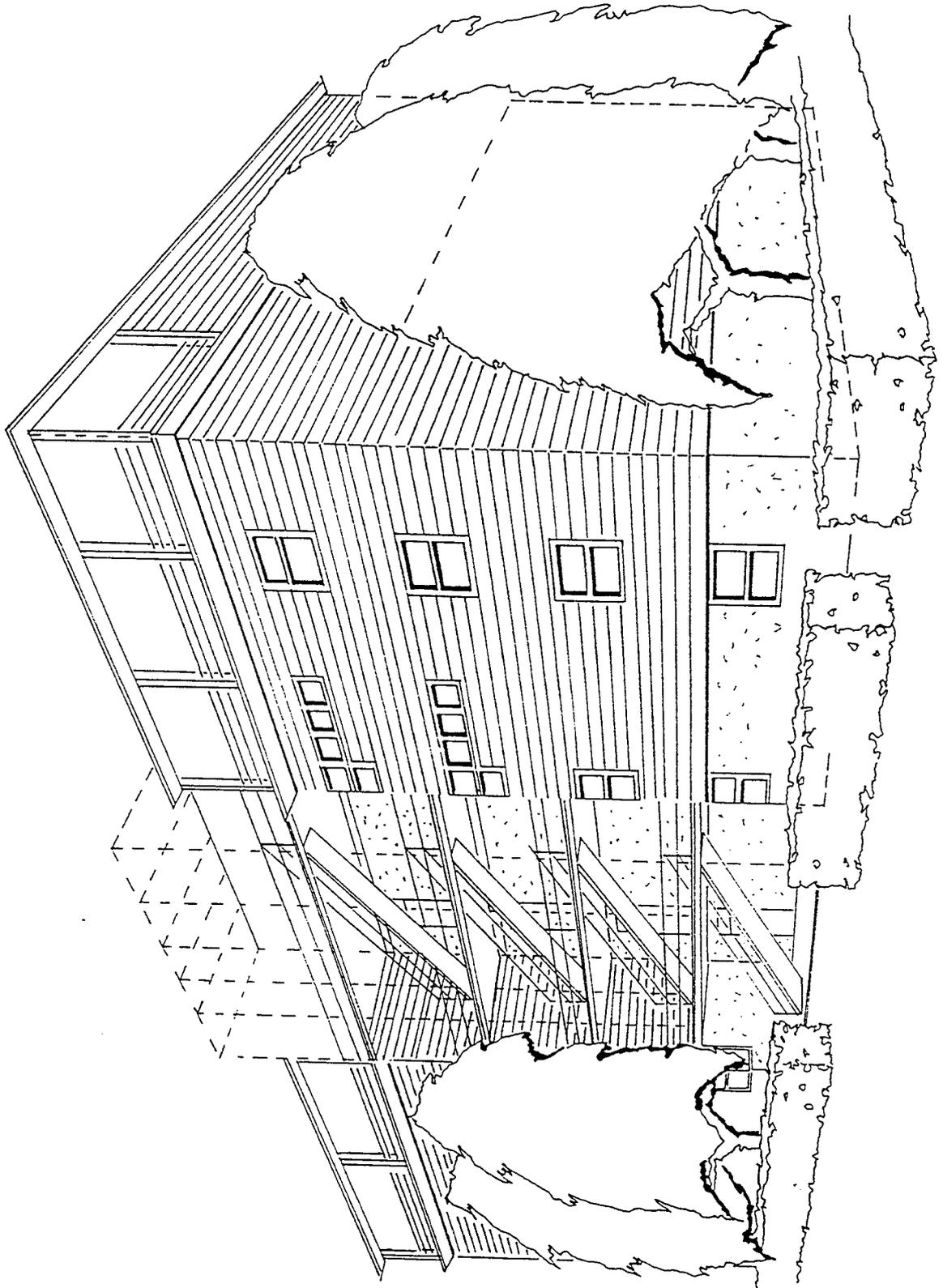
Werden die Module A und B zusammengeschaltet, erhält man je Geschoß zwei Wohneinheiten, welche über einen gemeinsamen Treppenraum erschlossen werden (2-Spänner). Desweiteren können 2 außenliegende C-Modul-Wohneinheiten über ein D-Modul verbunden werden, so daß man ein Geschoß mit drei kleineren Wohneinheiten erhält (3-Spänner).

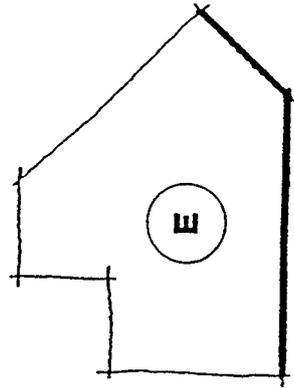
Die Geschoßhöhe wurde mit 2,80 m gewählt (lichte Raumhöhe 2,45 m + 0,35 m Deckenaufbau). Die Neigung des Pultdaches beträgt 10°.

Über die reine Wohnnutzung hinaus werden weiterhin noch folgende Nutzungsarten in die vorhandene Grundriß- und Tragstruktur integriert.

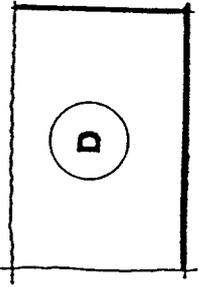
- Büro/Verwaltung
- Hotel/Beherbergungsstätte
- Gaststätte/Versammlung

Dabei sollen die von der Nutzung eines Gebäudes abhängenden brandschutztechnischen Auswirkungen, z.B. mobile Brandlastserhöhung oder immobile Brandlastserhöhung infolge Verkehrslasterhöhung untersucht werden.

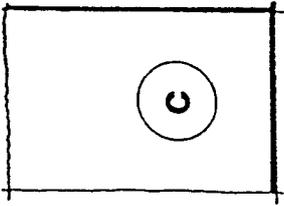




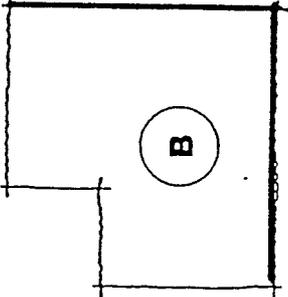
TYP E ECKVERBINDUNG 45°
5/6 PERSONEN



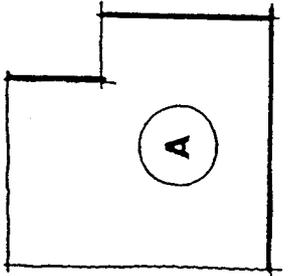
TYP D
2 PERSONEN



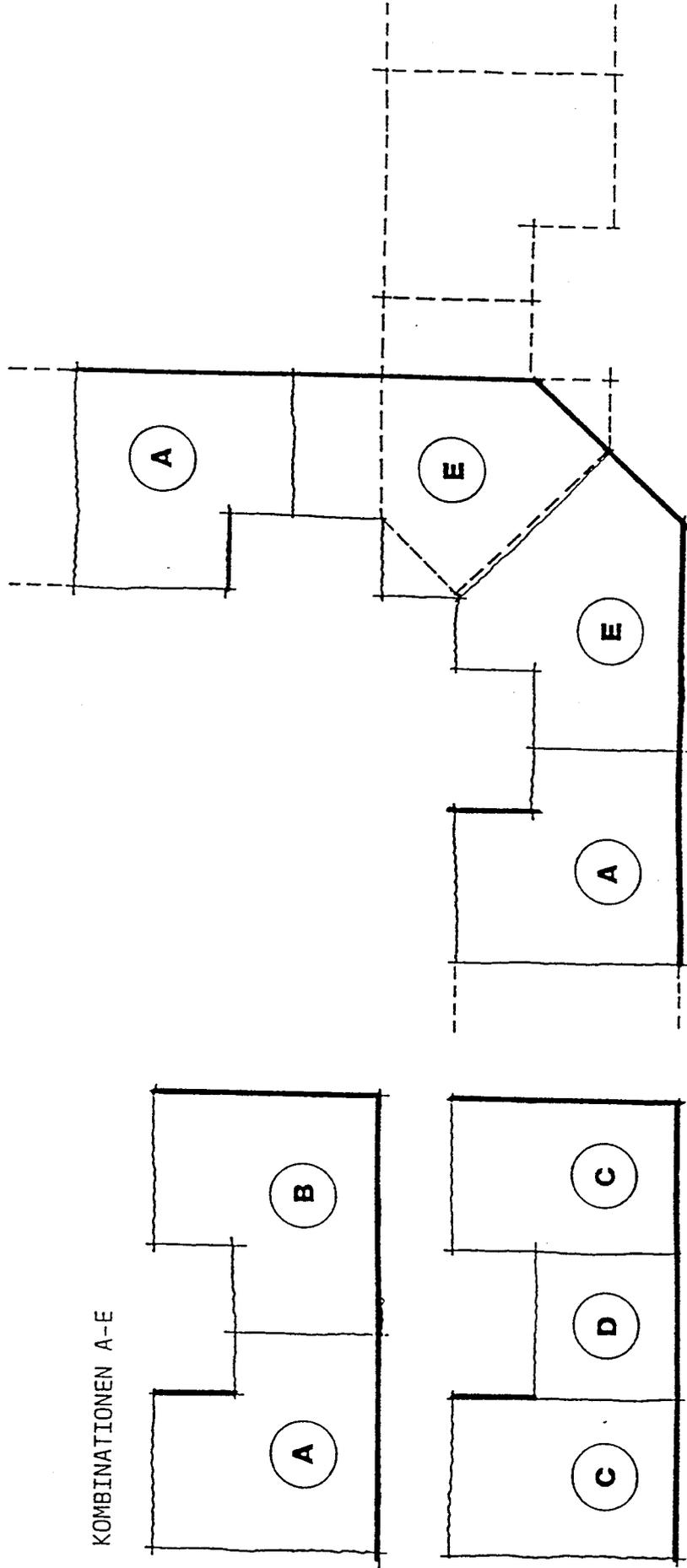
TYP C
4 PERSONEN



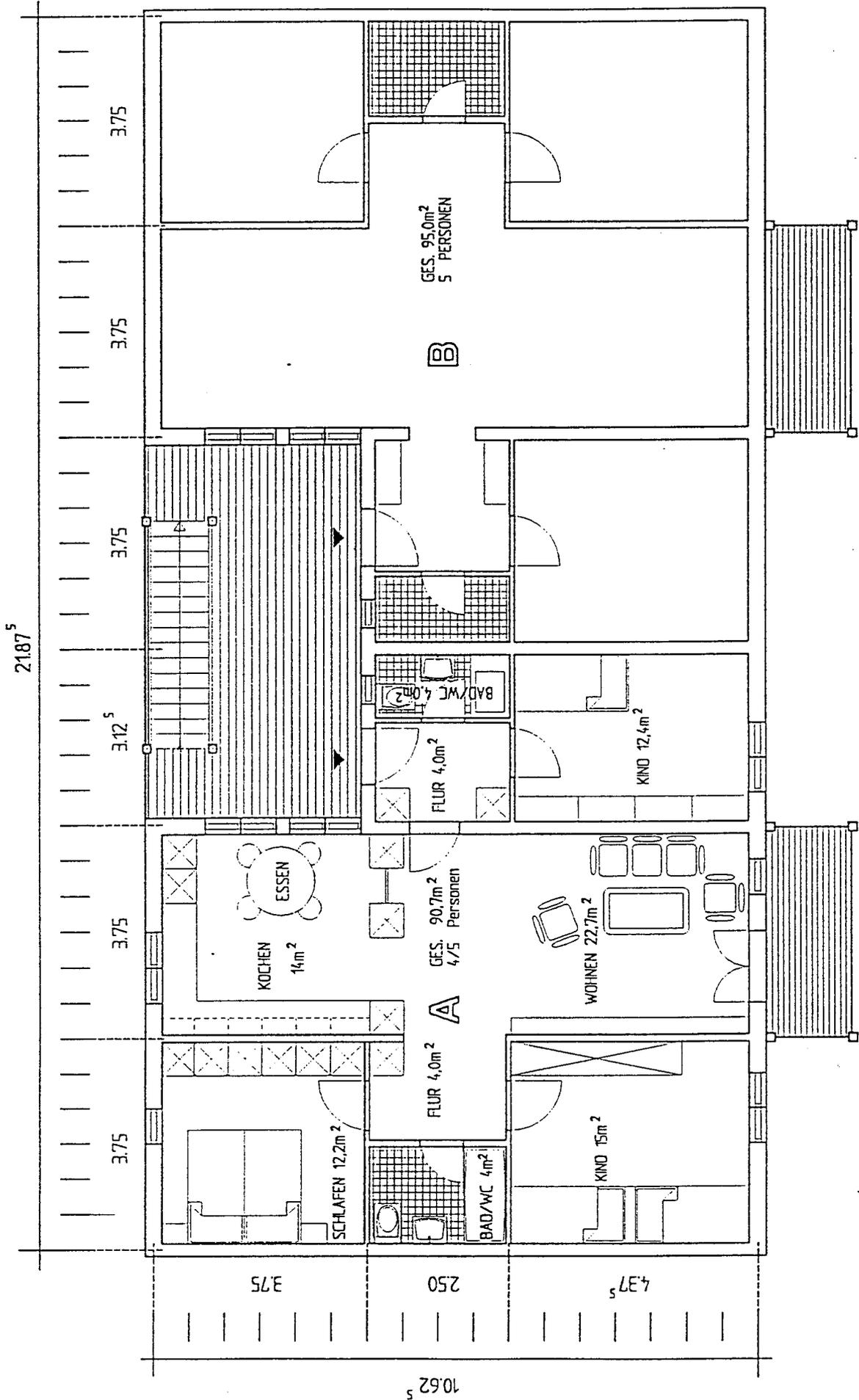
TYP B
5/6 PERSONEN



TYP A
5 PERSONEN



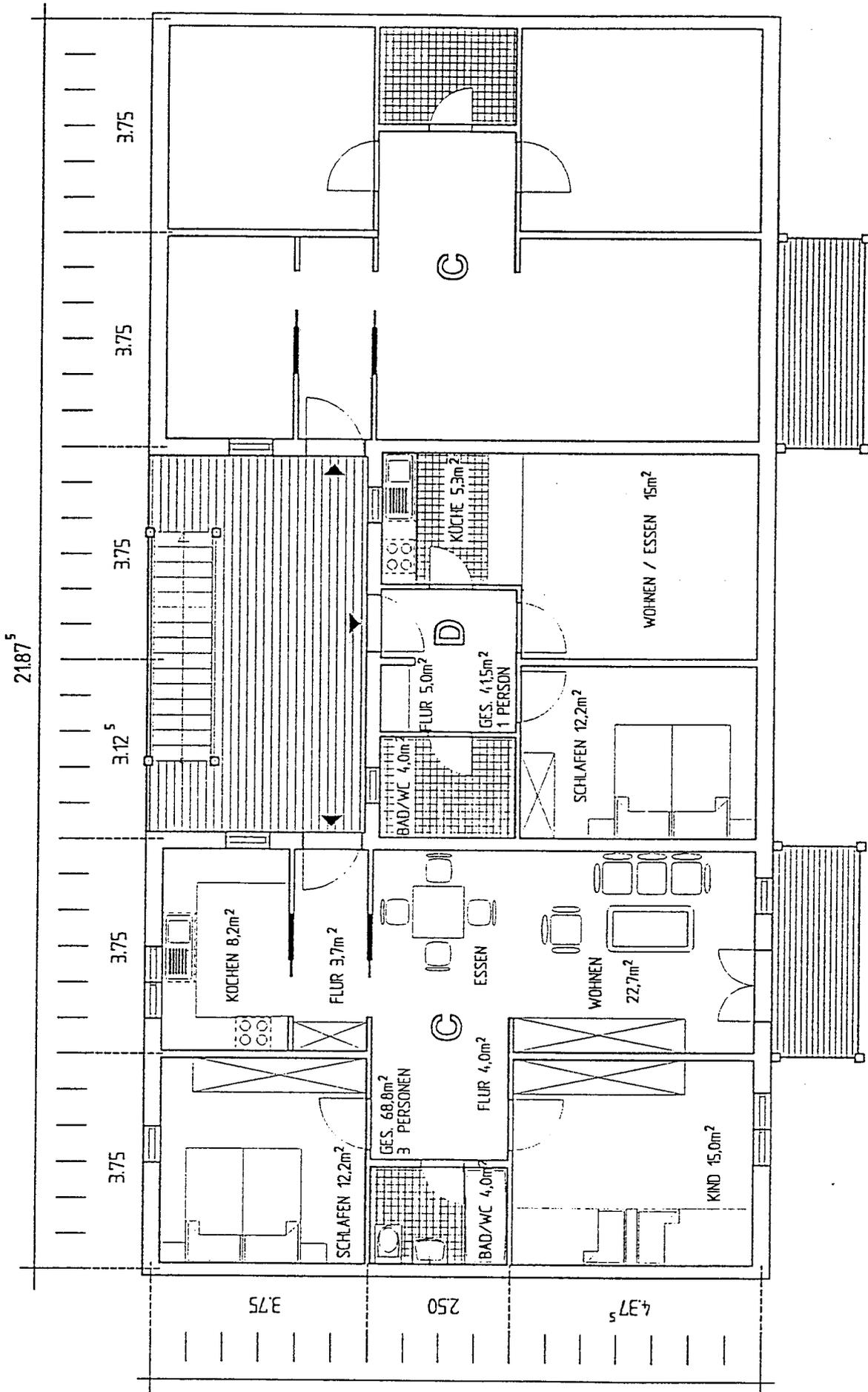
KOMBINATIONEN A-E



GRUNDRISS

NUTZUNGSVARIANTE WOHNEN 1

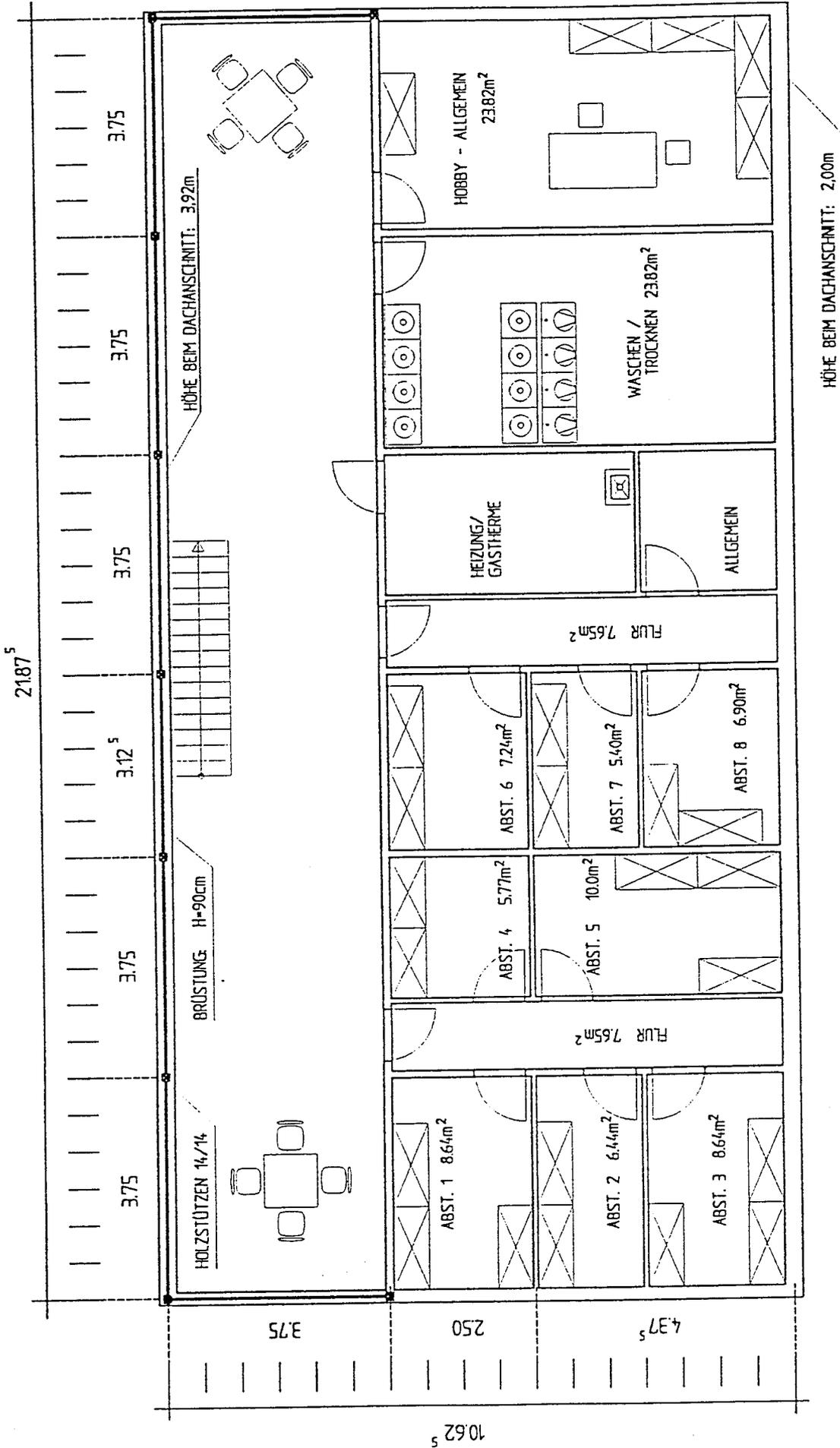
Zeichnung: VHT/SE/17.10.96



NUTZUNGSVARIANTE WOHNEN 2

GRUNDRISS

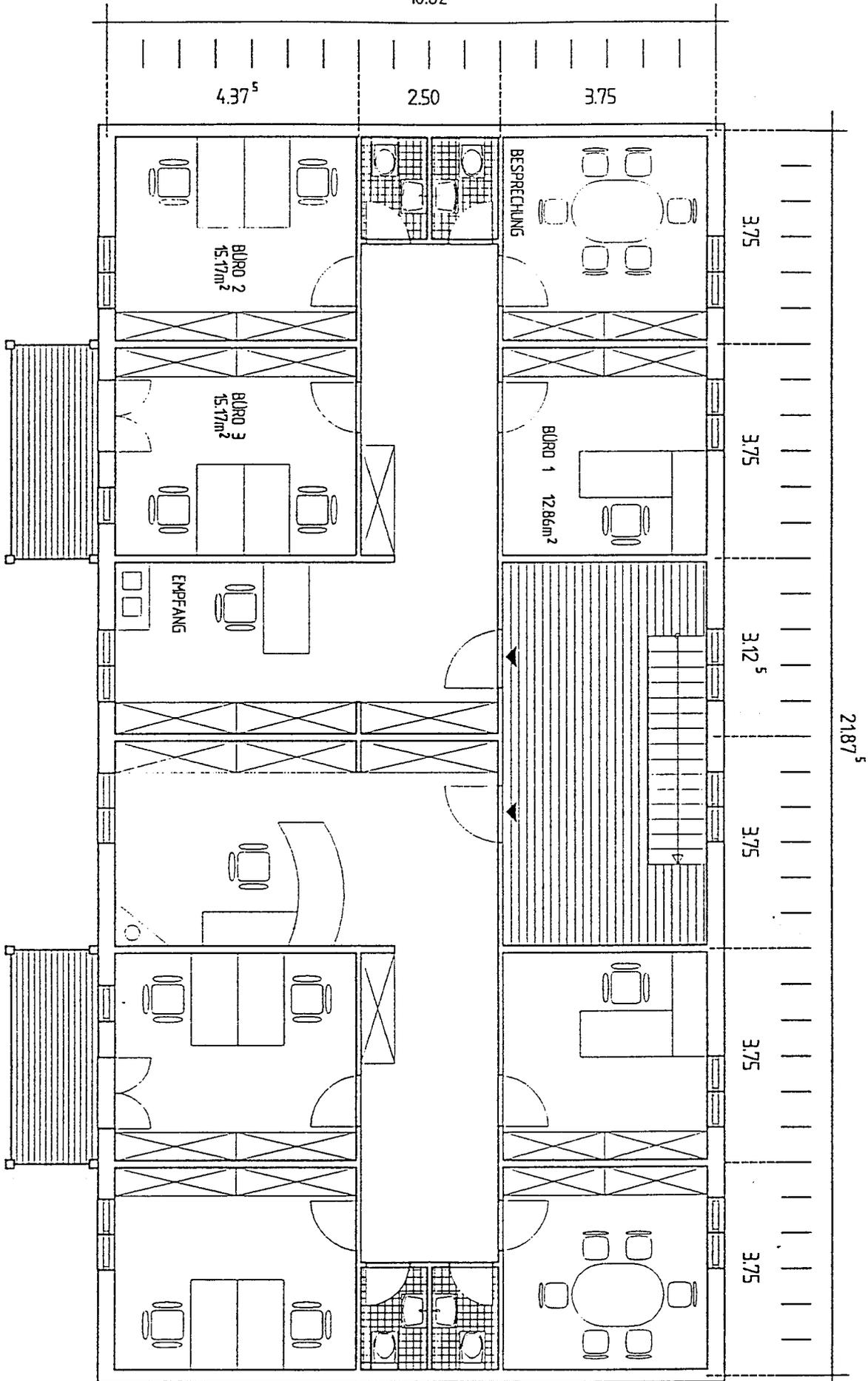
Zeichnung: VHT/SE/17.10.96



NUTZUNGSVARIANTE DACHGESCHOSS / KELLERERSATZRÄUME

GRUNDRISS

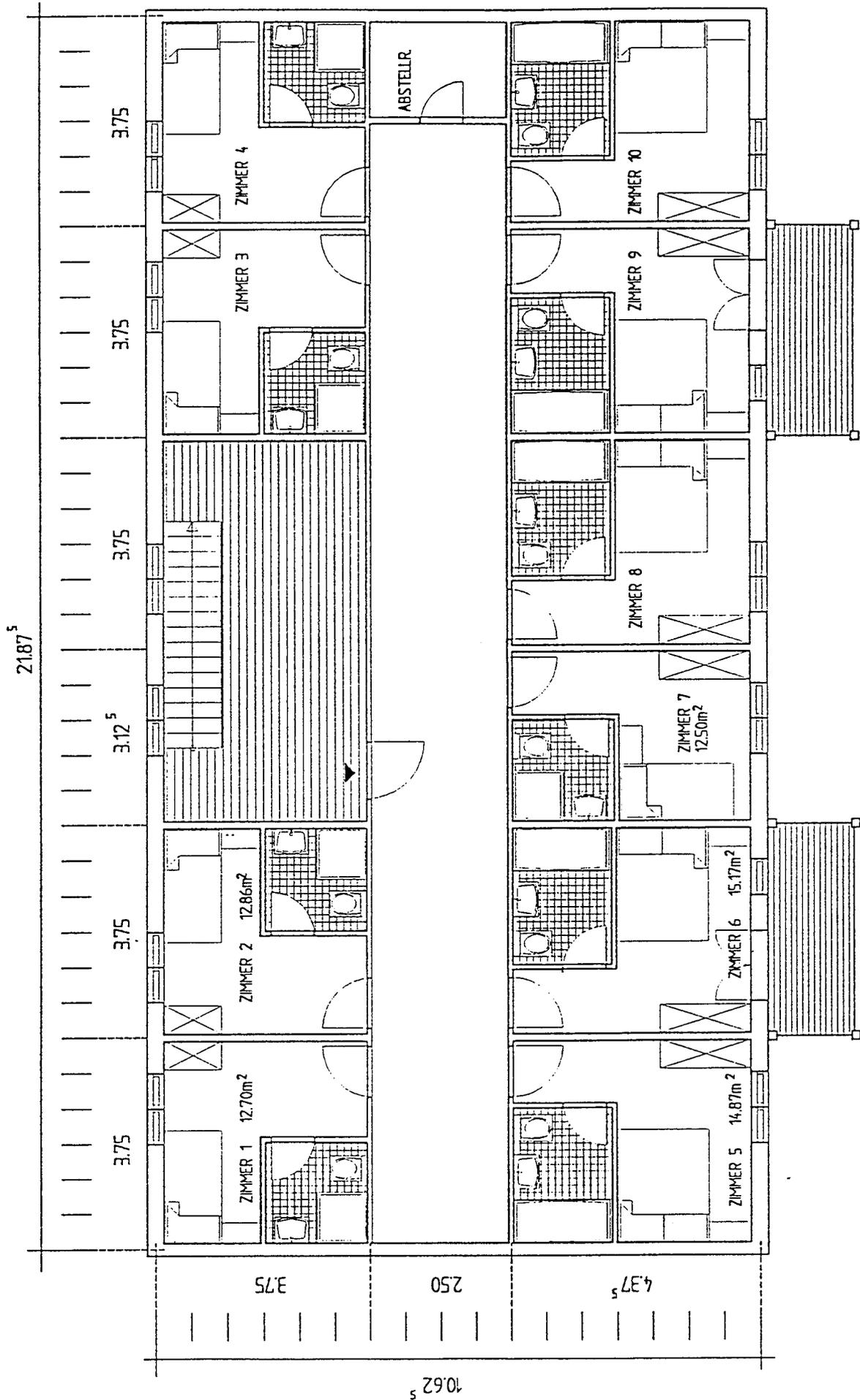
Zeichnung: VHT/SE/17.10.96



GRUNDRISS

Zeichnung: VHT/SE/17.10.96

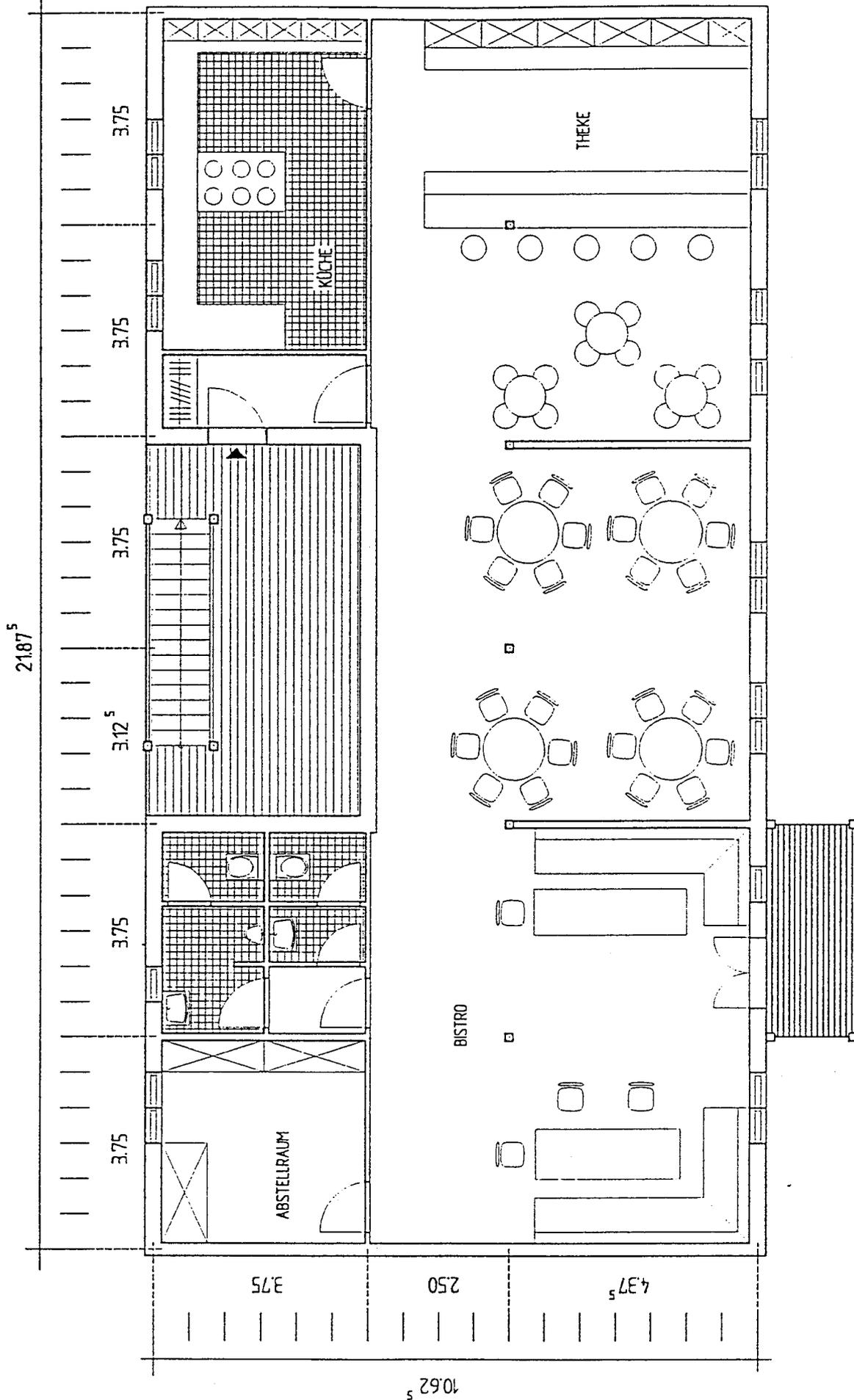
NUTZUNGSVARIANTE BÜRO / VERWALTUNG



NUTZUNGSVARIANTE HOTEL

GRUNDRISS

Zeichnung: VHT/SE/17.10.96



NUTZUNGSVARIANTE GASTSTÄTTE

GRUNDRISS

Zeichnung: VHT/SE/17.10.96

Tragkonstruktion

Die Tragkonstruktion des betrachteten Gebäudes ist in Rippenbauweise ausgeführt, da dies das derzeit weltweit verbreitetste Konstruktionssystem ist.

Bei dieser Konstruktionsart bestehen die Bauteile aus tragenden Rippen (Ständern) mit aussteifender und knicklängenreduzierender Beplankung, die zur Abtragung von waagerechten Lasten in Wandebene (Scheibenwirkung) herangezogen wird.

Ständer und Beplankung bilden im Verbund ein System, welches ein Vielfaches der Tragfähigkeit gegenüber den Einzeltragfähigkeiten bewirkt. Die Funktion der mittragenden Beplankung wird von verschiedenen Plattenwerkstoffen der Baustoffklasse A und B erfüllt; hierin liegt eine weitere Variable in der Risiko- und Brandlastbetrachtung.

Die Platten werden mit den Rippen, überwiegend durch mechanische Verbindungsmittel, in der Regel Nägel, Klammern oder Schrauben, teilweise aber auch durch Verleimen, verbunden. Als Bau- und Konstruktionsraster (Abstand der Ständer, Deckenbalken und Sparren) wird das Maß von 62,5 cm angesetzt.

Zur Verbesserung des Wärmeschutzes und Schallschutzes werden in die Gefache zwischen den Ständern Faserdämmstoff eingebracht. Der Füllgrad des Dämmstoffs in den Wand-, Decken- und Dachgefachfeldern richtet sich nach der Funktion des Bauteils.

Annahme: Außenbauteile → Füllgrad = 100%,
 Bauteile mit Anforderung an die Hohlraumbedämpfung → Füllgrad = 80%,
 Sonstige Bauteile → Füllgrad \geq 40%

Die Baustoffklasse des Dämmstoffs mit dessen Brandlast (z.B. Mineralwolle und Zellulose) kann bei den nachfolgenden brandschutztechnischen Betrachtungen als weitere Variable angesetzt werden.

Der Holzrippenbau wird bei beschränktem Vorfertigungsgrad als Holzrahmenbauweise bezeichnet. Dabei werden die Wand- und Deckentafeln nur einseitig beplankt oder vor Ort gefertigt. Beim Holztafelbau wird ein hoher Vorfertigungsgrad angestrebt und in der Regel die Bauteile in der Produktion allseitig geschlossen. Die Herstellung von geschlossenen Wand-, Decken- und Dachtafeln ist überwachungspflichtig.

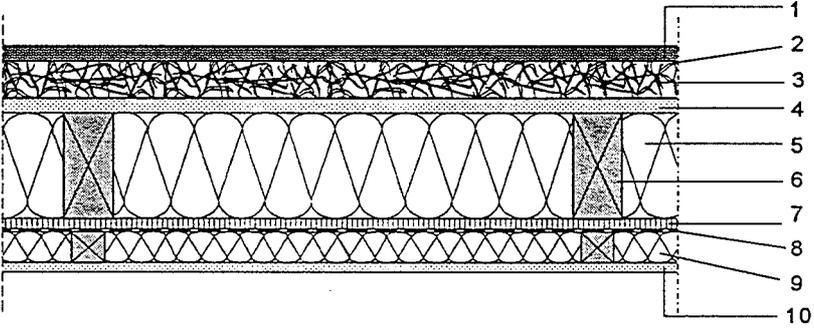
Bei dem nachfolgend betrachteten Modellgebäude erfolgt die vertikale und horizontale Lastabtragung über einen Teil der Außenwände und die parallel verlaufenden Wohnungstrennwände. Das Gebäude gründet auf einer 28 cm dicken Stahlbetonbodenplatte.

Die Wahl der Bauteilaufbauten orientiert sich an den standardmäßig im Fertighausbau und den im Zimmermannsmäßigen Holzrahmenbau ausgeführten Konstruktionen (s. Anlage der Konstruktionsbeschreibungen). Folgende Vollholzquerschnitte werden gewählt.

- | | |
|--|-----------|
| • Außenwand | 60/140 mm |
| • Tragende Innenwand | 80/80 mm |
| • Nichttragende Innenwand | 60/60 mm |
| • Wohnungstrennwand
(Doppelständerwand mit versetzten Ständern) | 80/80 mm |
| • Deckenbalken | 80/220 mm |
| • Dachsparren | 80/220 mm |

Nachfolgend wird die Beschreibung der Bauteilaufbauten und die Ermittlung der bauteilspezifischen Brandlasten dargestellt.

5.6.2 Beschreibung der Bauteilaufbauten und Ermittlung der bauteilspezifischen Brandlasten

Bauteilbeschreibung	
Pos. 1	Außenwand
Variante 1	Bemerkung:
	

Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	mineral. Putz	0,020	0,70	1200	0,27	21,0
2	Bewehrungsgewebe	0,001	0,20			0,6
3	magnesitgeb. Holzwolle-LBP	0,035	0,55	480	0,58	5,0
4	Gipsfaserplatte	0,018	0,21	1100	0,27	21,0
5	Dämmstoff (Mineralwolle)	0,140	0,04	50	0,27	0,7
6	Holzständer	0,140	0,13	600	0,58	10,0
7	Sperrholzplatte	0,013	0,13	800	0,58	10,0
8	PE-Folie	0,0002	0,20			0,6
9	Dämmstoff (Mineralwolle)	0,040	0,04	50	0,27	0,7
10	GKF	0,0125	0,21	1100	0,27	21,0
Gesamtdicke:		0,2797				

Brandlastermittlung nach DIN 18230

Pos.1 Außenwand

Variante 1 Fall B

Bemerkung:

Bauteil: Außenwand

Fläche [m²]

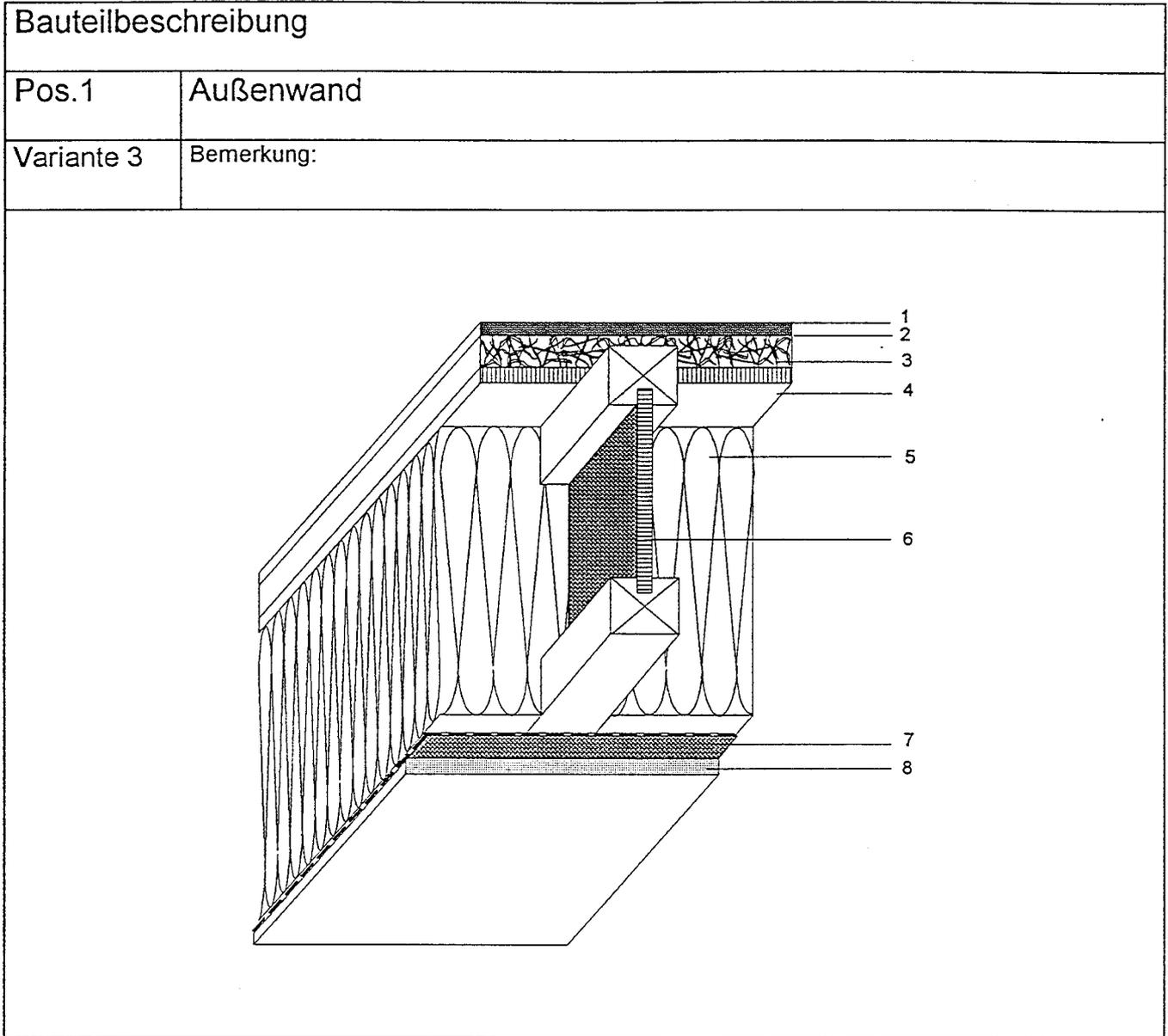
Schicht-Nr.	Material/Werkstoff	Dicke [mm]	M [kg/m²]	Fläche [m²]	M [kg]	Hu [kWh/kg]	Q [kWh]	ψ	m	ψ*m*Q [kWh]
1	mineral. Putz	20,0	40,00	614,54	24.581,70	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
2	Bewehrungsgewebe	1,0	0,65	614,54	399,45	5,00	1.997,26	1,00	1,0	1.997,26
3	zementgeb. Holzwolle-Leicht-BP	35,0	14,00	614,54	8.603,60	1,50	12.905,39	1,00	1,0	12.905,39
4	Gipsfaserplatte	18,0	19,80	614,54	12.167,94	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
5	Dämmstoff (Mineralwolle)	140,0	12,66	614,54	7.777,65	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
6	Holzständer	140,0	18,36	614,54	11.285,71	4,80	54.171,41	1,00	0,7	37.919,99
7	Sperrholzplatte	13,0	9,10	614,54	5.592,34	4,80	26.843,22	1,00	1,0	26.843,22
8	PE-Folie	0,2	0,13	614,54	79,89	12,20	974,66	1,00	1,0	974,66
9	Dämmstoff (Mineralwolle)	40,0	4,00	614,54	2.458,17	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
10	GKB	12,5	13,75	614,54	8.449,96	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
Gesamt					81.396,41		96.891,94			80.640,52

Bauteil: Detaillierte Beschreibung der Schicht Nr. 6: Holzständer

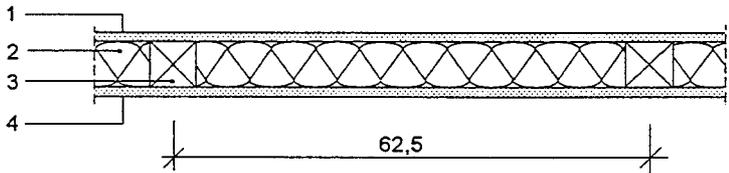
Schicht-Nr.	Material/Wer	Dicke [mm]	Länge [mm]	Dicke [mm]	Höhe [mm]	Volumen [m³]
6	Schwelle		625,0	140,0	60,0	0,00525
6	Wandstiel		2400,0	140,0	60,0	0,02016
6	Rähm		625,0	140,0	60,0	0,00525
6	Füllholz		625,0	140,0	36,5	0,00319
6	Deckenbalken		625,0	140,0	220,0	0,01925
Gesamt						0,05310

Bauteilbeschreibung	
Pos.1	Außenwand
Variante 2	Bemerkung:

Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	Deckleistenschalung	0,020				
2	Lattung	0,024				
3	Konterlattung	0,024				
4	Sperrholzplatte	0,016	0,13	800	0,58	10,0
5	Dämmstoff (Mineralwolle)	0,160	0,04	50	0,27	0,7
6	Holzständer	0,160	0,13	600	0,58	10,0
7	PE-Folie	0,0002	0,20			0,6
8	Flachpressplatte	0,013	0,13	800	0,58	10,0
9	GKF	0,0125	0,21	1100	0,27	21,0
Gesamtdicke:		0.4297				



Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	mineral. Putz	0,020	0,70	1200	0,27	21,0
2	Bewehrungsgewebe	0,001	0,20			0,6
3	zementgeb. Holzwolle-LBP	0,035	0,55	480	0,58	5,0
4	HWP	0,0130	0,13	800	0,58	10,0
5	Dämmstoff (Mineralwolle)	0,1700	0,04	50	0,27	0,7
6	TJI - Träger	0,1700	0,13	600	0,58	10,0
7	PE-Folie	0,0002	0,20			0,6
8	GKF	0,0125	0,21	1100	0,27	21,0
Gesamtdicke:		0.2517				

Bauteilbeschreibung	
Pos.2	tragende Innenwand
Variante 1	Bemerkung:
	

Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	GKF	0,0125	0,21	1100	0,27	21,0
2	Dämmstoff	0,0800	0,04	50	0,27	0,7
3	Holzständer (b/d=80/80)	0,0800	0,13	600	0,58	10,0
4	GKF	0,0125	0,21	1100	0,27	21,0
Gesamtdicke:		0,1050				

Brandlastermittlung nach DIN 18230										
Pos.2 tragende Innenwand										
Variante 1										
Bemerkung:										
Bauteil: tragende Innenwand										
										Fläche [m²]
Schicht-Nr.	Material/Verkstoff	Dicke [mm]	M [kg/m²]	Fläche [m²]	M [kg]	u [kWh/kg]	Q [kWh]	ψ	m	ψ*m*Q [kWh]
1	GKB	12,5	13,75	312,45	4.296,24	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
2	Dämmstoff	80,0	6,98	312,45	2.179,68	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
3	Holzständer	80,0	8,62	312,45	2.693,66	4,80	12.929,56	1,00	0,7	9.050,69
4	GKB	12,5	13,75	312,45	4.296,24	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
Gesamt					13.465,81		12.929,56			9.050,69

Bauteilbeschreibung	
Pos.2	tragende Innenwand
Variante 2	Bemerkung:

Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	GKF	0,0125	0,21	1100	0,27	21,0
2	Dämmstoff	0,0800	0,04	50	0,27	0,7
3	Holzständer (b/d=80/80)	0,0800	0,13	600	0,58	10,0
4	Flachpressplatte	0,0130	0,13	800	0,58	10,0
5	GKF	0,0125	0,21	1100	0,27	21,0
Gesamtdicke:		0,1180				

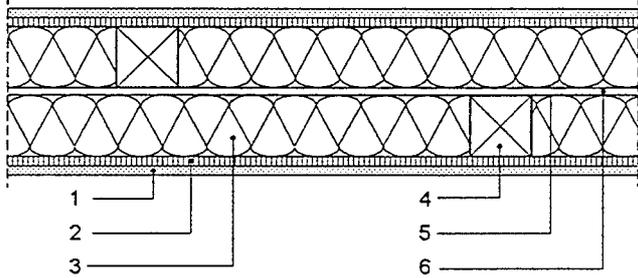
Bauteilbeschreibung	
Pos.3	nichttragende Innenwand
Variante 1	Bemerkung:
<p>The diagram shows a cross-section of a wall assembly with a total length of 62,5. It consists of four distinct layers labeled 1 through 4. Layer 1 is a thin outer layer (GKF). Layer 2 is a thicker insulating layer (Dämmstoff). Layer 3 is a structural layer made of wooden studs (Holzständer) with a spacing of 60/60. Layer 4 is another thin outer layer (GKF). The wall is supported by a base and a top surface, indicated by dashed lines.</p>	

Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	GKF	0,0125	0,35	1100	0,27	21,0
2	Dämmstoff	0,0600	0,04	50	0,27	0,7
3	Holzständer (b/d=60/60)	0,0600	0,13	800	0,58	10,0
4	GKF	0,0125	0,35	1100	0,27	21,0
Gesamtdicke:		0,0850				

Brandlastermittlung nach DIN 18230										
Pos.3					nichttragende Innenwand					
Variante 1					Bemerkung:					
Bauteil: <i>nichttrag. Innenwand</i>										
Schicht-Nr.	Material/Werkstoff	Dicke [mm]	M [kg/m ²]	Fläche [m ²]	M [kg]	H ₀ [kWh/kg]	Q [kWh]	ψ	m	ψ*m*Q [kWh]
1	GKB	12,5	13,75	359,66	4.945,37	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
2	Dämmstoff (Mineralwolle)	60,0	5,42	359,66	1.950,81	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
3	Holzständer	60,0	4,13	359,66	1.486,95	4,80	7.137,37	1,00	0,7	4.996,16
4	GKB	12,5	13,75	359,66	4.945,37	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
Gesamt					13.328,50		7.137,37			4.996,16

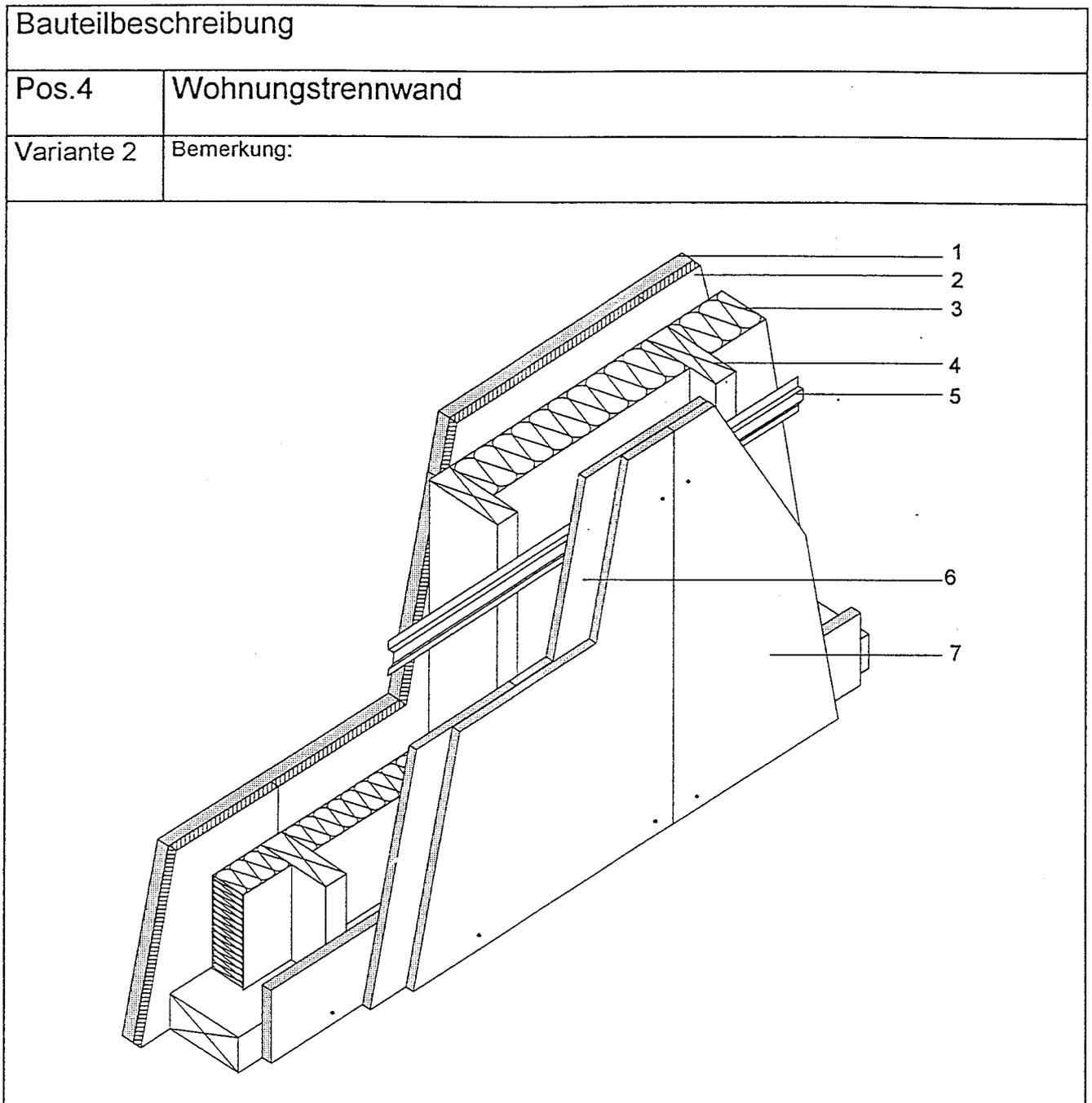
Bauteilbeschreibung	
Pos.3	nichttragende Innenwand
Variante 2	Bemerkung:

Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	GKF	0,0125	0,35	1100	0,27	21,0
2	Dämmstoff	0,0500	0,04	50	0,27	0,7
3	Metallständer cw 50	0,0500	60	7850		
4	GKF	0,0125	0,35	1100	0,27	21,0
Gesamtdicke:		0,0750				

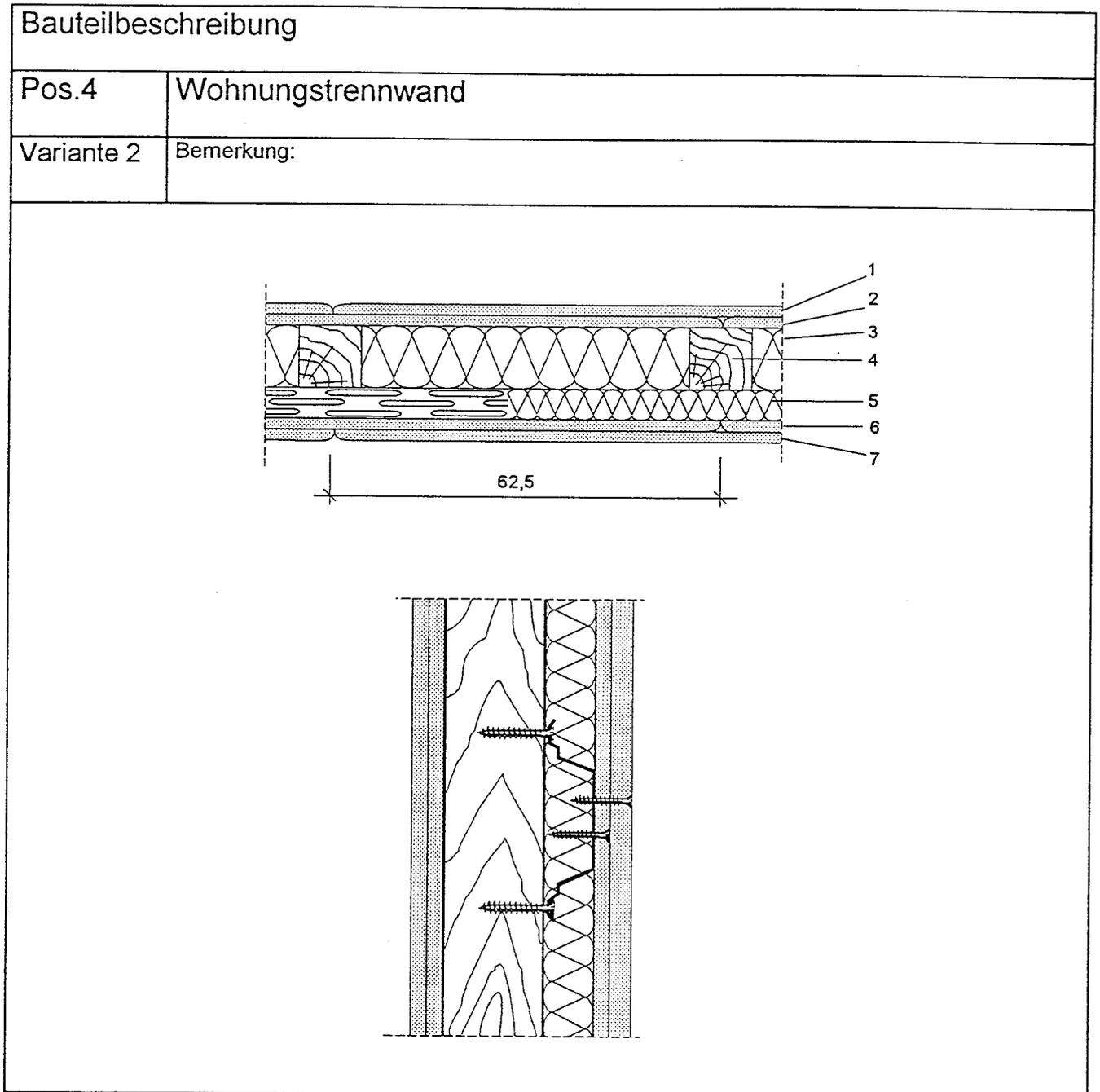
Bauteilbeschreibung	
Pos.4	Wohnungstrennwand
Variante 1	Bemerkung:
	

Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	GKF	0,0095		1100		21,0
2	Spanplatte V20	0,0160		600		10,0
3	Dämmstoff (Mineralwolle)	0,0800		50		0,7
4	Hölzer (b/d=80/80)	0,1600		600		10,0
5	PE-Folie	0,0010				
6	Weichfaserplatte	0,0100		400		10,0
7	PE-Folie	0,0010				
8	Dämmstoff (Mineralwolle)	0,0800		50		0,7
9	Spanplatte V20	0,0160		600		10,0
10	GKF	0,0095		1100		21,0
Gesamtdicke:		0,2230				

Brandlastermittlung nach DIN 18230										
Pos.4 Wohnungstrennwand										
Variante 1										
Bemerkung:										
Bauteil: Wohnungstrennwand										
Schicht-Nr.	Material/Werkstoff	Dicke [mm]	M [kg/m ²]	Fläche [m ²]	M [kg]	H _u [kWh/kg]	Q [kWh]	psi	m	psi*m*Q [kWh]
1	GKB	9,5	10,45	52,74	551,11	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
2	Spanplatte V20	16,0	9,60	52,74	506,29	4,80	2.430,17	1,00	0,2	486,03
3	Dämmstoff (Mineralwolle)	80,0	6,98	52,74	367,90	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
4	Hölzer	160,0	18,45	52,74	972,92	4,80	4.670,03	1,00	0,7	3.269,02
5	Bitumenpappe	1,0	1,00	52,74	52,74	8,50	448,27	1,00	0,5	224,14
6	Weichfaserplatte	10,0	4,00	52,74	210,95	4,80	1.012,57	1,00	0,2	202,51
7	Bitumenpappe	1,0	1,00	52,74	52,74	8,50	448,27	1,00	1,0	448,27
8	Dämmstoff (Mineralwolle)	80,0	6,98	52,74	367,90	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
9	Spanplatte V20	16,0	9,60	52,74	506,29	4,80	2.430,17	1,00	0,2	486,03
10	GKB	9,5	10,45	52,74	551,11	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
Gesamt		223,0			4.139,95		11.439,49			5.116,01



Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$C_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	GKB	0,0200	0,35	1100	0,27	21,0
2	HWP	0,0130	0,13	800	0,58	10,0
3	Dämmstoff	0,1000	0,04	50	0,27	0,7
4	Holzständer (b/d=60/120)	0,1200	0,13	800	0,58	10,0
5	Federschiene 60/27	0,0270	60	7850		
6	GKF	0,0125	0,35	1100	0,27	21,0
7	GKF	0,0125	0,35	1100	0,27	21,0
Gesamtdicke: 0,2050						



Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	GKB	0,0200	0,35	1100	0,27	21,0
2	HWP	0,0130	0,13	800	0,58	10,0
3	Dämmstoff	0,1000	0,04	50	0,27	0,7
4	Holzständer (b/d=60/120)	0,1200	0,13	800	0,58	10,0
5	Federschiene 60/27	0,0270	60	7850		
6	GKF	0,0125	0,35	1100	0,27	21,0
7	GKF	0,0125	0,35	1100	0,27	21,0
Gesamtdicke: 0,2050						

Bauteilbeschreibung	
Pos.4	Wohnungstrennwand
Variante 3	Bemerkung: F90 BA mit geschützter Installationsebene

Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	2 x GKF	0,0250	0,35	1100	0,27	21,0
2	Dämmstoff	0,0600	0,04	50	0,27	0,7
3	Holzständer (b/d=80/80)	0,0600	0,13	800	0,58	10,0
4	GKF	0,0125	0,35	1100	0,27	21,0
5a	Federschiene 62/27	0,0270	60	7850		
5b	Dämmstoff	0,0600	0,04	50	0,27	0,7
6	2 x GKF	0,0250	0,35	1100	0,27	21,0
Gesamtdicke: 0,1495						

Bauteilbeschreibung	
Pos.5	Wohnungstrenndecke
Variante 1	Bemerkung:

Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	Zementestrich	0,0480	1,4	2000		38,0
2	Bitumenpappe 120er	0,0002				
3	Mineralfasertrittschalldämmung	0,0300		50		0,7
4	Spanplatte V100/E1	0,0220		600		10,0
5	Deckenbalken (b/d=80/220)	0,2200		600		10,0
6	Mineralfaserdämmstoff	0,1400		50		0,7
7	PE-Folie	0,0002				
8	Lattung	0,0240		600		10,0
9	GKF	0,0125		1100		10,0
Gesamtdicke:		0,3569				

Brandlastermittlung nach DIN 18230										
Pos.5					Wohnungstrenndecke					
Variante 1					Bemerkung:					
Bauteil: Decke incl .Fußboden										
Schicht-Nr.	Material/Werkstoff	Dicke [mm]	M [kg/m ²]	Fläche [m ²]	M [kg]	H ₀ [kWh/kg]	Q [kWh]	psi	m	psi*m*Q [kWh]
1	Zementestrich	48,0	105,60	682,45	72.066,26	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
2	Bitumenpappe 120er	0,2	0,20	682,45	136,49	8,50	1.160,16	1,00	0,5	580,08
3	Mineralfasertrittschalldämmung	30,0	3,00	682,45	2.047,34	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
4	Spanplatte V100/E1	22,0	13,20	682,45	9.008,28	4,80	43.239,75	1,00	0,2	8.647,95
6	Hölzer	220,0	24,60	682,45	16.787,49	4,80	80.579,96	1,00	0,7	56.405,97
7	Mineralfaser-Wärmedämmfilz	140,0	12,21	682,45	8.331,30	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
8	PE-Folie	0,2	0,13	682,45	88,72	12,20	1.082,36	1,00	1,0	1.082,36
9	Lattung (Masse siehe Hölzer)	24,0	0,00	682,45	0,00	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
10	GKB	12,5	13,75	682,45	9.383,63	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
Gesamt		356,9			117.849,50		126.062,23			66.716,36

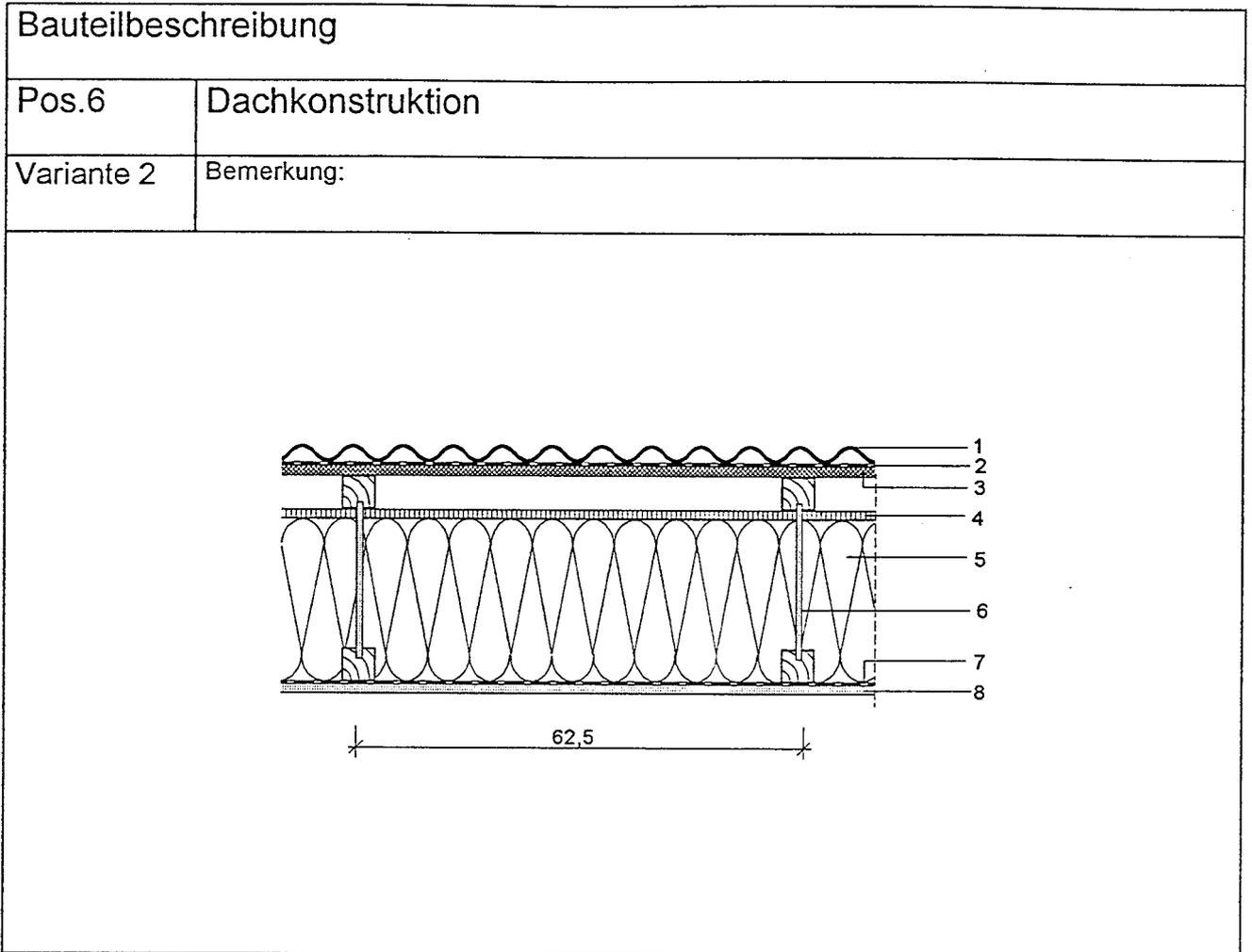
Bauteilbeschreibung	
Pos.5	Wohnungstrenndecke
Variante 2	Bemerkung: Aufbau mit TJI-Trägern und ohne Dampfbremse

Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	Zementestrich	0,0480	1,4	2000		38,0
2	Bitumenpappe 120er	0,0002				
3	Mineralfasertrittschalldämmung	0,0300		50		0,7
4	Spanplatte V100/E1	0,0220		600		10,0
5	TJI - Träger	0,2400		600		10,0
6	Mineralfaserdämmstoff	0,1400		50		0,7
7	Lattung	0,0240		600		10,0
8	GKF	0,0125		1100		10,0
Gesamtdicke:		0,3767				

Bauteilbeschreibung	
Pos.6	Dachkonstruktion
Variante 1	Bemerkung:

Schicht- Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	Wellblech-Eindeckung	0,0400		8000		250
2	Isolierung (Bitumendachpappe)	0,0010				
3	Dämmung	0,1000		50		0,7
4	Holzschalung	0,0130		600		10,0
5	Dämmstoff	0,2200		50		0,7
6	Hölzer (b/d=80/220)	0,2200		600		10,0
7	PE-Folie	0,0002				
8	GKF	0,0125		1100		21,0
Gesamtdicke:		0,3867				

Brandlastermittlung nach DIN 18230										
Pos.6	Dachkonstruktion									
Variante 1	Bemerkung:									
Bauteil: Dach										
Schicht-Nr.	Material/Werkstoff	Dicke [mm]	M [kg/m ²]	Fläche [m ²]	M [kg]	H ₀ [kWh/kg]	Q [kWh]	psi	m	psi*m*Q [kWh]
1	Weilblech-Eindeckung	40,0	3,75	262,78	985,43	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
2	Isolierung (Bitumendachpappe)	1,0	0,40	262,78	105,11	8,50	893,45	1,00	0,5	446,73
3	Dämmung	100,0	10,00	262,78	2.627,81	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
4	Holzschalung	13,0	7,80	262,78	2.049,69	4,80	9.838,50	1,00	0,5	4.919,25
5	Dämmstoff	220,0	19,89	262,78	5.226,18	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
6	Hölzer	220,0	22,82	262,78	5.997,76	4,80	28.789,24	1,00	0,7	20.152,47
7	PE-Folie	0,2	0,13	262,78	34,16	12,20	416,77	1,00	1,0	416,77
8	GKB	12,5	13,75	262,78	3.613,23	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00
Gesamt		386,7			20.639,37		39.937,97			25.935,22



Schicht Nr.	Material/Werkstoff	s_i [m]	λ [W/m/K]	ρ_i [kg/m ³]	$c_{p,i}$ [Wh/kg/K]	b_i [Wh ^{1/2} /m ² /K]
1	Wellblech-Eindeckung	0,0400		8000		250
2	Winddichtung (z.B. Tyvek)	0,0001				
3	Holzschalung	0,0130		600		10,0
4	Holzschalung	0,0130		600		10,0
5	Dämmstoff	0,2000		50		0,7
6	TJI - Träger	0,2400		600		10,0
7	PE-Folie	0,0002				
8	GKF	0,0125		1100		21,0
Gesamtdicke:		0,3058				

Brandlastermittlung nach DIN 18230	
Pos.7	Diverse Bauteile/Gebäudeelemente
Variante 1	Bemerkung: Stützen, Unterzüge, Treppen, Geländer

Nr.	Material/Werkstoff	M [kg/m ²]	Fläche [m ²]	Masse [kg]	H _u [kWh/kg]	Q [kWh]	ψ	m	ψ*m*Q [kWh]
1	Treppe (Stahl)	200,00	15	3.000,00	0,00	0	1	1	0,00
2	Holzständer im DG	409,60	1,00	409,60	4,80	1.966	1	1	1.966,08
3	Verglasung Dachterrasse	15,00	100,00	1.500,00	0,00	0	1	1	0,00
4	Fensterverglasung	15,00	100,00	1.500,00	0,00	0	1	1	0,00
5	Verglasung Treppenhaus	15,00	70,00	1.050,00	0,00	0	1	1	0,00
Gesamtsummen						1.966			1.966,08

5.6.3 Ermittlung der nutzungsspezifischen Brandlasten

Mobile Brandlasten - Ausstattung/Inventar

In den folgenden Tabellen sind am Beispiel der Nutzungsvarianten Wohnen A und B und der Hausnebenräume die Brandlasten der einzelnen Räume exemplarisch zusammengestellt. Die Berechnung der in diesen Räumen vorhandenen Ausstattungselemente im einzelnen sind aus Tabelle 5.6-1 "nutzungsspezifische mobile Brandlasten" ersichtlich. Angegeben sind in den jeweiligen Spalten 4 der Tabellen die unbewerteten und in den Spalten 5 die bewerteten Brandlasten; bewertet entspricht einer Multiplikation der Brandlast Q mit dem Abbrandfaktor m und dem Kombinationsbeiwert ψ .

Tabelle 5.6-1: nutzungsspezifische Brandlasten aus Wohnung A

Ermittlung der nutzungsspezifischen mobilen Brandlasten					
Nutzungsvariante Wohnen 1					
Wohneinheit A					
Raum	Fläche [m ²]	Gewicht [kg]	Q [kWh]	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]	q_R [kWh/m ²]
Flur 1	4,10	316,97	1.144,49	1.232,69	300,46
Flur 2	4,10	111,11	563,84	635,84	154,98
Bad 1	2,52	449,31	648,96	686,76	272,40
Bad 2	3,91	479,79	249,49	249,49	63,83
Wohnen (siehe Tab. 5.6-2)	24,56	1205,84	6.389,28	7.407,18	301,55
Kochen	12,87	1132,02	4.393,70	4.513,80	350,64
Schlafen	12,69	891,66	4.553,86	5.010,36	394,67
Kind 1	14,92	820,95	4.407,73	4.954,43	332,04
Kind 2	12,41	657,42	3.545,03	3.971,73	320,10
Gesamt:	92,10	6.065,06	25.896,38	28.662,28	311,22

Tabelle 5.6-2: beispielhaftes Raumbuch der Wohneinheit A der Funktionseinheit Wohnen

Raumbuch der Funktionseinheiten										
Wohneinheit A										
Raumart:	<i>Wohnen</i>		Grundfläche [m ²]: 24,56							
Gegenstand	Werkstoff	Fläche [m ²]	[kg/m ²]	Gewicht [kg]	H_u [kWh/kg]	Q [kWh]	ψ	m	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]	
Wandbekleidung	Tapete (Papier)	31,98	0,10	3,20	3,80	12,15	1,00	1,0	12,15	
Deckenbekleidung	Tapete (Papier)	24,56	0,10	2,46	3,80	9,33	1,00	1,0	9,33	
Bodenbelag	Parkett (Holz)	24,56	6,00	147,38	4,80	707,43	1,00	1,0	707,43	
Gegenstand	Werkstoff	Anzahl	[kg/Stück]	Gewicht [kg]	H_u [kWh/kg]	Q [kWh]	ψ	m	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]	
Vorhänge	Textil	1	5,00	5,00	6,20	31,00	1,00	0,7	21,70	
Schrank	Holz	8	75,00	600,00	4,80	2880,00	1,00	1,2	3456,00	
Sofa	Holz/Textil	6	40,00	240,00	7,00	1680,00	1,00	1,0	1680,00	
Tisch	Holz	1	20,00	20,00	4,80	96,00	1,00	1,2	115,20	
Tischdecke	Textil	1	0,30	0,30	6,20	1,86	1,00	1,0	1,86	
Bücher	Papier	100	0,50	50,00	3,80	190,00	1,00	2,0	380,00	
Bilder	Papier/Glas	5	0,50	2,50	3,80	9,50	1,00	1,0	9,50	
Fernseher	Kunststoff	1	20,00	20,00	11,00	220,00	1,00	2,1	462,00	
Tür	Holz	1	35,00	35,00	4,80	168,00	1,00	1,0	168,00	
Fenster	Holz	4	20,00	80,00	4,80	384,00	1,00	1,0	384,00	
Gesamtsumme				1205,84		6389,28			7407,18	
rechnerische Brandlast q_R [kWh/m²]:									301,55	

Tabelle 5.6-3: Brandlasten aus Wohnung B

Ermittlung der nutzungsspezifischen mobilen Brandlasten					
Nutzungsvariante Wohnen 1					
Wohneinheit B					
Raum	Fläche [m ²]	Gewicht [kg]	Q [kWh]	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]	q_R [kWh/m ²]
Flur 1	5,75	353,83	1.146,45	1.234,65	214,54
Flur 2	4,10	111,11	563,84	635,84	154,98
Bad 1	2,31	426,42	567,68	605,48	261,66
Bad 2	3,91	479,79	249,49	249,49	63,83
Wohnen	24,56	1.205,84	6.409,28	7.784,62	316,92
Kochen	12,87	1.132,02	4.393,70	4.992,87	387,85
Schlafen	12,69	871,66	4.457,86	4.895,16	385,60
Kind 1 (siehe Tab. 5.6-4)	14,92	820,95	4.407,73	4.953,50	331,98
Kind 2	15,03	746,69	4.051,19	4.524,96	301,14
Gesamt:	96,16	6.148,31	26.247,21	29.876,57	310,70

Tabelle 5.6-4: beispielhaftes Raumbuch der Wohneinheit B der Funktionseinheit Kind 1

Raumbuch der Funktionseinheiten									
Wohneinheit B									
Raumart:	<i>Kind 1</i>	Grundfläche [m ²]:		14,92					
Gegenstand	Werkstoff	Fläche [m ²]	[kg/m ²]	Gewicht [kg]	Hu [kWh/kg]	Q [kWh]	psi	m	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]
Wandbekleidung	Tapete (Papier)	34,28	0,10	3,43	3,80	13,03	1,00	1,0	13,03
Deckenbekleidung	Tapete (Papier)	14,92	0,10	1,49	3,80	5,67	1,00	1,0	5,67
Bodenbelag	Parkett	14,92	6,00	89,53	4,80	429,73	1,00	1,0	429,73
Gegenstand	Werkstoff	Anzahl	[kg/Stück]	Gewicht [kg]	Hu [kWh/kg]	Q [kWh]	psi	m	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]
Vorhänge	Textil	1	5,00	5,00	6,20	31,00	1,00	0,7	21,70
Schrank	Holz	5	75,00	375,00	4,80	1800,00	1,00	1,2	2160,00
Bettgestell	Holz	2	50,00	100,00	4,80	480,00	1,00	1,2	576,00
Tisch	Holz	1	25,00	25,00	4,80	120,00	1,00	1,2	144,00
Tischdecke	Textil	1	0,50	0,50	6,20	3,10	1,00	1,0	3,10
Bücher	Papier	40	0,50	20,00	3,80	76,00	1,00	2,0	152,00
Spielsachen	Kunststoff	1	20,00	20,00	11,00	220,00	1,00	1,0	220,00
Bettdecke	Textil	2	3,00	6,00	8,20	49,20	1,00	1,0	49,20
Kleidung	Textil	1	60,00	60,00	8,20	492,00	1,00	1,0	492,00
Matraze	Textil	2	20,00	40,00	8,20	328,00	1,00	1,0	328,00
Tür	Holz	1	35,00	35,00	4,80	168,00	1,00	1,0	168,00
Fenster	Holz	2	20,00	40,00	4,80	192,00	1,00	1,0	192,00
Gesamtsumme				820,95		4407,73			4954,43

rechnerische Brandlast q_R [kWh/m²]: 332,04

Tabelle 5.6-5: Brandlasten aus den Hausnebenräumen

Ermittlung der nutzungsspezifischen mobilen Brandlasten					
Nutzungsvariante Hausnebenräume/Kellerersatzräume					
Raum	Fläche [m ²]	Masse [kg]	Q [kWh]	ψ^*m^*Q [kWh]	q_R [kWh/m ²]
Abstellraum 1	6,98	335,95	2.256,77	2.333,57	334,10
Abstellraum 2	7,24	336,71	2.260,57	2.337,37	322,92
Abstellraum 3	5,35	331,05	2.232,25	2.309,05	431,58
Abstellraum 4	7,02	336,06	2.257,30	2.334,10	332,48
Abstellraum 5	8,72	341,16	2.282,82	2.359,62	270,55
Abstellraum 6	8,44	340,33	2.278,65	2.355,45	278,97
Abstellraum 7	8,75	341,25	2.283,25	2.360,05	269,71
Abstellraum 8	6,47	334,40	2.249,02	2.325,82	359,61
Flur 1 und 2	15,57	776,70	5.337,51	5.491,11	352,73
Heizungsraum	10,23	560,00	1.020,00	1.020,00	99,67
Waschen & Trocknen	24,38	5.008,14	1.333,71	1.333,71	54,70
Hobby-Allgemein	23,82	466,46	2.893,29	3.046,89	127,92
Allgemeinraum	5,54	331,62	2.235,09	2.311,89	417,34
Terrasse	73,96	951,87	6.213,37	6.366,97	86,09
Gesamt:	212,47	10.791,72	37.133,61	38.285,61	180,19

Die gewerteten nutzungsspezifischen Brandlasten wurden mit den theoretisch maximal möglichen m-Faktoren gewichtet. In realen Verhältnissen liegt die Summe der m-Faktoren der Brandlasten nicht höher als 0,7, in Ausnahmefällen bei 0,8. Die Gewichtung der m- und ψ -Faktoren erfolgt bei der Bewertung der mobilen und immobilen Brandlasten nach dem theoretischen Ansatz gleichermaßen. Die daraus resultierenden flächenbezogenen Brandlasten q_R stellen die 95% Fraktile der theoretisch denkbaren Brandlasten dar.

Man erkennt, daß sich in den Gebäudemodulen A und B die auf die jeweilige Grundfläche der Wohnungen bezogene Brandlast auf eine mittlere Größe von ca. 310 kWh/m² tariert. In diesem Wert sind die konstruktionsneutralen immobilen Brandlasten, z.B. aus Fenstern und Türen, enthalten. Um im folgenden auch die nutzungsspezifischen Brandlasten verschiedener möglicher Nutzungsvarianten von Holzhäusern (Büro/Verwaltung, Hotel, Schule, Gaststätte) miteinander zu vergleichen, werden die konstruktionsneutralen immobilen Brandlasten isoliert und nachfolgend gesondert ausgewiesen. Hieraus ergibt sich für die Nutzungsart "Wohnen" ein ungewichteter Wert der Brandlast von ca. 280 kWh/m².

Eine realitätsnahe Gewichtung der mobilen Brandlasten mit m- und ψ -Faktoren ergibt für die Nutzungsvariante "Wohnhaus" ein in der Praxis bekannter Wert von ca. 230-245 kWh/m².

Für die Hausnebenräume errechnet sich ein Wert von ca. 180 kWh/m², also ca. 2/3 des Wertes für die Wohnflächen. Ausgehend von einer normalen Nutzungsintensität kann man auch diesen Wert als repräsentativ ansehen.

Gebäudetechnik

In der folgenden Tabelle sind die abgeschätzten Brandlasten der gebäudetechnischen Ausrüstung zusammengefaßt:

Tabelle 5.6-6: Brandlasten der gebäudetechnischen Ausrüstung

Gebäudetechnik									
1. Elektro									
Gegenstand	Werkstoff	Länge		Gewicht	H_u	Q	ψ	m	ψ^*m^*Q
		[m]	[kg/m]						
Hauptzuleitung	PVC	15,00	0,30	4,50	5,00	22,50	1,00	1,0	22,50
Leitungen zu Whg.	PVC	80,00	0,20	16,00	5,00	80,00	1,00	1,0	80,00
Steuerleitungen zu Whg.	PVC	80,00	0,20	16,00	5,00	80,00	1,00	1,0	80,00
Zul. zu Stromkreisen	PVC	500,00	0,20	100,00	5,00	500,00	1,00	1,0	500,00
Steckdosen usw. [Stück]	PVC	400,00	0,15	60,00	5,00	300,00	1,00	1,0	300,00
2. Heizung									
Gegenstand	Werkstoff	Länge		Gewicht	H_u	Q	ψ	m	ψ^*m^*Q
		[m]	[kg/m]						
Isolierung (3cm Stärke) für DN 32	PUR	60	0,35	21,00	6,70	140,70	1,00	0,3	42,21
Isolierung (2 cm Stärke) für DN 20	PUR	75	0,25	18,75	6,70	125,63	1,00	0,3	37,69
3. Entwässerung									
Gegenstand	Werkstoff	Länge		Gewicht	H_u	Q	ψ	m	ψ^*m^*Q
		[m]	[kg/m]						
HT-Rohr DN 100	PVC	35	0,50	17,50	6,70	117,25	1,00	1,0	117,25
HT-Rohr DN 70	PVC	20	0,35	7,00	6,70	46,90	1,00	1,0	46,90
HT-Rohr DN 50	PVC	75	0,30	22,50	6,70	150,75	1,00	1,0	150,75
Bögen usw. [Stück]	PVC	150	0,20	30,00	6,70	201,00	1,00	1,0	201,00
4. Bewässerung									
Gegenstand	Werkstoff	Länge		Gewicht	H_u	Q	ψ	m	ψ^*m^*Q
		[m]	[kg/m]						
Isolierung (3 cm Stärke) DN 32	PUR	20	0,35	7,00	6,70	46,90	1,00	0,3	14,07
Isolierung (3 cm Stärke) DN 25	PUR	125	0,35	43,75	6,70	293,13	1,00	0,3	87,94
Isolierung (2 cm Stärke) DN 20	PUR	75	0,25	18,75	6,70	125,63	1,00	0,3	37,69
Isolierung (2 cm Stärke) DN 15	PUR	75	0,25	18,75	6,70	125,63	1,00	0,3	37,69
Gesamtsumme				401,50		2.356			1.733

5.6.4 Vergleich der resultierenden Brandlasten

Eine Bewertung der Brandlasten durch die Faktoren ψ und m läßt eine Annäherung an die real vorhandenen Einbauzustände zu, es werden folgende Fälle unterschieden.

Fall A:

In einem ersten Ansatz wird ein Abbrandfaktor¹ $m = 1,0$ und einem Kombinationswert² $\psi = 1,0$ angesetzt. Diese Annahme liefert für das reale Verhalten zu hohe Werte für die Brandlasten aus der Konstruktion, da unter realen Einbaubedingungen der Holztragkonstruktion mit m -Faktoren zu rechnen ist, die in der Regel kleiner als 1,0 sind. Trotzdem wird an dieser Stelle dieser Ansatz mit in die Gesamtbetrachtung aufgenommen, da er die Ausgangsbasis bzw. die "unbewertete Brandlast"³ darstellt. Durch Analogievergleiche mit den bau- und nutzungsüblichen Einflußgrößen wie Abbrandfaktor, Lagerungsdichte etc. wird der m -Wert auf die real vorhandene Größe abgeschätzt bzw. reduziert (\rightarrow Fall B).

Exemplarisches Ergebniss des rein thoretischen Betrachtungsansatztes A "Unbewertete Brandlast"

Tabelle 5.6-7: Gesamtbrandlasten Fall A ($m=1;\psi=1$)

FALL A				
1. Konstruktion				
Bauteil		Masse [kg]	Q [kWh]	$\psi*m*Q$ [kWh]
Außenwand		81.396,41	96.891,94	96.891,94
tragende Innenwand		13.465,81	12.929,56	12.929,56
nichttragende Innenwand		13.328,50	7.137,37	7.137,37
Wohnungstrennwand		4.139,95	11.439,49	11.439,49
Decke		117.849,50	126.062,23	126.062,23
Dach		20.639,37	39.937,97	39.937,97
Treppen/Stützen/Unterzüge		7.459,60	1.966,08	1.966,08
Gesamt		258.279,14	296.364,66	296.364,66
2. Ausstattung/Mobiliar				
	Fläche [m ²]	Masse [kg]	Q [kWh]	$\psi*m*Q$ [kWh]
Grundrißtyp A	276,29	18.195,19	77.689,14	77.689,14
Grundrißtyp B	288,48	18.444,93	78.741,64	78.741,64
Hausnebenräume	212,47	10.791,72	37.133,61	37.133,61
Flure in Geschoß 1-3	67,74			
Gesamt	844,98	47.431,85	193.564,39	193.564,39
3. Gebäudetechnik				
Bauteil		Masse [kg]	Q [kWh]	$\psi*m*Q$ [kWh]
Elektro, Heizung, Be- Entwässerung				
Gesamt		401,50	2.356,00	2.356,02
Gesamt 1-3	844,98	306.112,49	492.285,05	492.285,07

¹Der Abbrandfaktor m ist ein dimensionsloser Beiwert, der das Brandverhalten eines Stoffes oder Stoffgemisches in der jeweiligen Form, Verteilung, Lagerungsdichte und Feuchte berücksichtigt. Der Abbrandfaktor wird experimentell ermittelt, indem der zu untersuchende Stoff mit einem Vergleichsstoff - sägerautes Fichtenholz in Stäben mit einem Querschnitt von 40 mm x 40 mm, angeordnet in einer Holzkrippe - verglichen wird. Dem Vergleichsstoff wird der Abbrandfaktor $m=1,0$ zugeordnet, so daß sich für die hier vorkommenden Materialien Abbrandfaktoren im Bereich von 0,2 - 2,1. Die Multiplikation mit dem Faktor m stellt eine Bewertung dar, die im Fall A noch nicht berücksichtigt wird.

²Der Kombinationsbeiwert ψ berücksichtigt die Möglichkeit des Zusammenwirkens geschützter und ungeschützter Brandbelastungen. Der Variationsbereich von ψ liegt demnach zwischen 0 und 1,0.

³"unbewertet" bedeutet, daß die rein theoretische Brandlast Q [kWh] ohne eine Gewichtung mit den Faktoren m und ψ in die weiteren Betrachtungen eingeht.

Ein erster Vergleich zeigt, daß die unbewerteten Brandlasten aus der Konstruktion zu denen aus der Ausstattung im Verhältnis 3:2 stehen. Die Brandlasten aus der gebäudetechnischen Ausstattung des Gebäudes spielen eine untergeordnete Rolle.

Fall B:

Im Ansatz B wird der real vorhandene Abbrandfaktor m in der Betrachtung berücksichtigt. D.h., daß Form, Verteilung und Geometrie der Holzquerschnitte, die Lagerungsdichte von Akten und Büchern etc. und der daraus resultierende Abbrand mit in die Betrachtung einbezogen wird. Der Kombinationsbeiwert ψ wird jedoch noch wie im Fall A mit einem Wert von 1,0 angesetzt.

Tabelle 5.6-8: Gesamtbrandlasten Fall B ($m = \text{variabel}; \psi = 1$)

FALL B				
1. Konstruktion				
Bauteil		Masse [kg]	Q [kWh]	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]
Außenwand		81.396,41	96.891,94	80.640,52
tragende Innenwand		13.465,81	12.929,56	9.050,69
nichttragende Innenwand		13.328,50	7.137,37	4.996,16
Wohnungstrennwand		4.139,95	11.439,49	5.116,01
Decke		117.849,50	126.062,23	66.716,36
Dach		20.639,37	39.937,97	25.935,22
Treppen/Stützen/Unterzüge		7.459,60	1.966,08	1.376,26
Gesamt		258.279,14	296.364,66	193.831,23
2. Ausstattung/Mobiliar				
	Fläche [m ²]	Masse [kg]	Q [kWh]	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]
Grundrißtyp A	276,29	18.195,19	77.689,14	85.986,84
Grundrißtyp B	288,48	18.444,93	78.741,64	89.629,70
Hausnebenräume	212,47	10.791,72	37.133,61	38.285,61
Flure in Geschoß 1-3	67,74			
Gesamt	844,98	47.431,85	193.564,39	213.902,15
3. Gebäudetechnik				
Bauteil		Masse [kg]	Q [kWh]	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]
Elektro, Heizung, Be- Entwässerung				
Gesamt		401,50	2.356,00	1.733,18
Gesamt 1-2				
	844,98	306.112,49	492.285,05	409.466,55

Fall C:

Im Fall C werden Varianten zu den Standardkonstruktionen untersucht, mit dem Ziel eine Optimierung der Bauteile und der Gebäudekonstruktion hinsichtlich der immobilien Brandlast, im Verhältnis zu den mobilen Brandlasten zu erreichen.

Tabelle 5.6-9: Gesamtbrandlasten Fall C ($m = \text{variabel}$; $\psi = 1$), brandlastminimierte B-Bauweise

FALL C				
1. Konstruktion				
Bauteil		Masse [kg]	Q [kWh]	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]
Außenwand		81.396,41	96.891,94	55.243,52
tragende Innenwand		13.465,81	12.929,56	5.051,69
nichttragende Innenwand		13.328,50	7.137,37	2.793,16
Wohnungstrennwand		4.139,95	11.439,49	4.018,01
Decke		117.849,50	126.062,23	39.014,36
Dach		20.639,37	39.937,97	14.535,22
Treppen/Stützen/Unterzüge		7.459,60	1.966,08	1.075,26
Gesamt		258.279,14	296.364,66	114.831,23
2. Ausstattung/Mobiliar				
	Fläche [m ²]	Masse [kg]	Q [kWh]	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]
Grundrißtyp A	276,29	18.195,19	77.689,14	85.986,84
Grundrißtyp B	288,48	18.444,93	78.741,64	89.629,70
Hausnebenräume	212,47	10.791,72	37.133,61	38.285,61
Flure in Geschoß 1-3	67,74			
Gesamt	844,98	47.431,85	193.564,39	213.902,15
3. Gebäudetechnik				
Bauteil		Masse [kg]	Q [kWh]	$y \cdot m \cdot Q$ [kWh]
Elektro, Heizung, Be- Entwässerung				
Gesamt		401,50	2.356,00	1.733,18
Gesamt 1-2	844,98	306.112,49	492.285,05	338.466,55

Bei dem Modellgebäude wird der Austausch der nachfolgend beschriebenen Bauteile bzw. Baustoffschichten durchgeführt (s. Standard-Bauteilaufbauten Abschnitt 5.6.2). Man erhält die Möglichkeit verschiedene Bauteilaufbauten vergleichend zu betrachten und bei diesen, sofern dies technisch und bauphysikalisch sinnvoll, ist einzelne Bauteilschichten auszutauschen. Der Heizwert q_a (Spalte 3) gibt die absolute Brandlast der Konstruktionsvariante in dem Gebäude an, der Wert q_R (Spalte 4) ist auf die Gesamtnutzfläche des Gebäudes von 845 m² bezogen. Diese Darstellung erlaubt in

einfacher Art und Weise abzuschätzen, welchen Einfluß ein Bauteilaufbau bzw. Konstruktionsveränderungen auf die Brandlast haben. Grundlage der Berechnung sind die ermittelten Werte aus Fall B.

Nachfolgende tabellarische Übersicht zeigt im Vergleich den Einfluß verschiedener Konstruktionsvarianten.

Tabelle 5.6-10

Nr.	Element/Bauteil	Material	q_a [kWh]	q_R [kWh/m ²]
1.	Außenwand			
	Variante 1	Putz	0,00	0,00
	Variante 2	Bodendeckelschalung incl. Lattung	46.016,94	54,36

Nr.	Element/Bauteil	Material	q_a [kWh]	q_R [kWh/m ²]
2.	Außenwand			
	Variante 1	Holzweichfaserplatte	41.297,26	48,87
	Variante 2	zementgeb. Holzwolle- Leichtbauplatte	12.905,39	15,27
	Variante 3	Mineralfaser-Mehr- schicht-Leichtbauplatte	0,00	0,00

Nr.	Element/Bauteil	Material	q [kWh]	q_R [kWh/m ²]
3.	Außenwand			
	Variante 1	Sperrholzplatten	26.843,22	31,77
	Variante 2	Faserzementplatten (8 mm) oder GKF	0,00	0,00

Nr.	Element/Bauteil	Material	q [kWh]	q_R [kWh/m ²]
4.	Außenwand			
	Variante 1	Vollholzbalken	37.919,99	44,88
	Variante 2	TJI-Träger ⁴	33.806,92	40,01

Nr.	Element/Bauteil	Material	q [kWh]	q_R [kWh/m ²]
5.	Außenwand			
	Variante 1	PE-Folie	974,66	1,15
	Variante 2	Aluminiumverbundfolie ⁵	0,00	0,00

Nr.	Element/Bauteil	Material	q [kWh]	q_R [kWh/m ²]
6.	nichttragende Innenwände			
	Variante 1	Holzständer	4.996,16	5,91
	Variante 2	Metallprofile	0,00	0,00

⁴ Solche Träger sind zusammengesetzte Querschnitte, ähnlich einem Doppel-T-Profil. Die Gurte bestehen aus Furnierschichtholz, der Steg aus Holzwerkstoffplatten.

⁵ Um eine Verminderung der Gesamtbrandlast der Dachkonstruktion zu erreichen, wird sofern es bauphysikalisch vertretbar ist, der Anteil brennbarer Baustoffe (Dämm- und Klebstoffe, Folien etc.) minimiert. Bei entsprechenden Konstruktionsaufbauten kann im Dach auch auf Dampfsperren vollständig verzichtet werden.

Nr.	Element/Bauteil	Material	q [kWh]	q _R [kWh/m ²]
7.	Wohnungstrenndecke			
	Variante 1	Vollholzbalken ⁶	56.405,37	66,75
	Variante 2	TJI-Träger	34.830,73	41,22

Nr.	Element/Bauteil	Material	q [kWh]	q _R [kWh/m ²]
8.	Dachkonstruktion			
	Variante 1	Vollholzbalken	20.152,47	23,85
	Variante 2	TJI-Träger	11.450,27	13,55

Fall D:

In einer weiteren Parameterstudie wird berücksichtigt, daß bei Ausführung der gesamten Gebäudekonstruktion in konsequenter BA-Bauweise durch die nichtbrennbaren Bekleidungen der Bauteile mit Plattenwerkstoffen (GKF, GF, CaSi, usw.) dem einwirkenden Brand ein zeitlicher Widerstand entgegengesetzt wird. Das bedeutet, daß die hinter der Beplankung liegenden brennbaren Baustoffe, wie die Holzunterkonstruktion, Holzwerkstoffplatten oder brennbare Dämmstoffe, erst zeitlich verzögert die thermische Belastung erfahren bzw. vom Feuer erreicht werden. Daraus resultieren ψ -Werte $< 1,0$. Bei der Durchführung der Konstruktionsoptimierung wird auf die bautechnischen Belange mehrgeschossiger Holzhäuser geachtet, das bedeutet, daß die Funktion des optimierten Bauteils die statischen und bauphysikalischen Belastungen sowie ökonomische Kriterien erfüllt. Als Beispiel wären hierfür horizontal und/oder vertikal beanspruchte Wand- und Deckenscheiben zu nennen, deren Lastabtragung auch durch die substituierten Beplankungswerkstoffe erfüllt werden müssen. Der Grad der zeitlichen Verzögerung wird in Anlehnung an die Forschungsergebnisse des kanadischen National Research Council (Abschnitt 4.1) angenommen.

⁶ Abmessungen der Vollholzbalken: h/b = 220/80 mm;
TJI-Träger: Steg: h/b = 240/20mm; Gurte: h/b = 60/80mm;

Tabelle 5.6-11: Gesamtbrandlasten Fall D (m = variabel; ψ = variabel)

FALL D				
1. Konstruktion				
Bauteil		Masse [kg]	Q [kWh]	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]
Außenwand (s. Tab. 5.6-10)		81.396,41	96.891,94	16.747,66
tragende Innenwand		13.465,81	12.929,56	1.367,25
nichttragende Innenwand		13.328,50	7.137,37	1.345,26
Wohnungstrennwand		4.139,95	11.439,49	1.830,11
Decke		117.849,50	126.062,23	17.640,44
Dach		20.639,37	39.937,97	8.190,22
Treppen/Stützen/Unterzüge		7.459,60	1.966,08	1.376,26
Gesamt		258.279,14	296.364,66	48.497,20
2. Ausstattung/Mobiliar				
	Fläche [m ²]	Masse [kg]	Q [kWh]	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]
Grundrißtyp A	276,29	18.195,19	77.689,14	85.986,84
Grundrißtyp B	288,48	18.444,93	78.741,64	89.629,70
Hausnebenräume	212,47	10.791,72	37.133,61	38.285,61
Flure in Geschoß 1-3	67,74			
Gesamt	844,98	47.431,85	193.564,39	213.902,15
3. Gebäudetechnik				
Bauteil		Masse [kg]	Q [kWh]	$y \cdot m \cdot Q$ [kWh]
Elektro, Heizung, Be- Entwässerung				
Gesamt		401,50	2.356,00	1.733,18
Gesamt 1-2	844,98	306.112,49	492.285,05	264.132,53

Werden die Bauteilaufbauten nach den dort beschriebenen Konstruktionskriterien in Verbindung mit Gipsbaulatten (GK, GF) entwickelt beteiligen sich während der klassifizierten Feuerwiderstanddauer des Bauteils ca. 9%-19% der brennbaren Tragkonstruktion am Brandgeschehen. Zur Abschätzung des globalen Brandlastbeitrags eines Holzhauses in BA-Bauweise werden 15% der gesamten immobilien Gebäudebrandlasten des Modellgebäudes flächenbezogen angesetzt. Es handelt sich nicht um den Brandlastanteil der in einem realen Brandbereich liegenden Bauteile, sondern um die fiktive Annahme, alle in dem Gebäude enthaltenen brennbaren Baustoffe beteiligen sich gleichzeitig anteilig am Brandgeschehen. Nach Abschätzung liegen hiermit die Annahmen auf der sicheren Seite.

Tabelle 5.6-12: Beispiel für die angesetzten m- und ψ -Faktoren
Brandlastermittlung nach DIN 18230

Pos.1		Außenwand									
Variante 1	Fall D	Bemerkung:									
Bauteil: Außenwand											
Schicht-Nr.	Material/Werkstoff	Dicke [mm]	M [kg/m ²]	Fläche [m ²]	M [kg]	Hu [kWh/kg]	Q [kWh]	ψ	m	$\psi \cdot m \cdot Q$ [kWh]	
1	mineral. Putz	20,0	40,00	614,54	24.581,70	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00	
2	Bewehrungsgewebe	1,0	0,65	614,54	399,45	5,00	1.997,26	0,60	1,0	1.198,36	
3	zementgeb. Holzwole-Leichtbaupl.	35,0	14,00	614,54	8.603,60	1,50	12.905,39	0,40	0,6	3.097,29	
4	Gipsfaserplatte	18,0	19,80	614,54	12.167,94	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00	
5	Dämmstoff (Mineralwolle)	140,0	12,66	614,54	7.777,65	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00	
6	Holzständer	140,0	18,36	614,54	11.285,71	4,80	54.171,41	0,15	0,7	5.688,00	
7	Sperrholzplatte	13,0	9,10	614,54	5.592,34	4,80	26.843,22	0,30	0,8	6.442,37	
8	PE-Folie	0,2	0,13	614,54	79,89	12,20	974,66	0,30	1,1	321,64	
9	Dämmstoff (Mineralwolle)	40,0	4,00	614,54	2.458,17	0,00	0,00	0,80	1,0	0,00	
10	GKB	12,5	13,75	614,54	8.449,96	0,00	0,00	1,00	1,0	0,00	
Gesamt		279,7			81.396,41		96.891,94			16.747,66	

Brandlast Szenarien des Modellgebäudes der Nutzungsvariante Wohnen

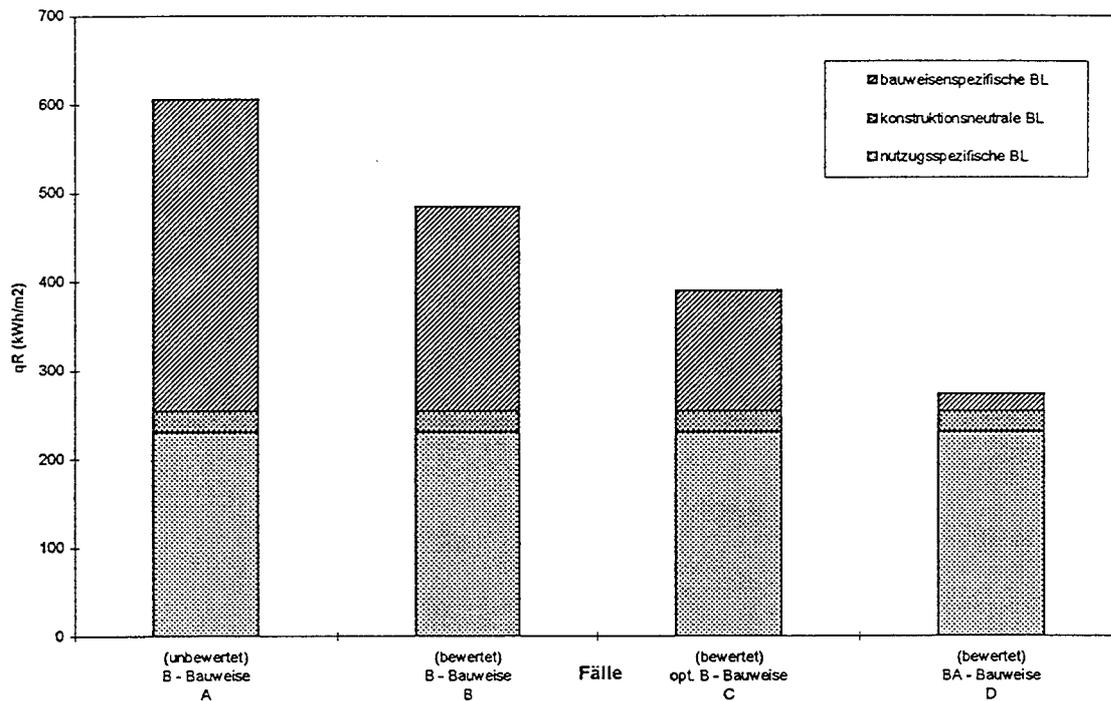


Abb. 5.6-1 Brandlastszenarien des Modellgebäudes in Holzrippenbauweise (Holzrahmen-/Holztafelbauweise) in Abhängigkeit der Bauweise

Ermittlung der bauweisenabhängigen Brandlasten

Neben der bisher betrachteten Holzrippenbauweise, welche die brandschutztechnischen Eigenschaften der Holztafelbau- und Holzrahmenbauweise subsumiert werden im Vergleich zwei weitere Holzbauweisen betrachtet. Die Brettstapelbauweise und die Skelettbauweise finden im mehrgeschossigen Holzbau ebenfalls Anwendung. Die bauweisen- bzw. konstruktionsspezifischen Eigenschaften haben Einfluß auf die Menge und Verteilung der immobilen Brandlasten. Als mobile Brandlasten werden die zuvor für Wohngebäude ermittelten Werte angesetzt. Im ersten Schritt wurden für eine vergleichende Gewichtung der konstruktionsspezifischen immobilen Brandlasten alle Konstruktionen gemäß dem teilbewertetem Fall B ($m = \text{variabel}$, $\psi = 1$, keine Bauteiloptimierung und keine Brandschutzbekleidung) berechnet (→Abb. 5.6-2).

In einem zweiten Schritt wird die bautechnische Reduktion der Brandlasten der einzelnen Holzbauweisen, durch die konsequente Anordnung brandschutztechnisch wirksamer Bekleidungen/Bepankungen (→ BA-Bauweise), betrachtet und der Ausführung des Modellgebäudes in konventioneller Massivbauweise gegenübergestellt (→Abb. 5.6-3).

Skelettbauweise

Diese Bauweise folgt in moderner Form dem traditionellen Fachwerkbau. Das tragende Skelett aus Kanthölzern besitzt jedoch größere Rasterabstände. Beim Holzskelettbau bilden Stützen und Horizontalträger in einem bestimmten Grobraster ein Tragwerk. Auf oder in diesem Primär-Tragwerk liegen Sekundär-Tragelemente wie Balken- und Sparrenlagen. Die vorhandenen Brandlasten liegen bei der Skelettbauweise zwischen der Holzrippen- und der Brettstapelbauweise (Übersicht: → Abb. 5.6-2).

Der verstärkte Einsatz von kostengünstigen Schwach- und Resthölzern (z.B. Seitenware) von Nadelholz bei tragenden Bauteilen (Wände, Decken, usw.) haben zur Entwicklung der Brettstapelbauweise geführt. Die Brettstapelbauweise ist in jüngster Zeit eine Alternative zur

Holzrippenbauweise geworden, da sie z.B. durch die Verwendung von Rest- bzw. Schwachhölzern sehr wirtschaftlich ist. Aus der Seitenware, den Anschnittresten des Stammholzes, lassen sich Bohlen bis zu einer Dicke von 36-40 mm herstellen. Der Preis je m³ liegt ca. bei einem Drittel von dem des Vollholzpreises. Die Bauteile werden einfach durch das Aufeinandernageln der Bretter mit versetzten Stößen hergestellt, wodurch massive Holzbauteile entstehen. Diese haben den Vorteil, daß sie keine Hohlräume aufweisen, in der Fläche einen nur einseitigen Abbrand aufweisen und das Risiko bezüglich der Bildung von uneinsehbaren Glutnestern reduziert wird. Allerdings besteht bei dieser Bauweise auch der größte Holzverbrauch und damit ist auch der Eintrag der Brandlasten sehr hoch. Für die Konstruktionshölzer ergeben sich folgende typische Abmessungen:

- Außenwand (tragend): 80 mm
- Innenwand (tragend): 80 mm
- Innenwand (nichttragend): 60 mm
- Wohnungstrennwand: 160 mm
- Deckenkonstruktion: 160 mm
- Dachkonstruktion 160 mm

Man erkennt, daß sich die Brandlasten bei der Brettstapelbauweise im Vergleich zur Holzrippenbauweise fast verdoppelt haben (→Abb 5.6-2). Durch konsequente Ausführung als BA-Bauweise mit entsprechender Anordnung brandschutztechnisch wirksamer Bekleidungen und Zementestrichen auf den Deckenscheiben werden die real vorhandenen Brandlasten auf ein hinreichend verträgliches Maß reduziert.

Massivbauweise

Bei der Betrachtung von Brandlasten verschiedener ungeschützter und geschützter Holzbauweisen stellt sich, zur Einschätzung des Risikopotentials, zwangsläufig die Frage nach dem Vergleich zur Massivbauweise. Mit Massivbauweise wird hier die Bauweise mit Baustoffen der Baustoffklasse A verstanden z.B. Ziegel, Stein und Beton (zur Abgrenzung zur Brettstapelbauweise, die ebenfalls eine massive Bauweise darstellt). Brandlasten resultieren im wesentlichen aus den Dachkonstruktionen, die in der Praxis zu 97% aus Holz errichtet werden, den konstruktionsneutralen immobilen Brandlasten sowie aus brennbaren Dämmstoffen (z.B. Polystyrol-WDVS). Bei dem Modellgebäude werden die Dachkonstruktion und Anteilige konstruktionsneutrale immobile Brandlasten (Innentüren, Sanitär- und Elektroinstallation) rechnerisch angesetzt.

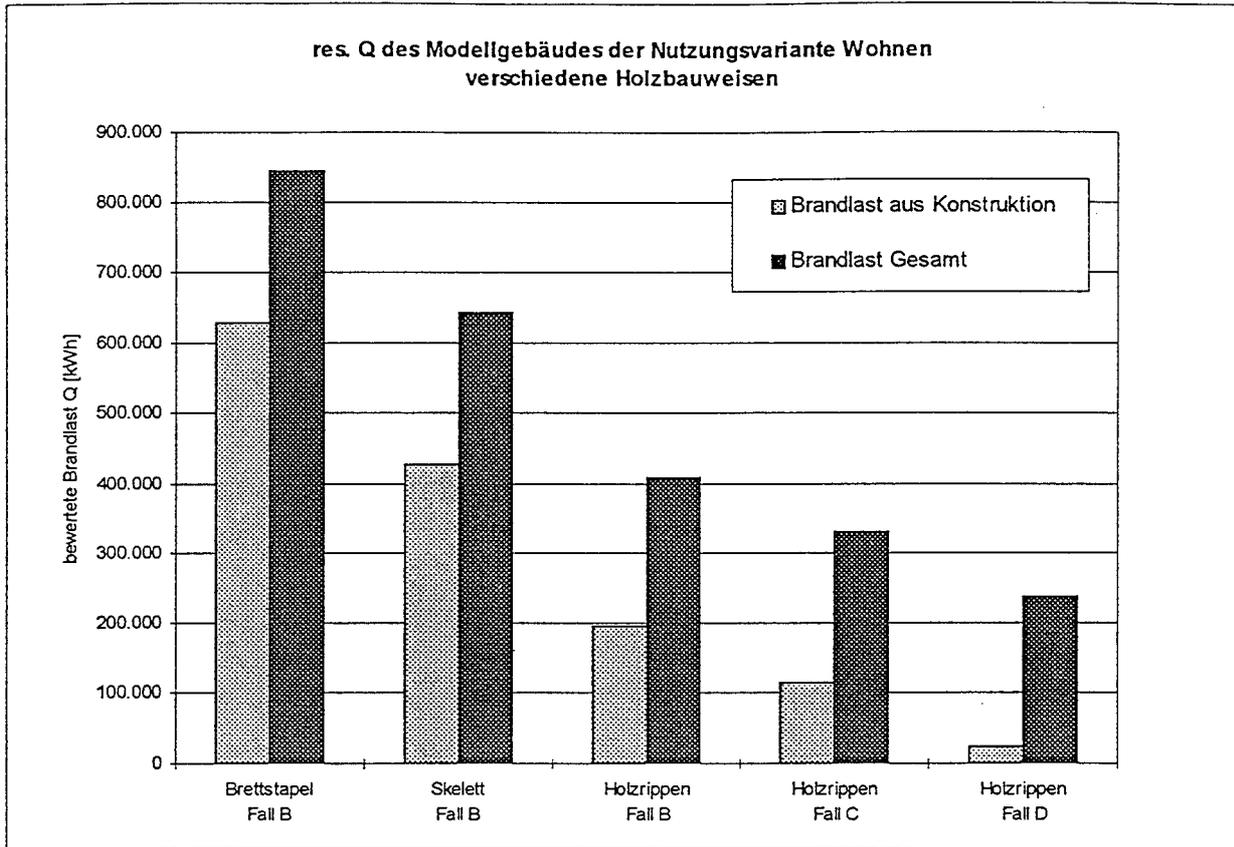


Abb. 5.6-2: Resultierende Gesamtbrandlasten des Modellwohngebäudes bei Ausführung in verschiedenen Holzbauweisen

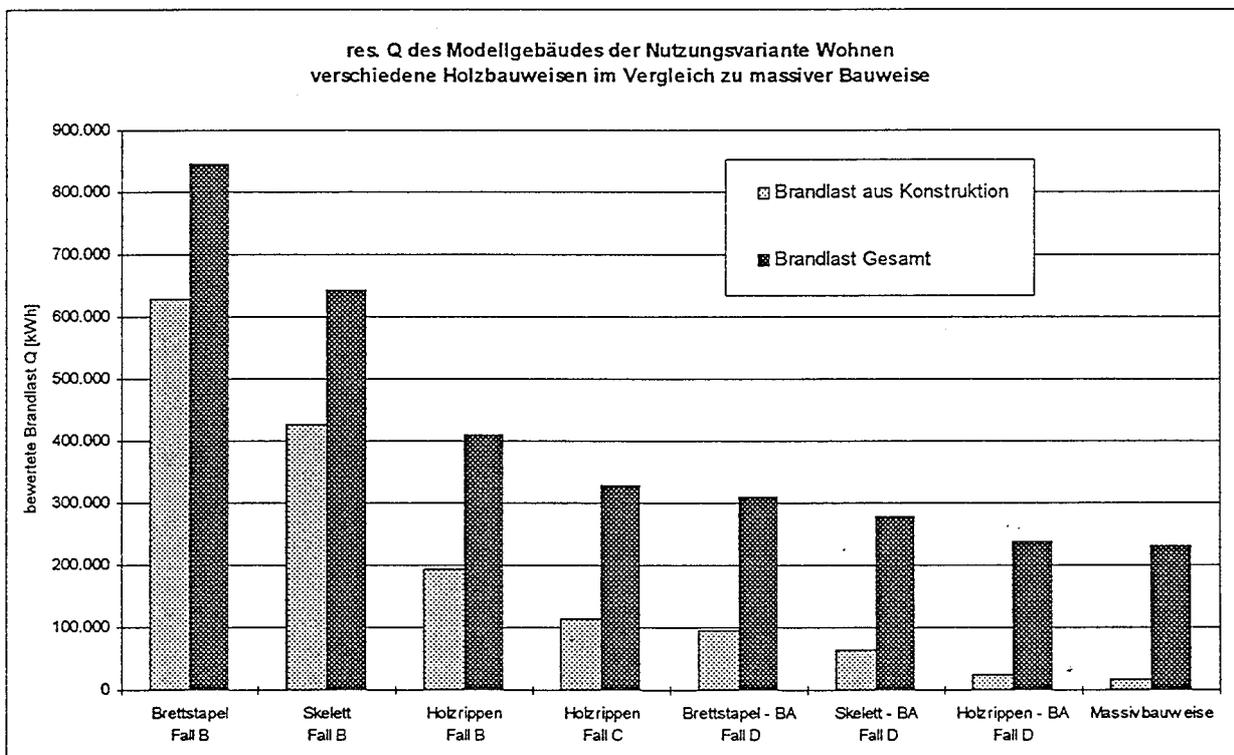


Abb. 5.6-3: Resultierende Gesamtbrandlasten des Modellwohngebäudes bei Ausführung in verschiedenen Holzbauweisen (in B- und BA-Bauweise) im Vergleich zur Massivbauweise

Vergleich mit den Brandlasten anderer Nutzungsarten

Bislang wurden die Brandlasten aus Konstruktion, Ausstattung und Gebäudetechnik für ein Wohngebäude berechnet. Wie schon beschrieben soll eine überschlägige Berechnung der Brandlasten einen Vergleich zwischen unterschiedlichen Nutzungstypen ermöglichen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen, die sich ausschließlich auf die mobilen Brandlasten und denen aus der Gebäudetechnik beziehen, sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben. Zum Vergleich findet man nutzungsspezifische Brandbelastungen exemplarischer Industriezweige (nach [12], [13]).

Tabelle 5.6-13: Nutzungsabhängige mobile Brandlasten (80% - Fraktile - Werte)

Nutzungsart	Brandbelastung [kWh/m ²]
Polyethylen-Granulatlager	4258 ^{/12}
Polyethylen-Behälterlager	2513 ^{/12}
Getränkelerager	818 ^{/12}
Pappe-Lager	350 ^{/12}
Gaststätte/Gastronomie	300
Wohngebäude	240 - 260
Hotel	250
Schule	200-250
Büro/Verwaltung	285 ^{/13}
Schreinerei	124 ^{/12}
Bäckerei	80 ^{/12}
Metallbearbeitung	15 ^{/12}

In den durchgeführten Brandlastszenarien werden verschiedene, für mehrgeschossige Holzhäuser relevante, Nutzungsvarianten betrachtet:

- Wohnen
- Schule
- Büro, Verwaltung mit den Verkehrslasten wohnähnlicher Nutzung ($p = 2 \text{ kN/m}^2$)
- Büro, Verwaltung ($p = 3,5 \text{ kN/m}^2$)
- Hotel
- Gaststätte

Innerhalb jeder Nutzungsvariante werden fünf Fälle betrachtet:

- Fall A: entspricht dem theoretischen Ansatz der "unbewerteten Brandlasten"
- Fall B1: bewertete flächenbezogene Brandlasten bei Ausführung in klassischer B-Bauweise
- Fall B2: Konstruktionsausführung wie im Fall B1, jedoch in BA-Bauweise
- Fall C1: Brandlastoptimierte B-Bauweise. Hierbei handelt es sich um eine reine B-Bauweise, jedoch mit brandlastoptimierten Konstruktionsaufbauten (z.Bsp.: Substitution eines Vollholzdeckenbalkens durch einen TJI-Träger)
- Fall C2: Dieser Fall beschreibt die flächenbezogene Brandlast bei Ausführung der brandlastoptimierten Konstruktion des Falls C1 in BA-Bauweise (Kapselung der noch vorhandenen Brandlasten)

Bei den BA-Bauweisen wird wie in Fall D (Seite 5.59) beschrieben, daß sich je nach Konstruktionsaufbau ca. 15-18% der durch die BA-Bauweise gekapselten Brandlasten der Tragkonstruktion am Brandgeschehen beteiligen.

Zu den folgenden Darstellungen der Rechenergebnisse ist anzumerken, daß der vorangegangene ermittelte Wert für das Modellgebäude von ca. 310 kWh/m² um die

konstruktionsneutralen immobilen Brandlasten (Türen, Fenster, etc.) reduziert wurde. Der daraus resultierende Wert von ca. 280 kWh/m² wird wiederum auf die Gesamfläche des Wohngebäudes interpoliert und reduziert sich auf ca. 245 kWh/m². Dies ist erforderlich, um die Werte mit denen aus Literaturangaben vergleichen zu können, da in den jeweiligen Quellen die Brandlasten ohne die konstruktionsneutralen immobilen Brandlasten ermittelt wurden.

Der geringfügig höhere Wert für die Nutzungform "Hotel" erklärt sich durch die höhere Belegungsdichte in der Ausstattungsvariante "Schlafzimmer", bei denen die Werte der Brandlasten geringfügig über dem Durchschnitt liegen. Bei der Nutzungsform "Schulen" wurde das Musterinventar von Klassenräumen als charakteristische Nutzungsaustattung angesetzt. Dabei hängen die resultierenden Brandlasten maßgeblich von der Art des Mobiliars (Holz- oder Metallmöbel) ab, so daß sich ein Streubereich für die mobilen Brandlasten ergibt. Dieser wurde mit dem Mittelwert angesetzt.

Bei der Nutzung des Modellgebäudes als Büro-/Verwaltungsgebäude werden zwei verschiedene Fälle betrachtet:

1. Der höhere Eintrag von Brandlasten infolge erhöhter Belegungsdichte technischer Ausstattung, Kommunikationsgeräten, gebäudetechnischer Installationen und der erhöhte Anteil von Archiv- und Datenmaterial. Diese Büroeinheiten können in normale Wohngebäude integriert werden wie dies heute bei Architekturbüros, Ingenieurbüros, Rechtsanwalts- und Notarbüros, Steuerberatungsbüros etc. üblich ist, ohne daß die Verkehlasten (2,0 kN/m²) die wohnübliche Nutzung übersteigen.
2. Die Erhöhung der Verkehlasten von 2,0 kN/m² auf 3,5 kN/m² hat Einfluß auf die Ausbildung der Tragkonstruktion (Vergrößerung der tragenden Holzquerschnitte) einhergehend mit der Erhöhung der immobilen Brandlasten. Die aus der statischen Berechnung erhöhten Querschnittswerte führen zu einer Brandlasterhöhung für den Fall der "bewerteten B-Bauweise" (Fall B1) von 229,4 kWh/m² auf 245,3 kWh/m².

Brandlastszenarien des Modellgebäudes der Nutzungsvarianten Wohnen

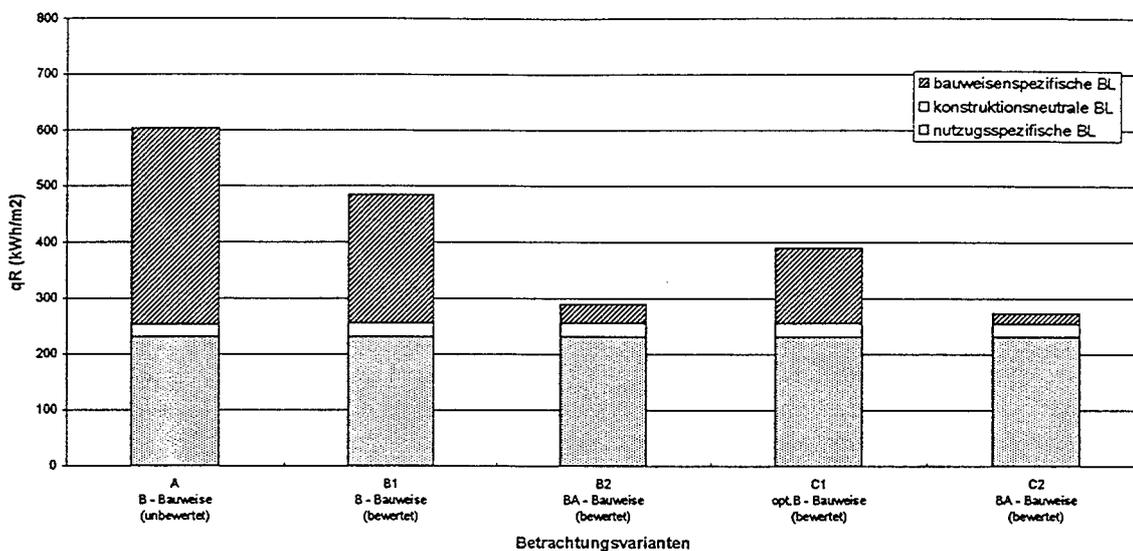


Abb. 5.6-4 Brandlastszenarien des Modellgebäudes in Holzrippenbauweise (Holzrahmen-/Holztafelbauweise) der Nutzungsvariante Wohnen

Brandlastszenarien des Modellgebäudes der Nutzungsvariante Schule

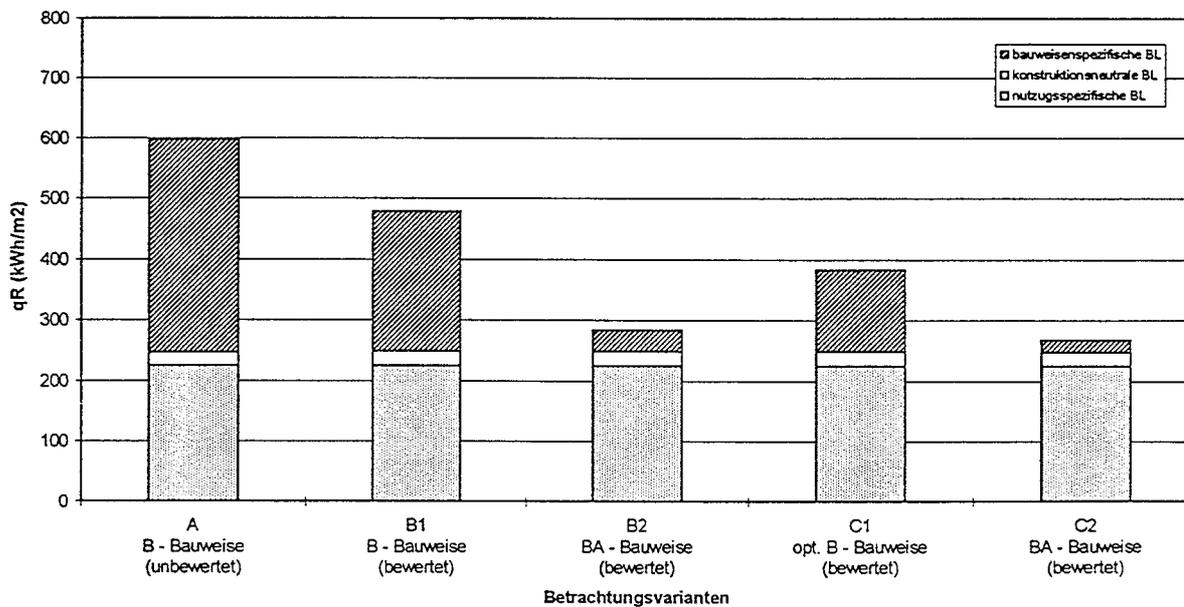


Abb. 5.6-5 Brandlastszenarien eines Schulgebäudes in Holzrippenbauweise (Holzrahmen-/Holztafelbauweise)

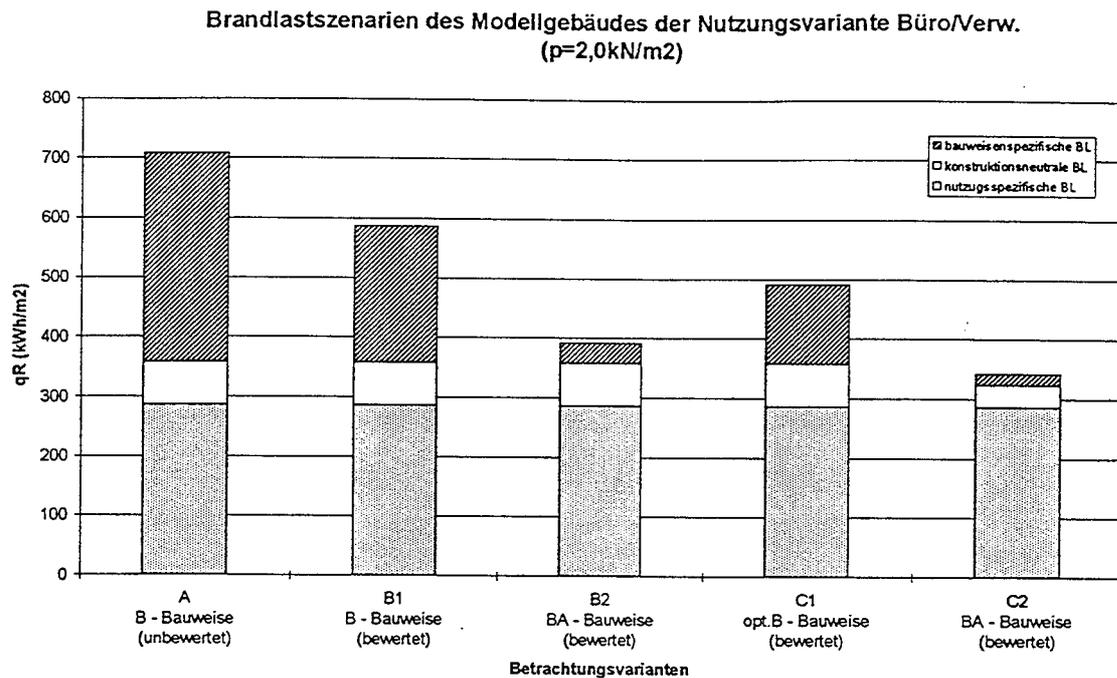


Abb. 5.6-6 Brandlastszenarien des Modellgebäudes in Holzrippenbauweise (Holzrahmen-/Holztafelbauweise) der Nutzungsvariante Büro mit wohnähnlichen Verkehrslasten ($p = 2,0 \text{ kN/m}^2$)

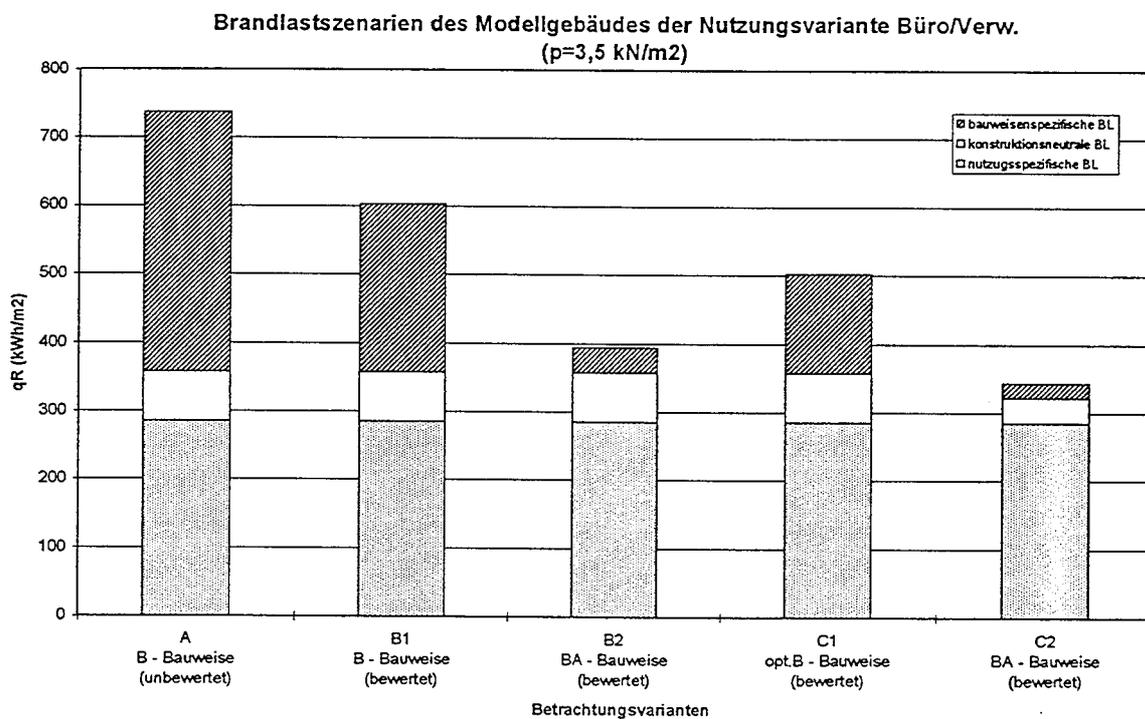


Abb. 5.6-7 Brandlastszenarien des Modellgebäudes in Holzrippenbauweise (Holzrahmen-/Holztafelbauweise) der Nutzungsvariante Büro mit erhöhten Verkehrslasten ($p = 3,5 \text{ kN/m}^2$)

Brandlastszenarien des Modellgebäudes der Nutzungsvariante Hotel

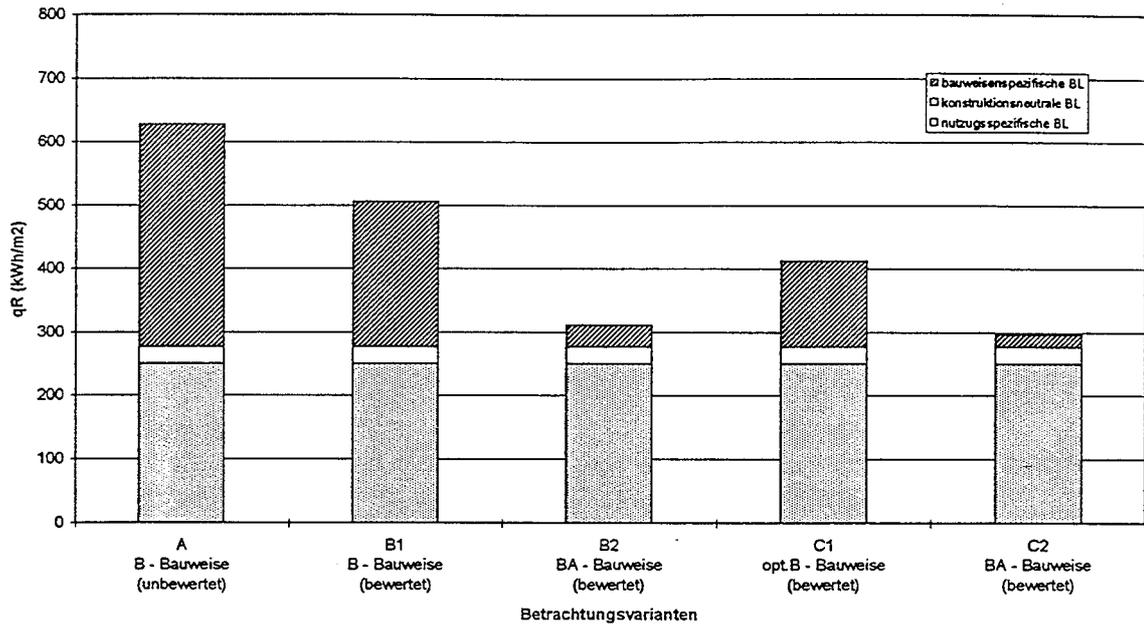


Abb. 5.6-8 Brandlastszenarien des Modellgebäudes in Holzrippenbauweise (Holzrahmen-/Holztafelbauweise) der Nutzungsvariante Hotel/Wohnheim

Brandlastszenarien des Modelgebäudes der Nutzungsvariante Gaststätte

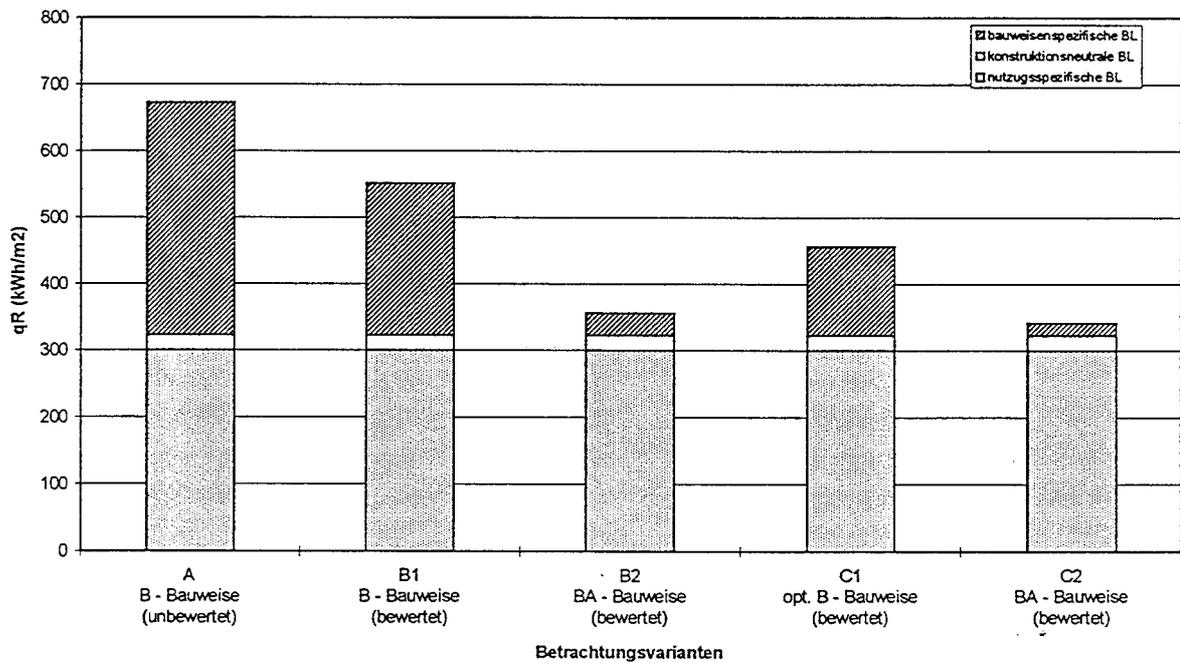


Abb. 5.6-9 Brandlastszenarien des Gebäudes in Holzrippenbauweise (Holzrahmen-/Holztafelbauweise) der Nutzungsvariante Gaststätte

6 Auswertung von durchgeführten Bauteilversuchen

6.1 Vorgehensweise bei der Auswertung

Bereits durchgeführte Bauteilversuche sollen mit Blick auf das unterschiedliche Brandverhalten von Holzkonstruktionen gegenüber anderen Konstruktionen betrachtet werden. Die Auswertung der Prüfzeugnisse von Wand- und Deckenkonstruktionen ermöglicht vergleichende Aussagen zwischen der Stahlständer- und der Holzständerbauweise. Betrachtet werden in diesem Zusammenhang nur Konstruktionen mit annähernd vergleichbarem Aufbau. Die Aussagen, die aufgrund der Prüfzeugnisse getroffen werden können, haben lediglich qualitativen Charakter. Sie liefern jedoch erste Anhaltspunkte über das Verhalten von B-Konstruktionen im Vergleich zu A-Konstruktionen in bezug auf das Rißverhalten, Verformungen, Versagensart, Qualmaustritt sowie den Temperaturverlauf.

Ausgewertet werden Prüfzeugnisse von Wand- und Deckenkonstruktionen. Die Betrachtung bleibt auf nichttragende Wandkonstruktionen beschränkt, da für tragende Stahlständerwände keine verwertbaren Ergebnisse vorliegen. Bei den Decken werden überwiegend Konstruktionen mit abgehängter Unterdecke in Einlegemontage untersucht. Lediglich bei einigen Holzbalkendecken ist die Bekleidung direkt am Balken befestigt.

6.2 Vergleich unterschiedlicher Wandkonstruktionen

Tabelle 6.2.1: Holzständer- und Metallständerwand der Firma A

Firma	A
Prüfzeugnis	A.1
Wandtyp	Holzständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	60*60 mm
beidseitige Bepankung	2*10,5 mm Perlcon-Board
Dämmung	60 mm Steinwolle (50kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 90

Firma	A
Prüfzeugnis	A.2
Wandtyp	Metallständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	C-Profile 75*50*0,6 mm
beidseitige Bepankung	2*10,5 mm Perlcon-Board
Dämmung	60 mm Steinwolle (50kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 90

Beobachtungen

Nach 25 Minuten wird bei beiden Wänden Qualmaustritt beobachtet. Bei der Metallständerkonstruktion beschränkt sich dieser auf die Elt-Dose, während bei der Holzständerkonstruktion von leichtem Qualmaustritt an mehreren Stellen gesprochen wird. Diese verstärkt sich nach 42 Minuten auf mittleren Qualmaustritt.

Bei der Metallständerwand reißt bereits in der 37. Minute die obere horizontale Fuge und in der 61. Minute werden Risse über die ganze Wand festgestellt. Die obere Fuge der Holzständerwand reißt erst nach 48 Minuten und nach 71 Minuten zeigen sich lediglich Risse im

Fugenbereich. Dennoch fällt die Bekleidung der Holzkonstruktion 30 Minuten früher ab als die der Metallständerwand.

Die Beflammung der Metallständerwand wird nach 120 Minuten beendet, da das Prüfungsziel erreicht ist. Die Prüfung der Holzständerkonstruktion wird nach dem Überschreiten der zulässigen Temperaturerhöhung um 180 K nach 110 Minuten beendet. Die Holzstiele sind zu diesem Zeitpunkt stark verkohlt.

Die während der Versuche gemessenen Temperaturen sind in etwa vergleichbar.

Die Verformungen der Metallständerwand sind wesentlich größer als die der Holzständerwand. Zudem beult sich die Metallständerwand zum Feuer hin, während sich die Holzständerwand entgegengesetzt verformt.

Tabelle 6.2.2: Holzständer- und Metallständerwand der Firma A

Firma	A
Prüfzeugnis	A.3
Wandtyp	Holzständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	60*60 mm
beidseitige Beplankung	10,5 mm Pericon-Board
Dämmung	40 mm Steinwolle (41 kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 30

Firma	A
Prüfzeugnis	A.4
Wandtyp	Metallständerwand (nichttragend/raumabschließend)
Ständer	CW-Profil 75*50*0,6 mm
beidseitige Beplankung	12,5 mm Pericon-Board
Dämmung	40 mm Steinwolle (42 kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 30

Beobachtungen

Bei der Metallständerwand werden keine Anmerkungen zur Qualmentwicklung gemacht. Bei der Holzständerwand wird nach 17 Minuten ein geringer Qualmaustritt an mehreren Stellen beobachtet, der sich in der 22. Minute verstärkt. Nach 57 Minuten tritt an der Elt-Dose starker Qualm aus.

Die Metallkonstruktion weist nach 4 Minuten bereits leichte Risse in der Plattenoberfläche auf und nach 21 Minuten verbreitern sich die Risse im Fugenbereich. In der 41. Minute wird die zulässige Temperaturerhöhung um 180 K an Meßstelle 19 überschritten. Bei der Holzständerwand zeigen sich erste Risse in den horizontalen Fugen nach 37 Minuten. Nach 54 Minuten öffnen sich die Fugen und die maximal zulässige Temperaturerhöhung von 180 K wird nach 58 Minuten erreicht. Die Holzstiele sind stark verkohlt.

Der Temperaturverlauf ist vergleichbar. Bei der Holzständerwand fällt auf, daß das Öffnen der Fugen mit einem sofortigen Anstieg der Temperaturen einher geht.

Die Verformungen der Stahlkonstruktion sind extrem. Nach 30 Minuten wölben sich die Platten bis zu 105 mm nach außen. Die Wölbung der Holzständerkonstruktion ist negativ d. h. in den Wandquerschnitt hinein (nach 30 Minuten bis zu 27 mm).

Tabelle 6.2.3: Holzständer- und Metallständerwand der Firma B

Firma	B
Prüfzeugnis	B.1
Wandtyp	Holzständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	40*60 mm
beidseitige Beplankung	12,5 mm GKF
Dämmung	60 mm isofloc-Dämmstoff (50kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 30

Firma	B
Prüfzeugnis	B.2
Wandtyp	Metallständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	CW-Profil 50*50*0,6 mm
beidseitige Beplankung	12,5 mm GKF
Dämmung	50 mm isofloc-Dämmstoff (60kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 30

Beobachtungen

Bei beiden Konstruktionen klaffen die Fugenstöße nach 10 Minuten einige Millimeter auseinander und nach 15 Minuten zeigen sich Längsrisse in den GKF-Platten.

Die Beplankung der Holzständer fällt nach 32 Minuten ab und die der Metallständer nach 45 Minuten.

Nach 40 Minuten endet die Beflammung der Holzständerwand, da eine Temperaturerhöhung über die Anfangstemperatur von mehr als 180 K gemessen wurde. Diese tritt bei der Metallständerwand in der 50. Minute ein.

Die Temperaturverläufe sind ähnlich, wobei festzustellen ist, daß die gemessenen Temperaturen bei der Holzkonstruktion im Mittel etwas geringer sind.

Die Verformungen der Holzkonstruktion sind sehr viel kleiner als die der Metallständerwand. Bei der Holzkonstruktion wird eine Wölbung in den Wandquerschnitt gemessen, während sich die Metallständerwand nach außen verformt.

Tabelle 6.2.4: Holzständer- und Metallständerwand der Firma B

Firma	B
Prüfzeugnis	B.3 (Probekörper 1)
Wandtyp	Holzständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	40*80 mm
beidseitige Beplankung	2*12,5 mm GKF
Dämmung	80 mm isofloc-Dämmstoff (50 kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 90

Firma	B
Prüfzeugnis	B.4 (Probekörper 2)
Wandtyp	Metallständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	CW-Profil 50*50*0,6 mm
beidseitige Beplankung	2*10,5 mm GKF
Dämmung	50 mm isofloc-Dämmstoff (50 kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 90

Beobachtungen

Nach 25 Minuten wird bei der Metallständerwand eine Qualmentwicklung beobachtet, die sich nach 90 Minuten noch verstärkt.

Bei beiden Konstruktionen klaffen die Plattenstöße nach 16 Minuten etwa 3 mm auseinander. In der 56. Minute ist die erste Plattenlage teilweise abgefallen. Die isofloc-Dämmung ist bei der Metallständerwand nach 71 Minuten lediglich in der Wandmitte herausgefallen, bei der Holzständerwand ist sie nach 74 Minuten bereits vollständig herausgefallen. Nach 95 Minuten wird sowohl die Prüfung der Holz- als auch der Metallständerwand beendet. Bei der Metallständerwand ist die zulässige Temperaturerhöhung von 180 K überschritten und bei der Holzständerwand sind die Stiele stark abgebrannt.

Der Temperaturverlauf der beiden Konstruktionen ist vergleichbar. Die Stahlkonstruktion erwärmt sich etwas schneller, die Enderwärmung ist jedoch gleich.

Die Verformungen der Holzkonstruktion sind sehr viel kleiner als die der Metallständerwand. Bei der Holzkonstruktion wird eine Wölbung in den Wandquerschnitt gemessen, während sich die Metallständerwand nach außen verformt.

Tabelle 6.2.5: Holzständer- und Metallständerwand der Firma C

Firma	C
Prüfzeugnis	C.1
Wandtyp	Holzständerwand (tragend, raumabschließend)
Ständer	40*80 mm
beidseitige Beplankung	12,5 mm GKF
Dämmung	60 mm Homatherm-Zelluloseplatten (93 kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 30

Firma	C
Prüfzeugnis	C.2
Wandtyp	Metallständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	CW-Profile 50*50*0,6 mm
beidseitige Beplankung	12,5 mm GKF
Dämmung	50 mm Homatherm-Zelluloseplatten (93 kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 30

Beobachtungen

Nach 7 Minuten zeigt sich bei der Metallständerwand bereits Qualmaustritt, der sich nach 20 Minuten noch verstärkt (Wand- und Deckenanschluß). Nach 32 Minuten ist auch im Fugenbereich Qualmaustritt zu beobachten.

In der Metallwand zeigen sich etwas früher Risse als bei der Holzständerwand. Nach 20 Minuten beginnen die Holzständer zu brennen, so daß die Wand in der 35. Minute ausknickt. Die Beflammung der Metallständerwand endet nach 36 Minuten, da die zulässige Temperatur von 180 K überschritten wird.

Der Temperaturverlauf ist bei beiden Konstruktionen ähnlich.

Die Verformungen der Holzkonstruktion sind sehr viel kleiner als die der Metallständerwand. Bei der Holzkonstruktion wird eine Wölbung in den Wandquerschnitt gemessen, während sich die Metallständerwand nach außen verformt.

Tabelle 6.2.6: Holzständer- und Metallständerwand der Firma D

Firma	D
Prüfzeugnis	D.1
Wandtyp	Holzständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	60*60 mm
beidseitige Bepankung	10 mm Fermacell-Platten
Dämmung	40 mm Isover-Dämmplatte (47 kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 30

Firma	D
Prüfzeugnis	D.2
Wandtyp	Stahlständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	C-Profil 75*50*0,6 mm
beidseitige Bepankung	12,5 mm Fermacell-Platten
Dämmung	40 mm Isover-Dämmplatten
erreichte F-Klasse	F 30

Beobachtungen

Bei der Stahlständerwand treten nach 17 Minuten Risse von 2 bis 10 mm auf, an deren Rändern sich die Platten stark aufbiegen. Nach 26 Minuten sind die Platten bis zu 100 mm abgebogen. Nach dem Kugelstoßversuch in der 28. Minute fallen in diesem Bereich Platten ab. Nach 40 Minuten wird die zulässige Temperaturerhöhung von 180 K gemessen.

Bei der Holzständerwand fallen nach 20 Minuten die ersten Platten ab. Nach dem Kugelschlagversuch zeigen sich Risse in den äußeren Platten. Die Beflammung wird nach 40 Minuten beendet, da das Prüfziel erreicht wurde.

Die Temperaturmeßergebnisse konnten nicht ausgewertet werden, da sie für die Prüfung der Holzständerwand unleserlich waren.

Die Verformung der Holzständerwand ist wesentlich geringer als die der Stahlständerwand. Zudem ist sie negativ, während die der Stahlständerwand positiv ist.

Tabelle 6.2.7: Holzständer- und Metallständerwand der Firma D

Firma	D
Prüfzeugnis	D.3
Wandtyp	Holzständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	60*40 mm
beidseitige Bepankung	10 + 11,5 mm Fermacell-Platten
Dämmung	60 mm Steinwolle (50kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 90

Firma	D
Prüfzeugnis	D.4
Wandtyp	Metallständerwand (nichttragend, raumabschließend)
Ständer	C-Profil 50*50*6 mm
beidseitige Bepankung	10 + 12,5 mm Fermacell-Platten
Dämmung	50 mm Steinwolle (50kg/m ³)
erreichte F-Klasse	F 90

Beobachtungen

Nach etwa 40 Minuten fallen bei beiden die ersten Teile der äußeren Plattenlage ab. Bei der Metallständerwand zeigen sich große Fugen aufgrund der Verwölbung der Platten. Nach 52 Minuten beginnt auch die zweite Lage abzufallen.

Nach 106 Minuten wird die Beflammung der Holzständerwand beendet, da der Raumab-schluß nicht mehr vorhanden ist. Die Prüfung der Metallständerwand endet nach 98 Minuten, da eine Temperaturerhöhung um mehr als 180 K gemessen wird.

Die Temperaturverläufe sind ähnlich, wobei festzustellen ist, daß die gemessenen Tempera-turen bei der Holzkonstruktion im Mittel etwas geringer sind.

Die Verformungen der Holzkonstruktion sind sehr viel kleiner als die der Metallständerwand. Bei der Holzkonstruktion wird eine Wölbung in den Wandquerschnitt gemessen, während sich die Metallständerwand nach außen verformt.

6.3 Vergleich unterschiedlicher Deckenkonstruktionen

Tabelle 6.3.1: Stahlträger- und Holzbalkendeckenkonstruktion der Firma E

Firma	E
Prüfzeugnis	E.1
Deckentyp	Stahlträgerdeckenkonstruktion mit abgehängter Unterdecke (Einlegemontage)
Unterdecke	16 mm Owakustik-Platten (Typ B1)
Abdeckung	50 mm Stahlbeton
erreichte F-Klasse	F 60 (F 90 mit 70 mm Stahlbeton)

Firma	E
Prüfzeugnis	E.2
Deckentyp	Holzbalkendeckenkonstruktion mit abgehängter Unterdecke (Einlegemontage)
Unterdecke	15 mm Owakustik-Platten (Typ B1)
Abdeckung	21 mm Hobeldielen
erreichte F-Klasse	F 60

Beobachtungen

Bei der Holzbalkendeckenkonstruktion ist bereits nach 3 Minuten eine Qualmentwicklung zu beobachten, die sich im Verlauf der Prüfung noch verstärkt. Auch bei der Stahlträgerdeckenkonstruktion ist eine frühzeitige Qualmentwicklung festzustellen, die jedoch nach 30 Minuten wieder abnimmt.

Bei der Holzkonstruktion hängen die Platten nach 50 Minuten zwischen 20 und 50 mm durch. Die Unterdecke der Stahlkonstruktion verformt sich erst nach 90 Minuten merklich. Hier hängen die Platten 10 mm durch. Nach 100 min fallen jedoch die ersten Platten bereits runter.

Die Beflammung der Holzkonstruktion endet nach 67 Minuten, da auf den Hobeldielen eine Temperaturerhöhung über 180 K gemessen wurde. Bei der Stahlkonstruktion wird die Beflammung aufgrund des Überschreitens der zulässigen Durchbiegungsgeschwindigkeit nach 110 Minuten beendet.

Die Temperaturentwicklung verläuft bei beiden Konstruktionen anfänglich ähnlich. Nach 60 Minuten ist allerdings bei der Holzkonstruktion ein plötzlicher steiler Anstieg festzustellen, während die Temperaturverläufe der Stahlkonstruktion bis zum Ende der Beflammung gleichmäßig verlaufen.

Die Verformungen der Stahlträgerdeckenkonstruktion sind größer als die der Holzbalkenkonstruktion. Nach 60 Minuten beträgt die Verformung der Stahlkonstruktion 50 mm, während bei der Holzkonstruktion nur 15 mm gemessen wurden.

Tabelle 6.3.2: Stahlträger- und Holzbalkendeckenkonstruktion der Firma F

Firma	F
Prüfzeugnis	F.1
Deckentyp	Stahlträgerdeckenkonstruktion mit abgehängter Unterdecke (Einlegemontage)
Unterdecke	Perllit-Platten aus Gips
Abdeckung	50 mm Stahlbeton
erreichte F-Klasse	F 30

Firma	F
Prüfzeugnis	F.2
Deckentyp	Holzbalkendeckenkonstruktion mit abgehängter Unterdecke (Einlegemontage)
Unterdecke	Perllit-Platten aus Gips
Abdeckung	21 mm Hobeldielen
erreichte F-Klasse	F 30

Beobachtungen

Eine Qualmentwicklung ist nur bei der Holzträgerkonstruktion zu beobachten.

Bei beiden Konstruktionen zeigen sich nach 8 Minuten erste Risse in den Platten, die sich nach 14 Minuten noch verstärkten. Nach knapp 30 Minuten fallen die ersten Platten heraus.

Die Beflammung der Holzkonstruktion wird aufgrund eines Durchbrandes der Hobeldielen nach 50 Minuten beendet. Bei der Stahlkonstruktion wird die zulässige Durchbiegeschwindigkeit nach 35 Minuten überschritten.

Nach 50 Minuten ist ein plötzlicher starker Anstieg der Temperaturen bei der Holzkonstruktion festzustellen.

Die Verformungen der Holzbalkendeckenkonstruktion liegen nach 30 Minuten bei 5 mm, während sich die Stahlträgerdeckenkonstruktion in dieser Zeit bereits um 30 mm verformt hat.

Tabelle 6.3.3: Stahlträger- und Holzbalkendeckenkonstruktion der Firma F

Firma	F
Prüfzeugnis	F.3
Deckentyp	Stahlträgerdeckenkonstruktion mit abgehängter Unterdecke (Einlegemontage)
Unterdecke	15 mm Knauf-Mineralfaserplatten (Typ B1 und A2)
Abdeckung	125 mm Gasbeton
erreichte F-Klasse	F 90

Firma	F
Prüfzeugnis	F.4
Deckentyp	Holzbalkendeckenkonstruktion mit abgehängter Unterdecke (Einlegemontage)
Unterdecke	15 mm Knauf-Mineralfaserplatten (Typ B1 und A2)
Abdeckung	21 mm Hobeldielen
erreichte F-Klasse	F 30

Beobachtungen

Bei beiden Konstruktionen wird nach 7 Minuten eine Qualmentwicklung festgestellt. Bei der Stahlträgerdeckenkonstruktion nimmt die Qualmentwicklung allerdings nach 15 Minuten bereits wieder ab. Bei der Holzbalkendeckenkonstruktion verstärkt sich die Qualmentwicklung dagegen noch ab der 35. Minute.

Die Mineralfaserplattenbekleidung hängt bei der Holzbalkendecke nach 40 Minuten durch. Bei der Stahlträgerkonstruktion wird ein Durchhängen der Platten nach 60 Minuten registriert. Nach 48 Minuten fallen bei der Holzkonstruktion die Platten herunter. Nach 50 Minuten wird die Beflammung beendet, da die Hobeldielen durchgebrannt sind. Bei der Stahlträgerdecke wird die zulässige Durchbiegungsgeschwindigkeit nach 97 Minuten überschritten.

Der Holzbalken und der Stahlträger erwärmen sich bis zur 40. Minute auf etwa 300 K. Nach 50 Minuten steigt der Temperaturverlauf der Holzkonstruktion jedoch plötzlich stark an, während beim Stahlträger ein nahezu geradliniger Verlauf bis zum Versuchsende zu beobachten ist. Nach 30 Minuten verformt sich die Stahlkonstruktion um 10 mm. Die Verformung der Holzbalkendeckenkonstruktion beträgt zum gleichen Zeitpunkt 20 mm.

Tabelle 6.3.4: Stahlträger- und Holzbalkendeckenkonstruktion der Firma G

Firma	G
Prüfzeugnis	G.1
Deckentyp	Stahlträgerdeckenkonstruktion mit abgehängter Unterdecke
Unterdecke	15 mm Kalzium-Silikat-Platten „Salü 500“ mit 30 mm Mineralfaserisolierung (Rockwool-Akustikplatten)
Abdeckung	50 mm Stahlbeton
erreichte F-Klasse	F 90

Firma	G
Prüfzeugnis	G.2
Deckentyp	Holzbalkendeckenkonstruktion
Bekleidung	15 mm Kalzium-Silikat-Platten „Salü 500“ mit 50 mm Mineralfaserisolierung (Rockwool-Wärmedämmbahn)
Abdeckung	21 mm Hobeldielen
erreichte F-Klasse	F 60 (F 90 mit 20 mm Bekleidung)

Beobachtungen

Nach 25 Minuten wird sowohl bei der Stahlträgerkonstruktion als auch bei der Holzbalkenkonstruktion eine etwa 2 mm breite Spalte an den Stoßfugen sichtbar. Diese verbreitert sich nach 40 Minuten auf etwa 5 mm.

Nach 95 Minuten wird die Beflammung der Holzbalkendecke beendet, da auf den Hobeldielen eine Temperaturerhöhung um mehr als 180 K gemessen wird. Die Prüfung der Stahlträgerdecke endet nach 102 Minuten, da die maximal zulässige Durchbiegungsgeschwindigkeit überschritten wird.

Die Temperaturverläufe weisen keine großen Unterschiede auf.

Nach 90 Minuten beträgt die Verformung der Stahlträgerdeckenkonstruktion 50 mm. Zu diesem Zeitpunkt hat sich die Holzbalkendecke nur um 25 mm verformt.

Tabelle 6.3.5: Stahlträger- und Holzbalkendeckenkonstruktion der Firma H

Firma	H
Prüfzeugnis	H.1
Deckentyp	Stahlträgerdeckenkonstruktion mit abgehängter Unterdecke (Einlegemontage)
Unterdecke	17 mm Aestuver-Deckenplatten
Abdeckung	50 mm Stahlbeton
erreichte F-Klasse	F 60 (F 90 mit 70 mm Stahlbeton)

Firma	H
Prüfzeugnis	H.1
Deckentyp	Holzbalkendeckenkonstruktion
Bekleidung	2*10 mm Aestuver-Deckenplatten
Abdeckung	21 mm Hobeldielen
erreichte F-Klasse	F 90

Beobachtungen

Nach 60 Minuten nimmt die Verwölbung der Unterdeckenplatten der Stahlträgerkonstruktion stark zu. Zu diesem Zeitpunkt verformen sich die Aestuverplatten der Holzbalkendeckenkonstruktion nur leicht. In der 90. Minute sind Aestuverplatten der Stahlträgerkonstruktion stark verwölbt und es wird auf der Stahlbetonabdeckung bereits eine Temperaturerhöhung über 180 K gemessen.

Die Holzbalkenkonstruktion weist in der 90. Minute lediglich eine leichte Verformung der Platten auf. Erst nach 114 Minuten wird hier der Versuch beendet, da die Verformung stark zunimmt und das Prüfungsziel erreicht ist.

Der Stahlträger erwärmt sich wesentlich schneller als der Holzbalken. Nach 60 Minuten beträgt die Temperaturdifferenz des Stahlträgers bereits 200 K. Zu diesem Zeitpunkt ist das Holz erst um 100 K erwärmt worden. Auch nach 90 Minuten zeigt sich noch ein ähnlich großer Unterschied. Zu diesem Zeitpunkt wird am Stahlträger eine Temperaturdifferenz von 450-500 K gemessen, während beim Holzbalken nur 200-250 K gemessen werden.

Nach 90 Minuten ist die Verformung der Stahlträgerdeckenkonstruktion (75 mm) mehr als doppelt so groß wie die der Holzbalkenkonstruktion (30 mm).

Tabelle 6.3.6: Stahlträger- und Holzbalkendeckenkonstruktion der Firma I

Firma	I
Prüfzeugnis	I.1
Deckentyp	Stahlträgerdeckenkonstruktion mit abgehängter Unterdecke (Einlegemontage)
Unterdecke	16 mm Rifa-Mineralfaserplatten
Abdeckung	50 mm Stahlbeton
erreichte F-Klasse	F 90

Firma	I
Prüfzeugnis	I.2
Deckentyp	Holzbalkendeckenkonstruktion mit abgehängter Unterdecke (Einlegemontage)
Unterdecke	15 mm Rifa-Mineralfaserplatten
Abdeckung	21 mm Hobeldielen
erreichte F-Klasse	F 30

Beobachtungen

Nach 5 Minuten ist sowohl bei der Holzbalkendeckenkonstruktion als auch bei der Stahlträgerkonstruktion eine Qualmentwicklung zu beobachten. Beim Stahl klingt diese jedoch nach 15 Minuten wieder ab, während sie sich bei der Holzkonstruktion nach 30 Minuten noch verstärkt.

Die Unterdecke der Holzkonstruktion hängt bereits in der 17. Minute 10 mm durch. Diese Durchbiegung wird von den Mineralfaserplatten unter den Stahlträgern erst nach 75 Minuten erreicht. Der Durchhang der Platten der Holzkonstruktion beträgt nach 43 Minuten bereits 30 mm. Nach 48 Minuten fällt die erste Platte herunter.

Der Durchbrand der Hobeldielen beendet den Versuch nach 50 Minuten. Bei der Stahlträgerdeckenkonstruktion wird der Versuch nach 100 Minuten beendet, da das Prüfungsziel erreicht ist.

Die Temperaturentwicklung der Balken bzw. Träger ist anfänglich vergleichbar. Nach 40 Minuten wird auf dem Holzbalken eine Temperaturerhöhung um 300 K gemessen. Zu diesem Zeitpunkt beträgt die Temperaturerhöhung auf dem Stahlträger 250 K. Nach 50 Minuten ist jedoch bei der Holzbalkenkonstruktion ein plötzlicher starker Anstieg auszumachen, während die Temperaturentwicklung des Stahlträgers weiter gleichförmig verläuft.

Die Verformungen der Stahlträgerkonstruktion sind in etwa doppelt so groß wie die der Holzbalkendecke.

Tabelle 6.3.7: Stahlträger- und Holzbalkendeckenkonstruktion der Firma D

Firma	D
Prüfzeugnis	D.5
Deckentyp	Stahlträgerdeckenkonstruktion mit abgehängter Unterdecke
Unterdecke	10 mm Fermacell-Gipsfaserplatten
Abdeckung	50 mm Stahlbeton
erreichte F-Klasse	F 30

Firma	D
Prüfzeugnis	D.6
Deckentyp	Holzbalkendeckenkonstruktion
Bekleidung	10 mm Fermacell Gipsfaserplatten
Abdeckung	16 mm Spanplatte + 2*10 mm Fermacell-Verlegeplatte
erreichte F-Klasse	F 30

Beobachtungen

Nach 15 Minuten wird bei beiden Konstruktionen eine Qualmentwicklung festgestellt. Während des weiteren Verlaufs der Prüfung werden keine Angaben zur Qualmentwicklung mehr gemacht.

Sowohl die Platten der Stahlkonstruktion als auch die der Holzkonstruktion weisen nach 20 Minuten Netzrisse auf. In der 30. Minute sind die Gipsfaserplatten der Stahlträgerdecke bereits bis auf kleine Reste heruntergefallen. 3 Minuten später wird die zulässige Durchbiegungsgeschwindigkeit überschritten. Bei der Holzbalkendecke fallen die ersten Platten nach 35 Minuten heraus. Nach 40 Minuten wird die Prüfung beendet, da das Prüfziel erreicht ist.

Die Temperaturen der Stahlträger liegen über denen, die am Holzbalken gemessen werden. Ebenso wird beim Holz eine geringere Oberflächentemperatur auf der Abdeckung gemessen.

Die Verformungen der Stahlträgerdecke sind mehr als doppelt so groß wie die der Holzbalkendecke.

6.4 Zusammenfassende Bewertung

Durch die Auswertung der bisher durchgeführten Bauteilversuche können erste Erkenntnisse für die Bewertung von B- und A-Konstruktionen gewonnen werden. Allerdings wurden die Bauteilversuche nicht unter dem Aspekt eines Vergleiches zwischen Holzkonstruktionen und anderen Konstruktionen durchgeführt und dokumentiert. Daher sind die zumeist qualitativen Aussagen in den Prüfzeugnissen zum Teil nicht direkt vergleichbar.

Zudem decken die vorliegenden Prüfungen nicht alle relevanten Bereiche ab. So fehlen beispielsweise vergleichbare Ergebnisse zu tragenden Wandkonstruktionen. Ebenso wurde die Problematik von Einbauten und Installationen nicht umfassend betrachtet. Für den Einbau von Steckdosen, Schaltdosen und Verteilerdosen liegen zwar Erkenntnisse vor, nicht jedoch für Kabel- und Rohrabschottungen in Holzständerwänden.

In bezug auf die Feuerwiderstandsdauer schneiden erwartungsgemäß die Wandkonstruktionen in Holzbauweise gleich gut ab wie die Metallständerwände. Sie erreichen bei ähnlichem Aufbau die gleiche Feuerwiderstandsdauer.

Bei den Deckenkonstruktionen hingegen erreichen die Holzbalkendecken in der Regel eine geringere Feuerwiderstandsdauer als die Stahlträgerdecken. Dies ist aufgrund der unterschiedlichen Abdeckungen verständlich. Während die Stahlträgerdecke mit einer Abdeckung aus 50 mm Stahlbeton geprüft wird, ist die Holzbalkendecke mit 21 mm Hobeldielen abgedeckt. Dadurch sind die Konstruktionen nicht direkt miteinander vergleichbar.

Unterschieden werden sollte zwischen Holzbalkendecken mit abgehängter Unterdecke und mit direkt an den Holzbalken befestigter Bekleidung. Letztere schneiden bei den untersuchten Konstruktionen wesentlich besser ab und erreichen meist die Feuerwiderstandsdauer entsprechender Stahlträgerdecken. Das bessere Brandverhalten der bekleideten Holzbalkendecken ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß alle verglichenen abgehängten Unterdecken in Einlegemontage hergestellt wurden. Da die Platten bei Brandbeanspruchung schrumpfen, entstehen schnell Fugen, die eine direkte Beflammung der Holzbalken ermöglichen. Bei der direkt an den Holzbalken befestigten Bekleidung kann diese lokal den Holzbalken länger gegen die direkte Brandbeanspruchung schützen; eine generell günstigere Bewertung läßt sich hieraus aber nicht ableiten.

Versagenskriterium für die Holz- und die Stahlständerwände war in der Regel die Überschreitung der zulässigen Temperaturerhöhung. Bei den Deckenkonstruktionen versagten die Holzkonstruktionen bedingt durch die Abdeckung mit Hobeldielen infolge Durchbrands. Die Stahlträgerdecken hingegen überschritten vielfach die zulässige Durchbiegungsgeschwindigkeit.

Die Verformungen der einzelnen Konstruktionen spielen eine große Rolle bezüglich des Brandverhaltens. Bei der Metallständerwand sind Verformungen gemessen worden, die die der Holzständerwand um ein Vielfaches überschritten. Auch bei den Deckenkonstruktionen waren die Verformungen der Stahlträgerdecke größer als die der Holzbalkendecke, jedoch betragen sie nicht ein Vielfaches, sondern höchstens das Doppelte. Dies ist verständlich, da die Trägerquerschnitte der Deckenkonstruktionen wesentlich größer sind.

Durch die starke Verformung der Metallstützen entstehen bei der Wandkonstruktion frühzeitig Risse in der Beplankung. Daher weist die Holzständerwand anfänglich ein besseres Brandverhalten auf. Sie verformt sich nur minimal, wodurch die Beplankung länger rißfrei bleibt.

Bei den Deckenkonstruktionen spielen die Verformungen der Konstruktion eine geringere Rolle. Zum einen ist hier der Unterschied zwischen den Verformungen der Stahlträgerdecke und der Holzbalkendecke weniger extrem und zum anderen wirken sich die Verformungen durch die Abhängung nicht so stark auf die Unterdecke aus.

Trotz der stärkeren Rißbildung in der Beplankung der Metallständerwand fiel die Bekleidung der Holzständerwand vielfach früher ab. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß die Holzständer hinter der noch annähernd intakten Bekleidung entflammen und die Befestigungselemente der Beplankung dann in der verkohlten Außenschicht der Holzständer keinen Halt mehr finden.

Bei den Deckenkonstruktionen halten die Platten in etwa gleich lange, wenn die Unterdecke abgehängt ist. Die direkt am Holzbalken befestigte Bekleidung weist allerdings gegenüber der Stahlträgerdecke mit abgehängter Unterdecke Vorteile auf. Hier halten die Platten länger.

Der Temperaturverlauf ist stark von der Rißbildung abhängig. Er ist in der Regel anfänglich vergleichbar, vielfach erwärmt sich aber das Holz im Mittel etwas geringer. Sobald sich größere Risse in der Beplankung zeigen oder Fugen sich öffnen, ist ein sofortiger Anstieg der Temperaturen bei der Holzständerwand zu beobachten.

Bei der Deckenkonstruktion ist ähnliches zu beobachten. Hier ist bei den abgehängten Decken ein plötzlicher Temperaturanstieg der Holzkonstruktion nach 50 bis 60 Minuten zu beobachten, während der Temperaturverlauf der Stahlträgerkonstruktion gleichmäßig ist. Der plötzliche Temperaturanstieg läßt sich dadurch erklären, daß die Platten in Einlegemontage

bei Brandbeanspruchung schrumpfen. Dadurch entstehen schnell Fugen, die eine direkte Beflammung der Holzbalken ermöglichen.

Die Qualmentwicklung bei den Wandkonstruktionen ist in großem Maße abhängig vom Dämmmaterial. Bei nichtbrennbarer Dämmung ist vielfach nur bei der Holzständerwand Qualm beobachtet worden. Bei brennbarer Dämmung wurde jedoch auch bei den Metallständerwänden eine Qualmentwicklung beobachtet. Dies läßt sich vermutlich darauf zurückführen, daß die Metallständerwände früher Risse aufweisen und sich der Qualm dadurch einfacher ausbreiten kann.

Bei beiden Deckenkonstruktionen zeigt sich anfänglich Qualm. Dieser verstärkt sich bei den Holzkonstruktionen im Laufe des Prüfungszeitraumes noch, während bei der Stahlträgerkonstruktion nach einiger Zeit eine Abnahme der Qualmentwicklung zu beobachten ist. Die verstärkte Rauchentwicklung der Holzbalkendecke ist auf das Brennen der Balken zurückzuführen.

Das Brennen der Holzständer bzw. -balken ist auch dafür verantwortlich, daß der Verbrauch der Ölbrenner des Prüfofens etwas geringer ist als bei Metallständer- oder Stahlträgerkonstruktionen. Bei den Prüfungen wurde festgestellt, daß bis zum Mitbrennen der Holzständer eine nahezu identische Energiezufuhr erforderlich ist. Danach können bei den Holzkonstruktionen die Brenner zum Teil sogar abgestellt oder zumindest stark gedrosselt werden.

Steckdosen, Schalterdosen und Verteilerdosen beeinträchtigen den Feuerwiderstand einer Holzständer- oder Metallständerwand bei korrektem Einbau nicht. Unter korrektem Einbau versteht man, daß sie nicht unmittelbar gegenüberliegend eingebaut werden und die brandschutztechnisch notwendige Dämmschicht im Bereich derartiger Einbauten noch mindestens 30 mm dick ist. Gegebenenfalls kann auf die Dämmschicht verzichtet werden, wenn Sondermaßnahmen wie die Einhausung mit Kalzium-Silikatplatten vorgenommen werden.

Werden an raumabschließende Wände Anforderungen hinsichtlich der Feuerwiderstandsdauer gestellt, müssen die zur Durchführung von Kabeln erforderlichen Öffnungen in derselben Feuerwiderstandsklasse wie die Wände verschlossen werden. Bei der Durchführung einzelner elektrischer Leitungen werden alle Normforderungen erfüllt, wenn der Lochquerschnitt annähernd dem Kabelquerschnitt entspricht. Sollte wegen eines größeren Loches ($\varnothing > 11 \text{ mm}$) ein Restquerschnitt offen bleiben, so muß dieser z. B. mit Gips zugespachtelt werden. Problematischer ist jedoch das Durchführen gebündelter elektrischer Leitungen (Anzahl der Kabel ≥ 3 Stück). Hier werden Abschottungen erforderlich, die zulassungspflichtig sind. Die Mehrzahl der zur Zeit zugelassenen Abschottungssysteme haben Klassifizierungen $\geq S 90$ nach DIN 4102 Teil 9 und wurden für feuerbeständige Wände (F 90-AB) oder Brandwände entwickelt, d. h. sie sind für Holzständerwände nicht zulässig. Da Kabelabschottungen in Holzwänden bisher kaum zur Diskussion standen, besteht hier ein Nachholbedarf in bezug auf Prüfungen und Zulassungen.

Gleiches gilt für Rohrabschottungen. Abschottungen von Rohren aus brennbaren Baustoffen mit einem Durchmesser $> 50 \text{ mm}$ sind für Feuerwiderstandsklassen $\geq F 90$ ebenfalls zulassungspflichtig. Die auf dem Markt befindlichen Abschottungssysteme sind nur für bestimmte Anwendungsbereiche zugelassen. Die Mehrzahl der Rohrabschottungen dürfen bei Wänden aus Mauerwerk und Beton mit bestimmter Mindestdicke eingebaut werden. Nur wenige Zulassungen gelten für Rohrabschottungen in leichten Trennwänden (16). Da Rohrabschottungen $\geq R 90$ bei Holzwänden, die bisher in der Regel nur in F 30 und F 60 ausgeführt wurden, keine Rolle spielten, liegen auch hier noch keine Erfahrungen vor.

Im Zusammenhang mit Elektro-Einbauten und der brandschutztechnisch und wärmeschutztechnisch erforderlichen Dämmschicht tritt immer wieder die Frage nach der Brandausbreitung -z. B. bei einem Kurzschluß - auf. In speziellen Brandversuchen konnte nachgewiesen werden, daß das Risiko der Brandausbreitung selbst bei brennbaren Dämmschichten sehr klein ist (17, 18). Bei den in der Regel verwendeten Mineralfaserplatten der Baustoffklasse A ist das Risiko vernachlässigbar.

Trotz des geringen Brandrisikos muß das Problem eines Schwelbrandes im Wandinneren weiter verfolgt werden. In speziellen Wandversuchen wurde die Feuerwiderstandsdauer von raumabschließenden GKF-Wänden mit Holz- und Metallstielen und der Feuerwiderstand bei einem Schwelbrand untersucht. Es zeigte sich, daß die Holzstiele einer tragenden Wand bei ETK-Belastung bis 90 Minuten und anschließendem Schwelbrand eine Feuerwiderstandsdauer von mehr als 180 Minuten aufwies. Eine gleich beplankte Wand mit Metallstielen hatte bei geringerer Belastung unter ETK-Belastung nur eine Feuerwiderstandsdauer von 95 Minuten (2).

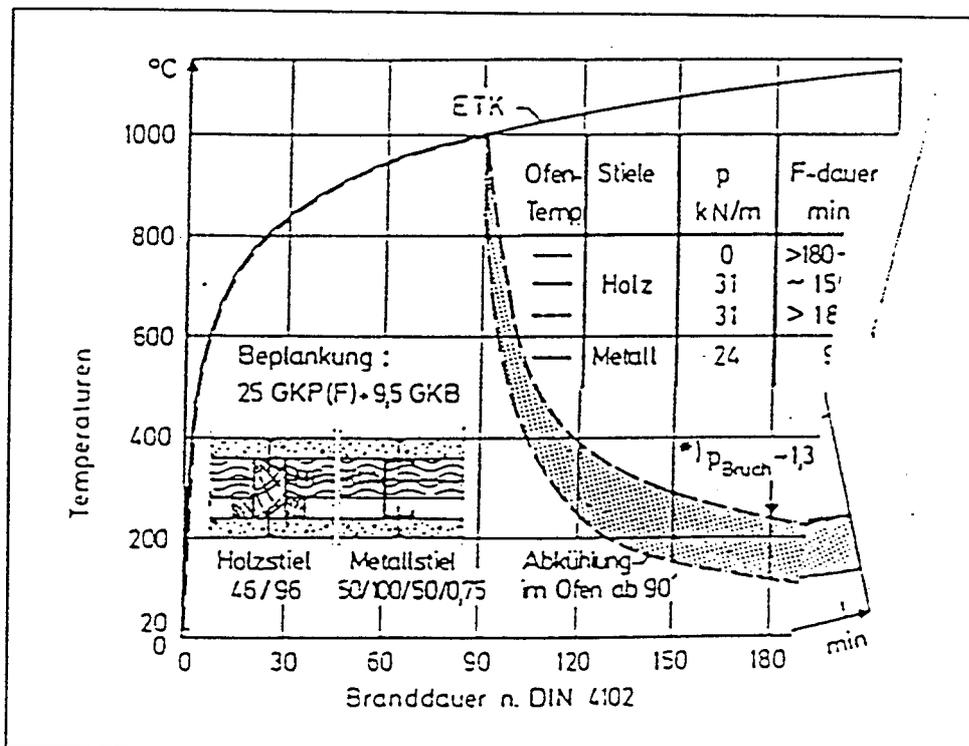


Abb. 6.4-1 Feuerwiderstandsdauer von raumabschließenden GKF-Wänden mit Holz- und Metallstielen (2)

Wenn anstelle der Mineralfaser-Dämmschicht allerdings Dämmstoffe der Baustoffklasse B verwendet werden, kann es zum Glimmen kommen. Die Problematik der Glimmbrandentwicklung muß noch weiter untersucht werden. In jedem Fall muß verhindert werden, daß die Holzständer hinter der intakten Bekleidung entflammen, da ein Weiterbrennen auch nach einer Abkühlungsphase sonst nicht ausgeschlossen werden kann.

Die nachteilige Wirkung brennbarer Dämmstoffe auf die Rauchentwicklung wurde bereits in den Wandversuchen deutlich. Auch bei Prüfungen von Deckenanschlüssen an Wände wurde eine sehr starke Qualmentwicklung festgestellt, wenn brennbare Dämmstoffe eingebaut wurden. Dämmungen aus Mineralfasern wiesen diesbezüglich ein günstigeres Verhalten auf. Das Problem tritt gleichermaßen bei allen leichten Wand- und Deckenkonstruktionen auf - unabhängig von der Art des Ständerwerks.

Alle Auswertungen von durchgeführten Versuchen zeigen, daß nicht so sehr der Vergleich zwischen Ständerbauweisen aus nichtbrennbaren und brennbaren Tragkonstruktionen im Vordergrund stehen sollte, sondern eher der Vergleich zwischen Massivbau und leichter Ständerbauweise. Es scheint aufgrund der bisherigen Ergebnisse unverständlich, warum die Anwendung der Holzständerbauweise im Gegensatz zur Stahlständerbauweise eingeschränkt wird, obwohl die Risiken in beiden Fällen ähnlich sind. Im Rahmen dieser Überlegungen sollte auch über die Prüfung von Brandwänden bzw. Gebäudetrennwänden in Holzbauweise mit einer Beanspruchung nach DIN 4102 Teil 3 nachgedacht werden. Erste Vorversuche haben bereits gezeigt, daß auch mit brennbaren Ständerwerk „Brandwandqualität“ erreicht werden kann.

7 Lösungsansätze für die Ausbildung mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise

In §17 der Musterbauordnung sind die Schutzziele des Brandschutzes vorgegeben, die sich auch in den bauordnungsrechtlichen Anforderungen der verschiedenen Landesbauordnungen widerspiegeln:

(1) Bauliche Anlagen müssen so beschaffen sein, 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.

Um diese Schutzziele zu erreichen, muß die Verwendung brennbarer Baustoffe und Bauteile bei mehrgeschossigen Gebäuden nicht zwingend eingeschränkt werden, wie dies die Untersuchungen in den Abschnitten 4 - 6 dieses Berichtes zeigen.

Die Musterbauordnung unterscheidet zwischen Gebäuden geringer Höhe, bei denen der Fußboden keines Geschosses, in dem Aufenthaltsräume möglich sind, an keiner Stelle mehr als 7,0 m über der Geländeoberfläche liegt und Gebäuden bis zur Hochhausgrenze (Gebäude "normaler Höhe"), bei denen der Fußboden von allen Aufenthaltsräumen unter 22,0 m über der Geländeoberfläche liegt. Im Rahmen einer differenzierten Risikobetrachtung macht es Sinn, die "Lücke" zwischen 7,0 und z.B. 14,0 Meter Gebäudehöhe bauartbezogen abgestuft zu füllen. Eine sublimen Gliederung der Gebäudeklassen einhergehend mit abgestuften Bauteilanforderungen führt zu ökonomischeren Konstruktionen und Bauwerken. Bei dem nachfolgenden Ansatz werden Gebäude in Abhängigkeit von den für den Personenschutz maßgebenden primären Risikofaktoren

- Gebäudehöhe,
 - Nutzungsart und
 - Nutzungsintensität
- weiter gegliedert.

In Anlehnung an die Musterbauordnung wird ein Vorschlag für einen Musterrichtlinienentwurf mehrgeschossiger Holzhäuser erarbeitet. Bei Einhaltung des vorhandenen Sicherheitsniveaus der MBO (Einhaltung der Schutzziele) werden Lösungsansätze aufgezeigt, durch die eine brandschutztechnisch sichere Ausbildung von Häusern in Holzbauweise zu erreichen ist. Über die bestehenden Anforderungen der Musterbauordnung an die verwendbaren Baustoffe und Bauteile hinaus wird der Einfluß von "Sensitive Equipments" (z.B. Rauchmelder) betrachtet.

Weiterhin werden für Holzbauteile in BA-Bauweise folgende exemplarische Konstruktionsansätze entwickelt:

- Brandwände in BA-Bauweise
- Feuerschutztüren in Holzständerwänden
- Kabel- und Installationsdurchführungen durch Holzständerwände

7.1 Konzept einer Musterrichtlinie für mehrgeschossige Holzhäuser (MMH)

Bei dem nachfolgenden Vorschlag des Konzepts einer "Musterrichtlinie für mehrgeschossige Holzhäuser (MMH)" werden Bauwerke mit bis zu 5 Geschossen, in denen Aufenthaltsräume vorhanden oder möglich sind, betrachtet. Der Vorschlag, Holzbauwerke bis zu fünf Geschossen bauordnungsrechtlich zu betrachten, leitet sich aus den Ergebnissen der vorangegangenen Risikobetrachtungen einschließlich der Brandlastuntersuchungen ab. Gleichzeitig fallen Gebäude mit fünf Geschossen unter die 14,0 Meter-Grenze, also dem

Vorschlag einer weiteren Abstufung zwischen Gebäuden geringer Höhe und Hochhäusern. Zur Abstufung des mit Gebäudehöhe und Nutzungsart/Nutzungsintensität anwachsenden Risikopotentials finden folgende Anforderungen in der Musterrichtlinie MMH neu Zugang:

1. Weitere Differenzierung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen zwischen feuerhemmend (F 30) und feuerbeständig (F 90) durch die Feuerwiderstandsklasse F 60. Diese findet bereits in der DIN 4102 sowie in einigen Ansätzen der Landesbauordnungen Berücksichtigung (vgl. z.B. HBO vom 1. Juni 1994 Gebäudeklasse E).
2. Die Forderung eines 2. baulichen Rettungsweges bei Gebäuden, in denen die übliche Anleiterbarkeitshöhe (max. Auszugshöhe üblicher Feuerwehroleitern von ca. 8,2 m) überschritten wird. Der 2. bauliche Rettungsweg kompensiert somit nicht nur den möglichen zweiten Rettungsweg im bisherigen Sinne über die Rettungsleiter der Feuerwehr, sondern bringt eine Erhöhung des Sicherheitsniveaus mit sich. Die Lage des zweiten baulichen Rettungsweges muß dabei so gewählt werden, daß dieser von allen Nutzungseinheiten zu erreichen ist.
3. Bauteile mit Anforderungen der Ausführungsqualität in BA-Bauweise, gemäß den im Abschnitt 5.3 erarbeiteten Definitionsansätzen. Nachfolgend wird folgende Definition der BA-Bauweise verwendet:

- BA	Bauteile mit brennbaren Trag- oder Unterkonstruktionen mit raum- oder bauteilabschließenden "brandschutztechnisch wirksamen" nichtbrennbaren Bekleidungen
-------------	--

Die Eigenschaft "brandschutztechnisch wirksam" wird folgendermaßen spezifiziert:

Brandschutztechnisch wirksam sind Bekleidungen/Beplankungen, wenn deren den Feuerwiderstand des Bauteils erhöhender Einfluß mindestens dem einer 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatte (GKF) nach DIN 18180 entspricht.

4. Berücksichtigung des bereichsweisen Einsatzes von Branmeldesystemen "Sensitive Equipments" (z. B. lokale Rauchmelder)

7.1.1 Definition der Gebäudeklassen

Bei dem nachfolgenden Ansatz werden Gebäude in Abhängigkeit von Gebäudehöhe, Nutzungsart und Nutzungsintensität in Gebäudeklassen I bis V sowie in zwei Sonderklassen S I und S II eingeteilt.

Gebäudeklasse H I

Freistehende Wohngebäude oder Gebäude ähnlicher Nutzung (z.B. Büro-Verwaltungsgebäude) sowie Kindergärten mit nicht mehr als 2 Nutzungseinheiten, bei denen der Fußboden keines Geschosses, in dem Aufenthaltsräume vorhanden oder möglich sind, mehr als 7,0 m über der Geländeoberfläche liegt.

Gebäudeklasse H II

Wohngebäude und Gebäude ähnlicher Nutzung mit nicht mehr als 6 Nutzungseinheiten, bei denen der Fußboden keines Geschosses, in dem Aufenthaltsräume vorhanden oder möglich sind, mehr als 7,0 m über der Geländeoberfläche liegt.

Gebäudeklasse H III

Wohngebäude und Gebäude ähnlicher Nutzung bei denen der Fußboden keines Geschosses, in dem Aufenthaltsräume vorhanden oder möglich sind, mehr als 7,0 m über der Geländeoberfläche liegt.

Gebäudeklasse H IV

Wohngebäude und Gebäude ähnlicher Nutzung mit maximal 4 Geschossen, in denen Aufenthaltsräume vorhanden oder möglich sind.

Gebäudeklasse H V

Wohngebäude oder Gebäude ähnlicher Nutzung mit maximal 5 Geschossen, in denen Aufenthaltsräume vorhanden oder möglich sind.

Gebäudeklasse S I

Sonstige Gebäude, die nicht unter die Gebäudeklassen I-V fallen, maßgeblich Schulgebäude und Hotels, bei denen der Fußboden keines Geschosses, in dem Aufenthaltsräume vorhanden oder möglich sind, mehr als 7,0 m über der Geländeoberfläche liegt.

Gebäudeklasse S II

Sonstige Gebäude, die nicht unter die Gebäudeklassen I-V fallen, maßgeblich Schulgebäude und Hotels mit maximal 3 Geschossen in denen Aufenthaltsräume vorhanden oder möglich sind.

7.1.2 Begriffe und Anforderungen

In Tabelle 7.1-1 ist ein Vorschlag der brandschutztechnischen Anforderungen an die wesentlichen Bauteile für die Gebäudeklassen I-V und SI-SII nach der MMH dargestellt.

In den nachfolgenden erläuternden Abschnitten sind Inhalte und Anforderungen der MMH in *romanischen Font kursiv* dargestellt.

Neben den vorgeschlagenen Bauteilanforderungen sind weiterhin Merkmale der holzbauspezifischen Konstruktionsausbildung eingegriffen. Aus den durchgeführten Untersuchungen über das Brandverhalten von Holzbauteilen und das Risikopotential von mehrgeschossigen Holzhäusern mit 3 bis 5 Vollgeschossen, lassen sich folgende Forderungen an die konstruktive Ausbildung ableiten, welche das Risiko des frühzeitigen brandschutztechnischen Versagens einer Konstruktion weiter reduzieren:

- a) Vermeidung von stumpf gestoßenen Bauteilanschlüssen
- b) Ausführung von zweilagigen Bauteilbekleidungen bei Bauteilanforderungen \geq F 60-BA. Mehrlagige Beplankungen/Bekleidungen werden in der Regel ohnehin bei geschlossenen Bauteilkonstruktionen mit der Anforderung an die Feuerwiderstandsklasse $>$ F30 erforderlich. Die Vorteile von Konstruktionen mit zweilagigen Plattenbekleidungen liegen vor allem in der versetzten Fugenausbildung und in der brandschutztechnisch günstigeren Ausführungen der Bauteilanschlüsse an die flankierenden raumabschließenden Bauteile.
- c) Ausbildung von umlaufenden Anschlüssen raumabschließender Bauteile untereinander in Form versetzter Stöße oder "Stufenfalzausbildungen".
- d) Hohlraumkonstruktionen sind fugenlos mit Dämmstoffen zu füllen, um Konvektionsflächen in der Bauteilfläche zu minimieren - sofern dies brandschutztechnisch erforderlich ist.
- e) Einsatz von Installationsebenen oder Vorwandinstallationen bei der Bauteilanforderung "feuerbeständig".
- f) Bei Bauteilen ab der Feuerwiderstandsklasse F60 sollte der Einsatz von akustischen Federschienen nur in Verbindung mit zweilagiger Beplankung erfolgen.

Tabelle 7.1-1 Übersicht der Brandschutzanforderungen nach dem Konzept der Musterrichtlinie für mehrgeschossige Holzhäuser (MMH)

GEBÄUDEKLASSEN DER HOLZHÄUSER	H I	H II	H III	H IV	H V	S I	S II
	W, B/V, K	W, B/V	W, B/V	W, B/V	W, B/V	Sonderbauten	Sonderbauten
max. Anzahl der Wohn-/Nutzungseinheiten	2	6	nicht begrenzt	nicht begrenzt	nicht begrenzt	-	-
max. Anzahl der Geschosse in denen Aufenthaltsräume möglich oder vorhanden sind	-	-	-	4	5	-	3 4)
max. Höhe des Fußbodens von vorhandenen oder möglichen Aufenthaltsräumen über Geländeoberfläche	7,0 m	7,0 m	7,0 m	-	-	7,0 m	-
Anzahl der erforderlichen baulichen Rettungswege	1	1	1	2	2	1	2
BAUTEILANFORDERUNGEN AN WÄNDE UND STÜTZEN							
1. Tragende und aussteifende Wände sowie Stützen und Unterstützungen	keine	F 30-B	F 30-BA	F 60-BA	F 90-BA	F 30-BA	F 60-BA
1.1 in Kellergeschossen	F 30-B	F 30-B	F 30-A	F 90-A	F 90-A	F 30-A	F 90-A
2. Tragende und aussteifende Wände sowie Stützen, Unterstützungen und Dachtragwerke in ausgebauten Dachgeschossen sowie Abschlußwände gegenden nicht ausgebauten Dachraum	keine	F 30-B	F 30-BA	F 60-BA	F 90-BA	F 30-BA	F 60-BA
3. Nichttragende Außenwände und nichttragende Teile tragender Außenwände	B 2	B 2	B 2	F 30-BA	F 30-BA	B 2	F 30-BA
4. Außenwandbekleidungen einschließlich Dämmstoffe und Unterkonstruktion	B 2	B 1 3)	B 1 3)	B 1	B 1	B 1 3)	B 1
5. Trennwände zwischen Nutzungseinheiten	F 30-B	F 30-B	F 30-BA	F 60-BA	F 90-BA	F 30-BA	F 60-BA
BAUTEILANFORDERUNGEN AN DECKEN							
1. Decken	keine	F 30-B	F 30-BA	F 60-BA	F 90-BA	F 30-BA	F 60-BA
1.1 über Kellergeschossen	F 30-B	F 30-B	F 30-BA	F 60-BA	F 90-A	F 30-BA	F 60-A
2. Decken über ausgebauten Dachgeschossen	keine	F 30-B	F 30-BA	F 60-BA 2)	F 60-BA 2)	F 30-BA	F 60-BA 2)
3. Decken zwischen Nutzungseinheiten	F 30-B	F 30-B	F 30-BA	F 60-BA	F 90-BA	F 30-BA	F 60-BA

1) Gebäudetyp: W - Wohnen, B / V - Büro / Verwallung, K - Kindergarten, Sonstige Gebäude: Schule, Hotel

2) Für das oberste, im Dachraum gelegene Geschob, in dem Aufenthaltsräume vorhanden oder möglich sind, genügt F 30-B.

3) Normalentflammbare Baustoffe (B2) sind zulässig, wenn die Außenwand mindestens feuerhemmend (F 30-B) ist und durch geeignete Maßnahmen eine Brandausweitung auf angrenzende Gebäude verhindert wird.

4) je nach Rettungswegkonzept mit der Auflage von Rauchmeldeanlagen

7.1.3 Aufenthaltsräume

"Aufenthaltsräume sind Räume, die nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt oder geeignet sind. Aufenthaltsräume müssen eine für ihre Nutzung ausreichende Grundfläche und eine lichte Höhe von mindestens 2,40 m haben."

7.1.4 Brandwände

Bei der Ausführung mehrgeschossiger Holzhäuser stellt sich zwangsläufig die Frage nach der Integration von Brandwänden in die Holzkonstruktion zur Zonierung (Bildung von Brandabschnitten) in ausgedehnten Gebäuden oder als Gebäudeabschlußwände. Aus den bisherigen Erfahrungen mit massiven Brandwänden in Kombination mit Holzhäusern lassen sich folgende Problempunkte ableiten:

- Stark unterschiedliches, thermisches und hygrisches Verhalten beider Baustoffe
- Unterschiedliches Setzungsverhalten beider Bauweisen
- Aufwendige Anschlußverbindungen zur Erzielung der Luftdichtigkeit im Anschlußbereich
- Vermeidung von Wärmebrücken
- Unterschiedliches akustische Wirkprinzipien beider Bauweisen
- Ökonomische Nachteile durch Störung im Bauablauf und Gewerkewechsel

"Brandwände sind feuerbeständige Wände der Klassifikation F 90-A oder F 90-BA und so beschaffen, daß sie bei einem Brand ihre Standsicherheit nicht verlieren. Brandwände in BA-Bauweise dürfen während ihrer klassifizierten Feuerwiderstandsdauer keine Brandlasten freisetzen."

Danach sind brennbare Konstruktionen dann zulässig, wenn sie

1. den Anforderungen der Prüfung nach DIN 4102 - 3 genügen („Brandwandqualität“) und ihre Bekleidung aus nicht brennbaren Baustoffen besteht.
2. Bei der Forderung *"... während ihrer klassifizierten Feuerwiderstandsdauer keine Brandlasten freisetzen"* bietet sich der BA-Definitionsansatz einer "selbständigen" Brandschutzbekleidung an, d.h. das Leistungskriterium Raumabschluß (E) und ein definiertes Temperatur-Kriterium (z.B. $\leq 300^{\circ}\text{C}$ Bekleidungs-Rückseitentemperatur an der brennbaren Unterkonstruktion) wird über die gesamte Feuerwiderstandsdauer von den Bekleidungsmaterialien alleine erfüllt. Diese Anforderung kann zur Begrenzung der Brandlasten oder der Rauch- und Pyrolysegasentwicklung von Bedeutung sein.

"Brandwände werden erforderlich, zum Abschluß von Gebäuden bei denen die Abschlußwand an der auf der Nachbargrenze oder in einem Abstand bis zu 2,50 m von ihr errichtet wird."

- Innerhalb ausgedehnter Gebäude oder bei aneinanderggebauten Gebäuden auf dem selben Grundstück in Abständen von höchstens 40 m; größere Abstände können zugelassen werden, wenn die Nutzung der Gebäude es erfordert und wenn wegen des Brandschutzes Bedenken nicht bestehen.
- Bei aneinanderggebauten Gebäuden der Gebäudeklassen I - III in Abständen von höchstens 60 m, wenn die Gebäudetrennwände feuerbeständig sind. Dies gilt abweichend von Punkt 1 auch für solche Gebäude auf mehreren Grundstücken.
- Zwischen Wohngebäuden und angebauten landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden auf dem selben Grundstück, sowie bei der Trennung der Nutzungseinheiten zwischen dem Wohnteil und dem landwirtschaftlichen Betriebsteil eines Gebäudes."

Konstruktiv ergeben sich zwei Lösungsansätze für die Ausbildung von Brandwänden:

- Übertragung des Prinzips feuerbeständiger Gebäudeabschlußwände von Holzhäusern geringer Höhe nach dem Prinzip der brandschutztechnisch nicht ausgesteiften Doppelwände. Das bedeutet, daß bei dem Einsturz eines Gebäudeteils einschließlich der zugehörigen „Brandwandschale“ das benachbarte Gebäude bzw. der angrenzende Gebäudeteil erhalten bleibt, da die zweite Brandwandschale durch den nicht brandbeanspruchten Bereich des Gebäudes ausgesteift wird und ihre Schutzfunktion gegenüber dem brandabgewandten Bereich erfüllt und den Feuerüberschlag verhindert.

Nach diesem Aussteifungskonzept werden in einigen Landesbauordnungen unter bestimmten Randbedingungen (begrenzte Gebäudehöhe, Nutzungsart) im verdichteten Wohnungsbau anstelle von Brandwänden auch Gebäudeabschlußwände als Doppelwände mit brennbaren Baustoffen ("F30-B/F90-B" - Wandkonstruktionen) zugelassen (Brandwand-Ersatzwand). Bei solchen Gebäudeabschlußwänden in Holzbauweise muß jede Wand für sich folgende Bedingungen erfüllen:

- Brandbeanspruchung von innen - die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 30
- Brandbeanspruchung von außen - die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 90

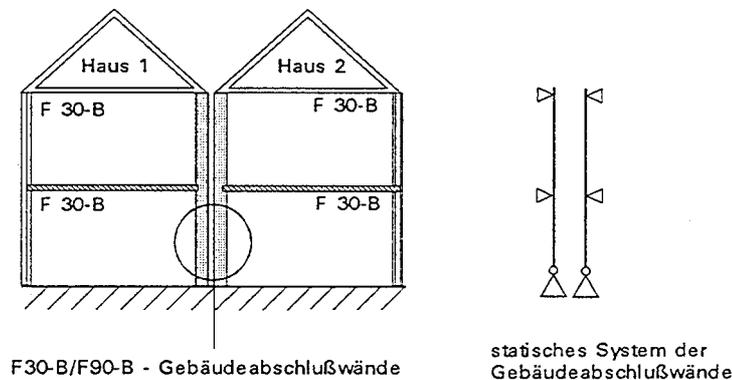


Abb. 7.1-1

Bei "F30-B/F90-B" - Wandkonstruktionen ist ein Gebäudeabschnitt für eine Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten ausgelegt, ebenso wie die Gebäudeabschlußwand bei Brandbeanspruchung der Raumseite. Nach Einsturz des betroffenen Abschnittes weist die zweite Wandhälfte eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten auf, so daß bezogen auf die Gesamtkonstruktion eine Feuerwiderstandsdauer von 120 Minuten erreicht wird.

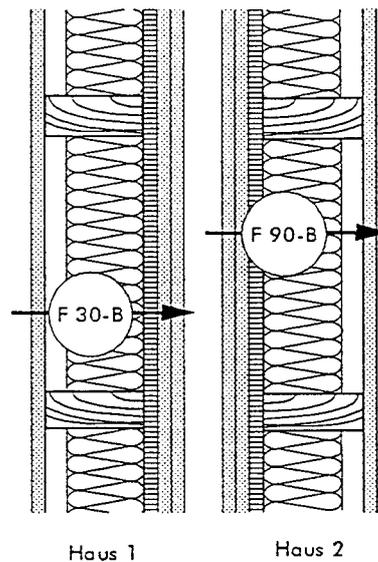


Abb. 7.1-2 Gebäudeabschlußwände als "F30-B / F90-B" - Wand

Brandwände in BA-Bauweise können nach dem gleichen Prinzip der Gebäudeabschlußwände für die Gebäude geringer Höhe auch auf den mehrgeschossigen Holzbau übertragen werden (Gebäudeklasse III bis V). Bei Anforderungen an die tragenden und aussteifenden Bauteile des Gebäudes von F 60-BA (Gebäudeklasse IV) oder F 90-BA (Gebäudeklasse V) ergeben sich hieraus Konstruktionen F60-B/F90-B mit nichtbrennbaren Oberflächen oder F90-B/F90-B wie diese bereits auch schon geprüft wurden.

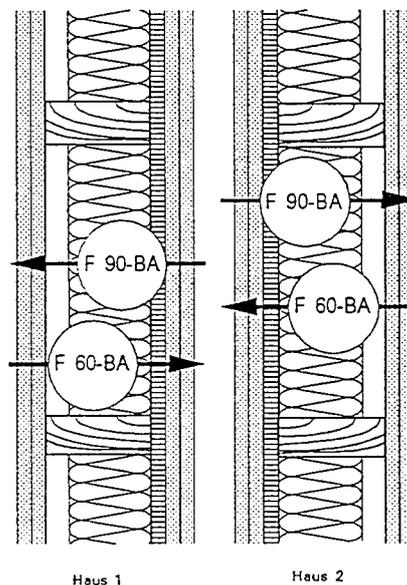


Abb. 7.1-3 Gebäudeabschlußwände als "F60-B/F90-B" - Wandkonstruktionen

Bei der Zonierung innerhalb ausgedehnter Gebäude sind Doppelwände, sofern diese nicht auch aus akustischen Gründen erforderlich sind, sehr unwirtschaftlich. Aus diesem Gesichtspunkt läßt sich folgender zweiter Lösungsansatz ableiten:

2. Einschalige bzw. Einfach-Ständerwände mit der Anforderung F 90-BA und Brandwandstoßbeanspruchung, welche durch einen Teil des Gebäudes mit entsprechender Feuerwiderstandsklasse ausgesteift werden (→Abb. 7.1-4). Hier läßt sich das Prinzip von nichttragenden und tragenden Trockenbau-Systembrandwänden auf brennbare Unterkonstruktionen (Holzständerbauweise) übertragen.

Im Gegensatz zu den Systembrandwänden in Trockenbauweise, welche die Stoßenergie innerhalb der Wand als Membranbeanspruchung an die angrenzenden Bauteile weiterleiten, werden bei Holzständerunterkonstruktionen die Stoßenergie maßgeblich über Biegebeanspruchung aufgenommen. Die einwirkende Stoßbeanspruchung ist von Holzständerwänden somit durch

- engere Unterkonstruktionsabstände,
- weichfedernde Unterkonstruktionen,
- große Lastverteilungsflächen auf der Unterkonstruktion und
- Integration elasto-plastischer Bauteilebenen aufzunehmen.

Bei Systembrandwänden in Trockenbauweise haben sich Stahlblecheinlagen zwischen zwei Beplankungen in Form glatter Stahlbleche oder zur Erhöhung der Biegesteifigkeit als Trapezbleche bewährt. Nachfolgend sind einige denkbare Konstruktionsbeispiele von Brandwänden in BA-Bauweise dargestellt.

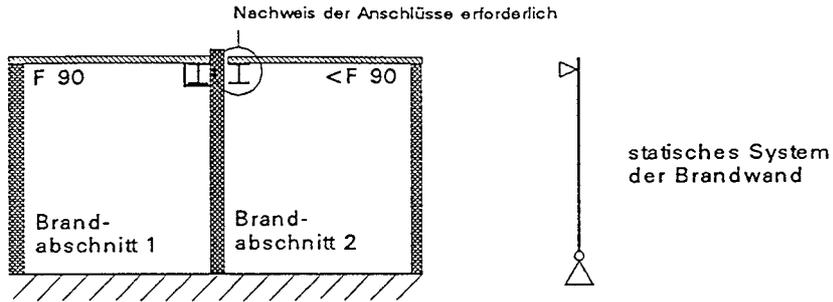


Abb. 7.1-4 System der Gebäudeaussteifung von Brandwänden in mehrgeschossigen Holzhäusern

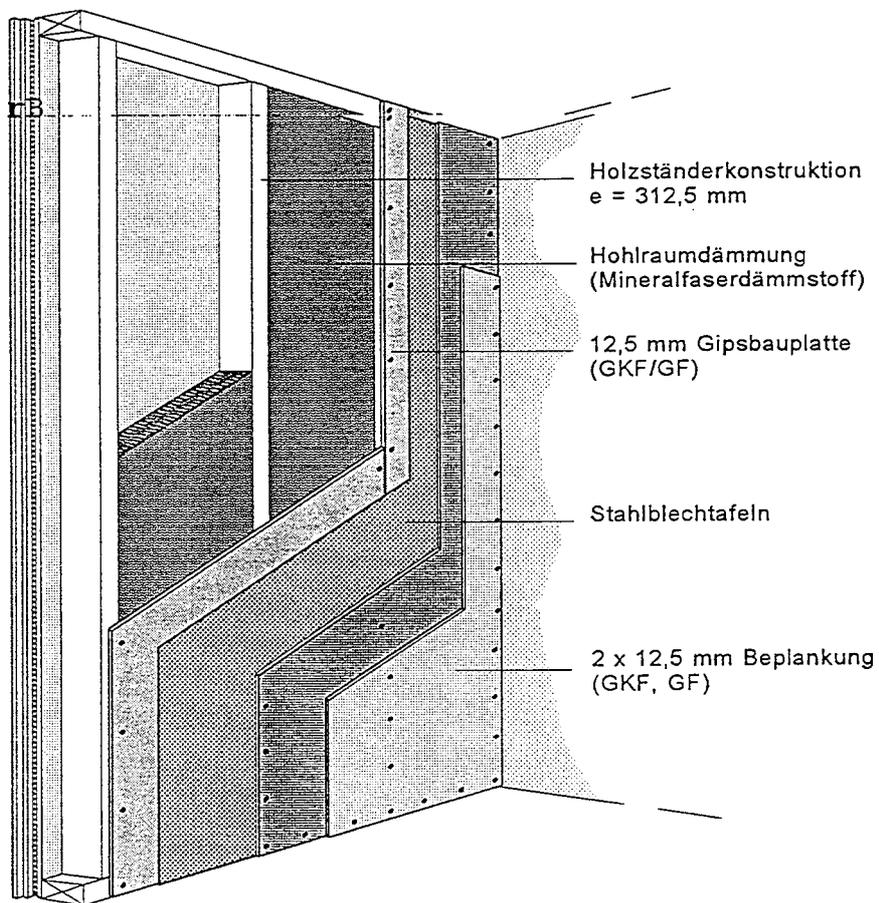


Abb. 7.1-5 Beispielhafter Aufbau einer "Brandwand" in Trockenbauweise mit Holzunterkonstruktion

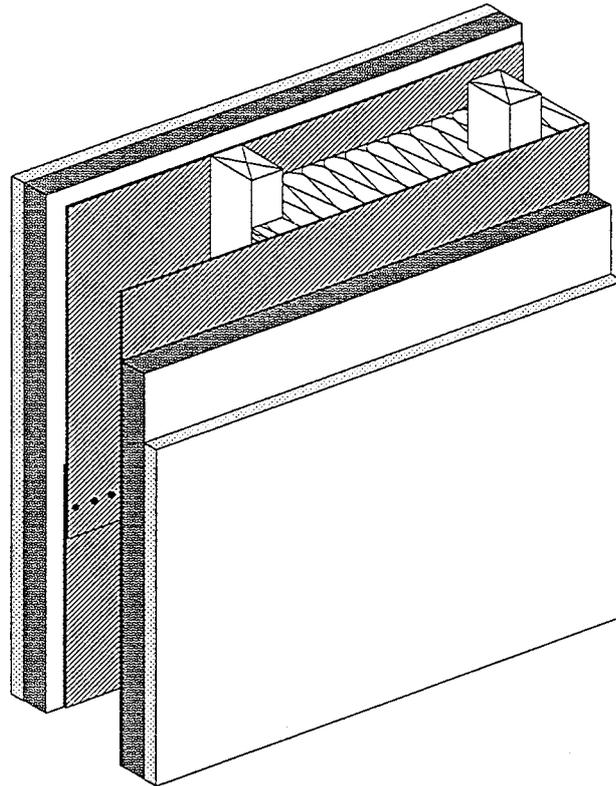


Abb. 7.1-6 Variante 1 einer "Brandwand" in Trockenbauweise mit Holzunterkonstruktion als Doppelständerwand

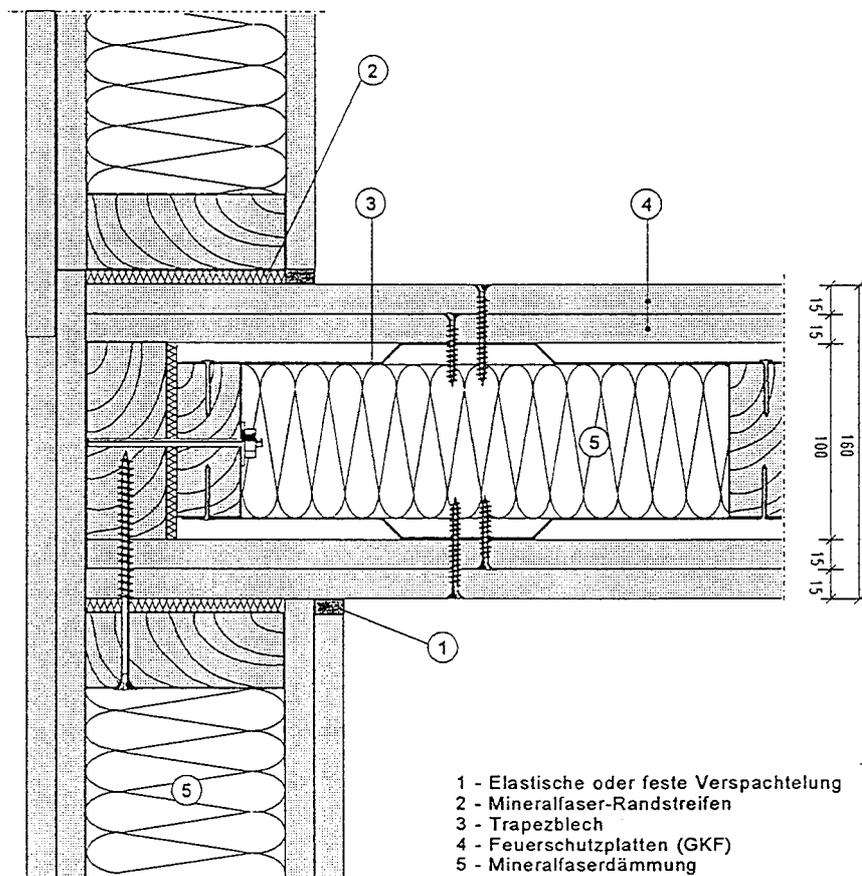


Abb. 7.1-7 Variante 2 einer "Brandwand" in Trockenbauweise mit Holzunterkonstruktion. Aussteifung über den F90-BA Gebäudeabschnitt.

7.1.5 Notwendige Treppen

"Für die notwendigen Treppen der Gebäude der Gebäudeklasse I werden keine Brandschutzanforderungen gestellt. Die tragenden Teile notwendiger Treppen sind bei den Gebäuden der Gebäudeklasse I und II aus nichtbrennbaren Baustoffen (A) oder mindestens in F 30-BA herzustellen. Bei den Gebäudeklassen IV und V müssen Treppen die Anforderung F 30-A oder mindestens der Klassifikation tragender und aussteifender Wände angehören.

- *Gebäudeklasse IV → F 60-BA*
- *Gebäudeklasse V → F 90-BA"*

7.1.6 Treppenräume

"Außer für die Gebäude der Gebäudeklasse I und II sind notwendige Treppen in einem Treppenraum zu allen angeschlossenen Geschossen zu führen. Für die Gebäude der Gebäudeklasse III - V sind Treppenräume in der gleichen Bauteilanforderung tragender Wände, Stützen und Unterstützungen der jeweiligen Gebäudeklasse auszuführen.

- *Gebäudeklasse III F 30-BA*
- *Gebäudeklasse IV F 60-BA*
- *Gebäudeklasse V F 90-BA*

Weiterhin sind Wand- und Deckenoberflächen, Bekleidungen, Bodenbeläge, Unterdecken, Dämmstoffe und Einbauten mit nicht brennbaren Baustoffen auszuführen. Wohnungseingangstüren sind rauchdicht auszuführen.

Die Treppenraumwände der Gebäudeklasse V sind in der Feuerwiderstandsklasse F 90-BA in Brandwandqualität auszuführen."

7.1.7 Rettungswege

"Gebäude der Gebäudeklassen I - III bedürfen neben einem baulichen Rettungsweg der Möglichkeit der Anleiterbarkeit von Rettungsleitern der Feuerwehren. Die hierzu erforderlichen Öffnungen und Fenster, die als Rettungswege dienen, müssen im Lichten min. 0,90 m x 1,20 m groß sein. Liegen diese Öffnungen in Dachschrägen (z. B. Dachflächenfenster) oder Dachaufbauten (Erker, Gauben) so darf ihre Unterkante oder ein davor liegender Austritt horizontal gemessen nicht mehr als 1,0 m von der Traufkante entfernt und nicht höher als 1,2 m über Fußbodenoberkante angeordnet sein."

Die Gebäude der Gebäudeklassen IV und V bedürfen einen 2. baulichen Rettungsweg, der ebenfalls von allen im Gebäude vorhandenen Nutzungseinheiten erreichbar ist. Der 1. bauliche Rettungsweg ist in der gleichen Feuerwiderstandsklasse der tragenden aussteifenden Wände der entsprechenden Gebäudeklasse auszuführen. Der 2. bauliche Rettungsweg ist aus nicht brennbaren Baustoffen oder in der Feuerwiderstandsklasse F 30-BA auszuführen."

7.1.8 Allgemein zugängliche Flure

"Allgemein zugängliche Flure sind in den Gebäudeklassen I - IV in der Feuerwiderstandsklasse tragender und aussteifender Wände auszuführen. In der Gebäudeklasse V müssen allgemein zugängliche Flure mindestens der Feuerwiderstandsklasse F 60-BA angehören. Wohnungseingangstüren sind rauchdicht auszuführen."

7.1.9 Außenwände

"Nichttragende Außenwände sind in den Gebäudeklassen IV - V in der Feuerwiderstandsklasse F 30-BA bzw. W 30-BA auszuführen. Brennbare Bekleidungen sind zulässig wenn die Brandweiterleitung auf andere Nutzungseinheiten und andere Gebäude durch geeignete Maßnahmen unterbunden wird."

7.1.10 Feuerschutztüren in Holzständerwänden

Es existieren derzeit keine geprüften Feuerschutztüren für Holzständerwände. Für die Anwendung im mehrgeschossigen Wohnungsbau sind maßgeblich nur Feuerschutztüren der Qualität T30 (feuerhemmend) relevant. Unproblematisch für die Integration von Feuerschutztüren ist der Fall der nichttragenden Holzständerwand. Übertragungen lassen sich aus dem geprüften System von Feuerschutztüren in Leichtbauständerwände (Metallständerwände) führen.

Bei tragenden Holzständerwänden nimmt der Randzargenstiel die Deckensturzlasten auf. Eine Direktbefestigung der Zarge bedeutet im Brandfall eine zusätzliche Beanspruchung der tragenden Randstiele, vor allem durch die Wärmeleitung der Zargensenkschrauben. Es wird empfohlen eine Trennung zwischen dem Zargenbefestigungsständer (nichttragend in Holz oder Metall) und dem tragenden Holzständer als Auflager des Deckensturzes vorzunehmen. Als Konsequenz verbreitert sich die lichte Weite des Deckensturzes um ca. 12 cm. Damit lassen sich auch die vorliegenden Prüferfahrungen der geprüften Feuerschutztüren in Metallständerwänden auf tragende Holzständerwände übertragen. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen zwei mögliche Ausführungsvarianten.

Der Verwendbarkeitsnachweis von Feuerschutztüren und Abschottungen in Holzbauteilen ist Gegenstand der Stufe 2 des Forschungsvorhabens (experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandverhalten von Holzbauteilen).

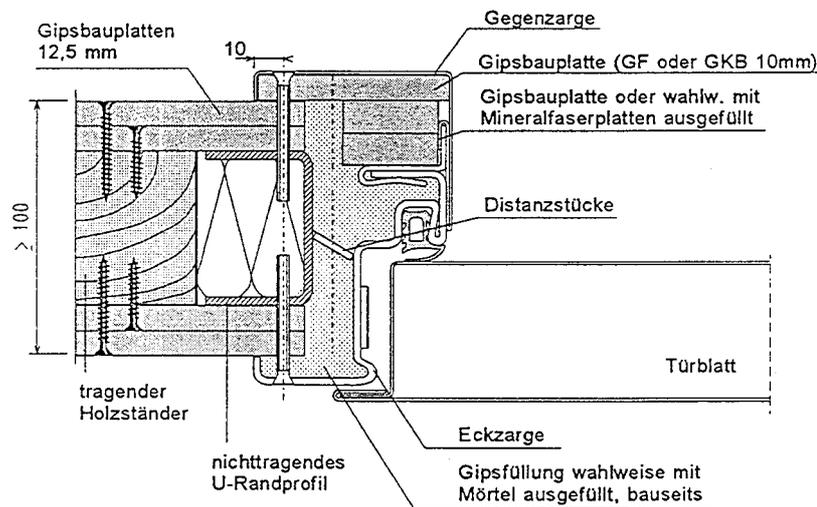


Abb. 7.1-8 Feuerschutztürenschiuß T30 in Holzständerwand mit nichttragendem Zargen-Randprofil

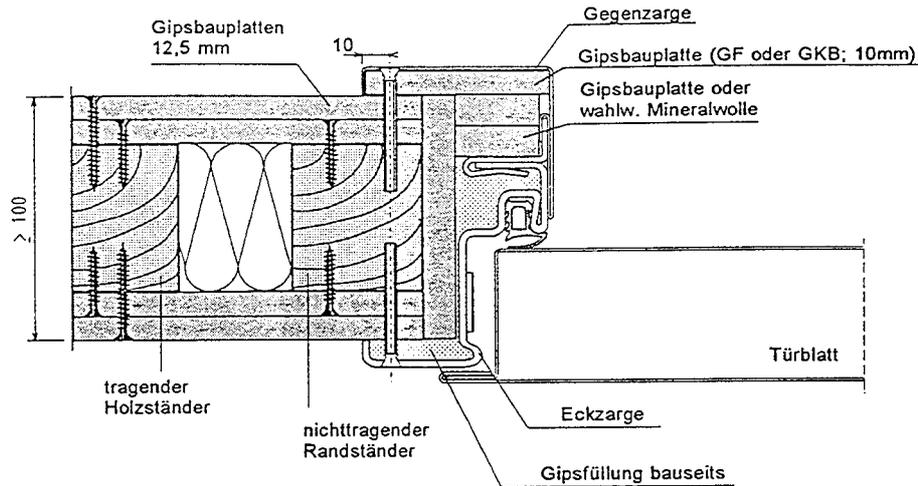


Abb. 7.1-9 Feuerschutztürenschiuß T30 in Holzständerwand mit Zargenschluß an nichttragendem Holzständer

Der Konstruktionsaufbau von Metallständerwänden und Holzständerwänden ist bis auf die Ausführung der Unterkonstruktion identisch. Die Enzündung der brennbaren Unterkonstruktion wird durch systematische Kapselung der Holzquerschnitte, z.B. Durch einlegen von Gipsplatten- oder mineralwollestreifen vermieden. Entsprechende Bauteilkonstruktionen sind durch Brandprüfungen nachzuweisen.

7.1.11 Kabel- und Rohrabschottung in Holzständerwänden

Es existieren derzeit keine geprüften Kabel- und Installationsabschottungen für Holzständerwände. Im gleichen Maß wie sich geprüfte Konstruktionen von Feuerschutztüren in leichten Trennwänden auf Holzständerwände übertragen lassen, können auch Übertragungsansätze für andere Feuerschutzabschlüsse für Rohr- und Installationsdurchführungen gemacht werden.

Die Anwendung ist im mehrgeschossigen Wohnungsbau unbedeutend. Wirtschaftlicher ist die Ausbildung von gebündelten Installationskanälen. Der Einsatz von Kabel- und Installationsabschottungen kann in außgedehnten Gebäuden erforderlich werden, wie Büro- und Verwaltungszentren, in denen brandschutztechnische Zonierungen z.B. in Form von Brandwänden in BA-Bauweise gefordert sind.

Ein Teil der in leichten Trennwänden zugelassenen Abschottungssysteme funktioniert als Einheit (Bausteine, Manschetten, Plattenschotts). Der Konstruktionsaufbau von Metallständerwänden und Holzständerwänden ist bei den geprüften Konstruktionen auch hier bis auf die Ausführung der Unterkonstruktion identisch. Innerhalb der Schottungseinheit ist kein verändertes Brandverhalten zu erwarten. Im Anschluß- bzw. Übergangsbereich der Schottelemente und der Holzständerwand lassen sich die gleichen bewährten konstruktiven Dichtungsmaßnahmen durchführen, wie im Anschlußbereich an massive flankierende Bauteile. Die Enzündung der brennbaren Unterkonstruktion wird durch systematische Kapselung der Holzquerschnitte, z.B. durch Einlegen von Gipsplatten- oder Mineralwollestreifen vermieden. Entsprechende Bauteilkonstruktionen sind durch Brandprüfungen nachzuweisen.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen zwei mögliche Ausführungsvarianten von Kabel- und Rohrabschottung auf:

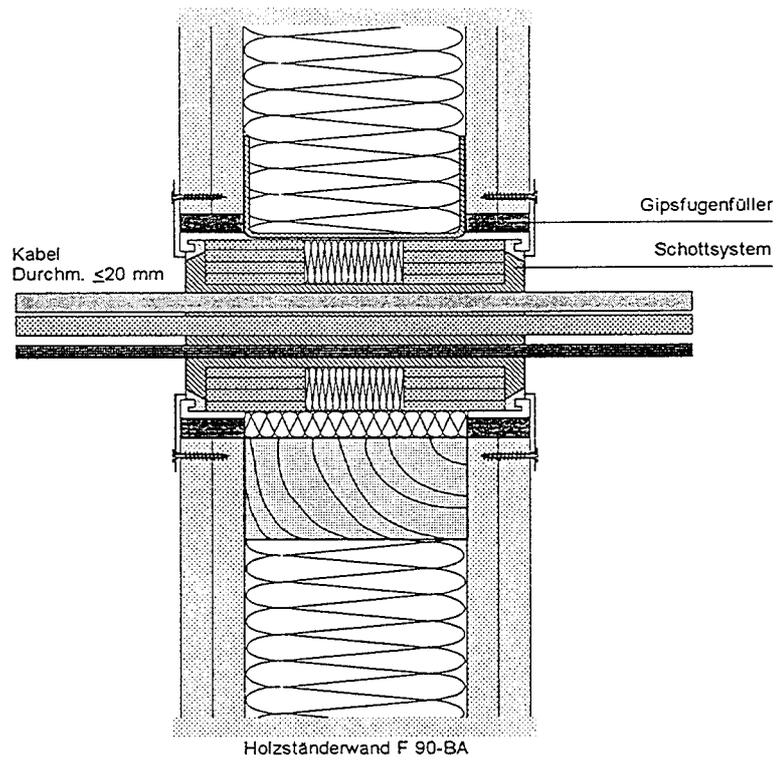


Abb. 7.1-10 Kabelschottsystem als Plattenschottelement in Holzständerwand F 90-BA

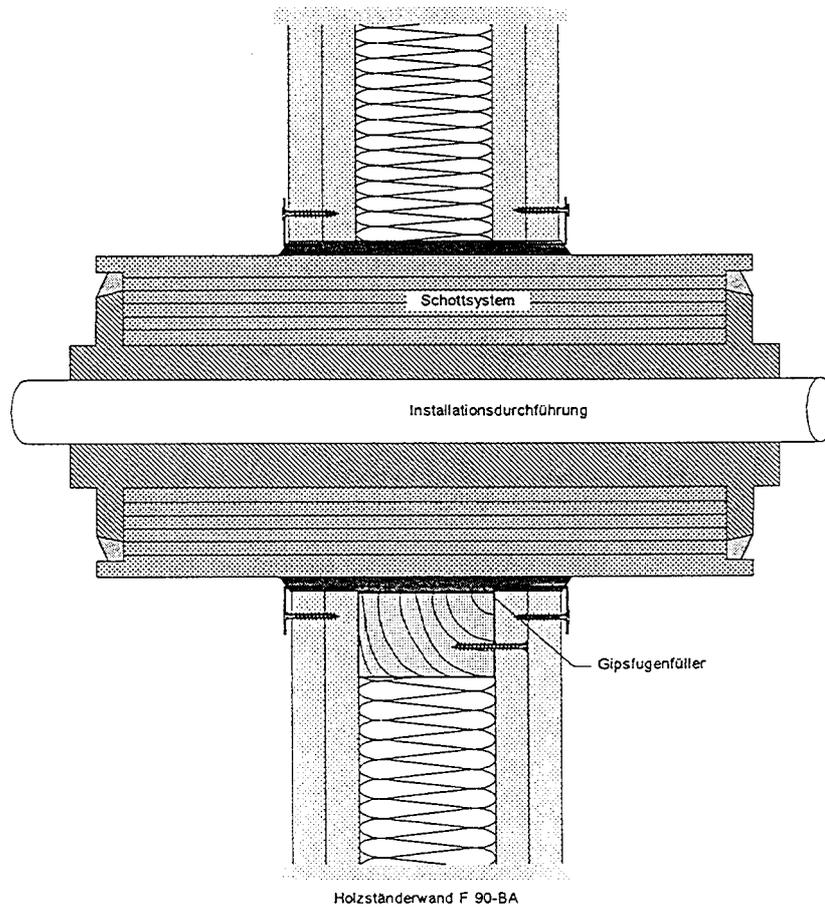


Abb. 7.1-11 Rohrschott R 90 als Manschette in Holzständerwand F 90-BA

7.1.12 Rauchgasmelder

"In der Gebäudeklasse SII können Anforderungen an die Ausstattung von Rauchmeldern gestellt werden, sofern die baulichen Gegebenheiten dies erfordern."

Neben rein baulichen Maßnahmen des Brandschutzes in Häusern in Holzbauweise werden in der MMH auch anlagentechnische Maßnahmen in Betracht gezogen. Der positive Einfluß von anlagentechnischen Detektoren auf das brandschutztechnische Risiko ist bauweisenneutral. Nachfolgend soll das risikominimierende Potential sogenannter "Sensitive Informations Equipments" (Rauch-/Brandmeldeanlagen) quantifiziert werden. Hierzu wurden internationale statistische Auswertungen herangezogen und versucht, Korrelationen zwischen dem Einsatzhäufigkeit und dem Einfluß auf den Schutz menschlichen Lebens abzuleiten. Hieraus lassen sich sinnvolle Einsatzbereiche für mehrgeschossige Holzhäuser schlußfolgern.

Anlagentechnische Maßnahmen in Verbindung mit mehrgeschossigen Holzhäusern - "Sensitive Informations Equipments"

In Deutschland werden sensitive Informationsmelder (z.B. Rauchmelder) im Wohnungsbau bauordnungsrechtlich nicht berücksichtigt und auch nicht sachversicherungstechnisch boniert. Zur Zeit weisen weniger als 3% der privaten Haushalte einen Rauchmeldesystem auf.

Im Vergleich zu anderen Industrienationen, z.B. USA, Kanada, Australien, Großbritannien oder Norwegen, ist die Installation von Rauchmeldern unter verschiedenen Randbedingungen auch im Wohnungsbau gesetzlich vorgeschrieben. Ob diese Maßnahmen gerechtfertigt erscheinen, soll im folgenden betrachtet werden.

Verbreitung von Sensitive Informations Equipments in Europa

UK	Anwendungsverbreitung ca. 82%. Es gibt Konstruktionsvorschriften (Part B) für den Einsatz bei Neubauvorhaben. Als Konsequenz hat der Anteil von Rauchmeldern im öffentlichen Wohnungsbau stark zugenommen.
Norwegen	Anwendungsverbreitung ca. 93%. Einsatzbereiche sind gesetzlich geregelt. Die norwegische Baurechtsverordnung verlangt mindestens einen Feueralarmsystem je Haushalt unabhängig vom Haustyp. Weiterhin in neuen öffentlichen Gebäuden sowie rückwirkende Installation in bestimmten Gebäudearten und Umnutzungen.
Finnland	Anwendungsverbreitung ca. 40%. Es existiert eine gesetzliche Empfehlung vom 1.1.1995 für barrierefreie und seniorengeeignete Wohnungstypen zur Verwendung von Hauptfeuermeldern. Als Ergänzung ist eine Änderung der Gebäudevorschriften vorgesehen, indem in allen neuen Wohnhäusern ein Feueralarmsysteme installiert sein muß.
Schweden	Anwendungsverbreitung ca. 74% - keine gesetzliche Regelung, jedoch werden Feuermeldesysteme von der Versicherung boniert, worauf die hohe Verbreitung zurück zu führen ist.
Dänemark	Anwendungsverbreitung ca. 16% - keine bauordnungsrechtliche Regelung, Rauchmeldesysteme werden jedoch von Versicherungsgesellschaften propagiert (jedoch nicht boniert).

- Holland Anwendungsverbreitung ca. 20%. Das holländische Innenministerium gibt Empfehlungen zur Anwendung von Feueralarmsysteme heraus. Es besteht ein starkes Interesse im Einzelhandel, die Verbraucherzentrale, Goedmark Institut, berät Bauherrn und Architekten zum Themenbereich Sensitive Informations Equipments. Die nationale Wohnungsbaugesellschaft (KOMO) empfiehlt Ihren Mitgliedern Feueralarmsysteme in neuen Gebäuden zu installieren.
- Belgien Anwendungsverbreitung ca. 18%. Es existiert keine gesetzliche Regelung, jedoch wurde durch Versicherungsgesellschaften ein breites Bewußtsein für Feuermeldesysteme entwickelt.

Die Statistiken dieser Länder zeigen eine erstaunlich auffallende Abhängigkeit zwischen der Zahl von Brandopfern und dem Einsatz von den sogenannten „Sensitive Informations Equipments“. Ein Beispiel ist Großbritannien, wo Rauchmelder seit 1987 systematisch eingesetzt werden. Seitdem ist die Zahl der Brandtoten und Verletzten um ca. 40% zurückgegangen. Ähnlich zeigt sich die Situation in den USA. Vor 15 Jahren begannen die ersten Bundesstaaten Rauchmeldeanlagen in mehrgeschossigen Wohnhäusern, Motels, Hotels und Verwaltungsgebäuden gesetzlich vorzuschreiben. Eine Vielzahl von statistischen Auswertungen zeigen Abhängigkeiten auf. Die nachfolgenden Daten wurden aus dem abschließenden Jahresgutachten 1995 der NFPA, der Feuerwehrvereinigung USA, für den Zeitraum von 1977 - 1994, zusammengestellt:

Tabelle 7.1-2

Wohnungen mit Feueralarmsystemen		Wohnungsbrände mit Feueralarmsystemen		Todesopfer in der Bevölkerung im privaten Wohnungsbau	
1977	22%	1977	-	1977	5865
1978	-	1978	-	1978	6015
1979	50%	1979	-	1979	5500
1980	-	1980	17,6%	1980	5200
1981	-	1981	20,5%	1981	5400
1982	67%	1982	23,3%	1982	4820
1983	67%	1983	26,7%	1983	4670
1984	74%	1984	30,9%	1984	4075
1985	76%	1985	33,1%	1985	4885
1986	77%	1986	37,6%	1986	4655
1987	82%	1987	41,8%	1987	4570
1988	81%	1988	43,8%	1988	4755
1989	85%	1989	47,1%	1989	4335
1990	86%	1990	48,2%	1990	4050
1991	88%	1991	50,1%	1991	3500
1992	90%	1992	53,1%	1992	3705
1993	92%	1993	55,3%	1993	3720
1994	93%	1994	-	1994	3425

Voraussichtlich wird bis Ende 1997 eine ISO-Norm für Feueralarmsysteme entwickelt. Ob diese sinnvoll auf Deutschland übertragbar ist, bleibt zu prüfen.

7.2 Darstellung der notwendigen experimentellen Untersuchungen (Stufe 2)

7.2.1 Zielsetzung der experimentellen Untersuchungen

Die Auswertung der durchgeführten Bauteilversuche in Abschnitt 6, verglichen mit den Teilzielen aus dem Forschungsantrag, zeigt, daß weitere experimentelle Grundlagenuntersuchungen notwendig sind, um die theoretisch entwickelten Ansätze zur Abdeckung der „holzspezifischen“ Risiken experimentell zu untermauern und damit die derzeit fehlenden Verwendbarkeitsnachweise zu liefern.

Die Auswertungen zeigten vor allem, daß eine Vielzahl von Details in Holz-Wand- und -Deckenkonstruktionen einerseits als typische Schwachpunkte erkannt, andererseits aber bisher nicht experimentell nachgewiesen wurden. Hier sind vor allem Bauteilprüfungen nach DIN 4102 Teil 2, Teil 3, Teil 5, Teil 9 und Teil 11 an Holzkonstruktionen erforderlich, um nachzuweisen, daß der Ausbreitung von Feuer und Rauch auch mit Gebäudeabschlußwänden, Treppenraumwänden, Wohnungstrennwänden und Geschoßdecken in Holzbauweise sowie geprüften Abschlüssen von Öffnungen und Abschottungen von Durchführungen wirksam vorgebeugt werden kann. Nur so kann eine vergleichbare Brandsicherheit wie bei ähnlichen Konstruktionen aus Massivbauteilen bescheinigt werden.

Außerdem ist zu überprüfen, ob bauaufsichtliche Regelungen bei der Durchführung von Installationen durch Massivbauteile ohne weiteres übertragen werden können auf die Durchführung von Installationen durch Holzbauwände, z. B. die Regelung bei nichtbrennbaren Rohrdurchführungen, Durchführung einzelner elektrischer Leitungen usw..

Bereits im Rahmen dieser theoretischen Grundlagenuntersuchungen und der Auswertung von in- und ausländischen Bauteilversuchen hat sich gezeigt, daß einige Risikosituationen im Bauwerk nicht allein durch Bauteilprüfungen im Labor nachstellbar sind: Deshalb ist geplant, in Verbindung mit der Industrie zusätzliche Naturbrandversuche an einem mehrgeschossigen Gebäude in Holzbauweise durchzuführen. Die Auswertung der bisher durchgeführten Prüfungen belegt aber auch, daß dies nicht nur ein Problem der Holzhäuser ist, sondern auch bei Bauwerken auftritt, die in leichter Ständerbauweise aus nichtbrennbaren Baustoffen errichtet werden. Die Brandversuche in dem mehrgeschossigen Holzhaus dienen also sowohl dem Vergleich zwischen Massivbauweise und Ständerbauweise als auch dem Vergleich zwischen Ständerbauweisen mit nichtbrennbaren und brennbaren Tragkonstruktionen.

7.2.2 Bisher fehlende Verwendbarkeitsnachweise

Nach den bisherigen Analysen sind folgende Prüfungen an Bauteilen im Labor zwingend erforderlich, da Verwendbarkeitsnachweise für entsprechende Konstruktionen in Holzbauweise gänzlich fehlen bzw. nur einen Teil der Kriterien abdecken:

- Prüfung von Brandwänden bzw. Gebäudetrennwänden und Treppenraumwänden in Holzbauweise

Durch Normbrandversuche nach DIN 4102 Teil 3 ist der Nachweis zu führen, daß auch Wände mit einer brennbaren Tragkonstruktion in der Lage sind, die mechanischen Beanspruchungen aus dem „Bleisackstoß“ aufzunehmen. Bei diesen Untersuchungen soll darüber hinaus überprüft werden, inwieweit nach einer Brandbeanspruchungsdauer von 90 Minuten und ggf. einer angemessenen Abkühlphase die tragende Holzkonstruktion weiterbrennt und somit unter Umständen bei einem tatsächlichen Brand nach Abzug der Feuerwehr auf der dem Feuer abgekehrten Seite der Branddurchtritt möglich ist bzw. die Tragfähigkeit einer tragenden „Brandwand“ beeinträchtigt wird. Im Rahmen dieser Brand-

prüfungen wird es daher zwingend notwendig, die Temperaturverteilung innerhalb der Brandwand genauer zu erfassen und Abbrandraten bzw. Abbrandtiefen festzustellen. Nach Abstellen der Brenner werden die Meßinstrumente so lange weiterbetrieben, bis ein Temperaturabfall innerhalb der Wandkonstruktion registriert wird.

- Prüfung von Feuerschutzabschlüssen sowie Kabel- und Rohrabschottungen in Wand- bzw. Deckenkonstruktionen in Holzbauweise

Bisher liegen eine Vielzahl von Prüferfahrungen an Feuerschutzabschlüssen sowie Rohr- und Kabelabschottungen in Massivbauteilen und in Metallständerwänden vor. Eine Übertragung dieser Erkenntnisse auf Holzständerbauweisen bzw. Holzdeckenkonstruktionen ist jedoch nicht ohne weiteres möglich. Insbesondere über Teil brennbare Installationen kann der Brand in die Wandkonstruktion eingetragen werden, so daß ein Entflammen der innenliegenden Holztragwerke nicht auszuschließen ist. Es ist vorgesehen, zugelassene Feuerschutztüren sowie Rohr- und Kabeldurchführungen in Holzständerwänden zu prüfen, die im Aufbau vergleichbar sind mit bereits geprüften Stahlständerwänden. Dabei soll auch die Abkühlphase mit betrachtet werden, um eine nachträgliche Einleitung des Brandes in die Holzkonstruktion auszuschließen.

Zusätzliche Prüfungen in Holzdeckenkonstruktionen sind aus Kostengründen nicht vorgesehen. Hier sind aber Ansätze vorgegeben in den europäischen Normenentwürfen für die Durchführung von Installationen. Diese sollen in Verbindung mit den Prüfergebnissen an Wänden für eine Verallgemeinerung herangezogen werden.

Neben Kabelabschottungen sollen auch Rohrdurchführungen an brennbaren und nicht-brennbaren Rohren untersucht werden. Nach den bisherigen bauaufsichtlichen Vorschriften dürfen durch raumabschließende Wand- und Deckenkonstruktionen in Massivbauweise nichtbrennbare Rohrleitungen durchgeführt werden, wenn die Restöffnung zwischen Deckenkonstruktion und Rohr mit mineralischen Baustoffen verschlossen wird. Ob diese Vorgabe für Holzkonstruktionen ausreicht, muß überprüft werden. Bei der vorhandenen Temperatureinleitung in Stahl- oder Kupferrohre ist die Gefahr nicht auszuschließen, daß der Brand über die nichtbrennbaren Stahl- bzw. Kupferleitungen in die Holzkonstruktion eingetragen wird.

Ziel der exemplarischen Normprüfungen an den für Massiv- bzw. Metallständerwände zugelassenen Türen und Abschottungen ist es, eine generelle Erweiterung des Anwendungsbereichs bestehender Zulassungen auf Konstruktionen in Holzbauweise zu ermöglichen. Auf neuerliche Serien-Brandversuche an Systemen unterschiedlicher Hersteller kann dann in der Regel verzichtet werden, wenn die zu erarbeitenden Übertragbarkeitskriterien beachtet werden.

- Installationsführung in Wand- und Deckenkonstruktionen in Holzbauweise

Nach den bisherigen bauaufsichtlichen Vorschriften bestehen im allgemeinen keine Bedenken gegen die Führung von brennbaren Installationen in Massivwänden und -decken bzw. in Ständerwandkonstruktionen aus nichtbrennbaren Baustoffen. Inwieweit diese Vorgaben übertragbar sind auf Wand- und Deckenkonstruktionen mit tragenden bzw. nichttragenden Holzkonstruktionen muß durch weitere Prüfungen nachgewiesen werden. Hierbei sind zwei unterschiedliche Risikosituationen zu überprüfen: die Brandeintragung von außen in die Wandkonstruktion und die Gefahr der Brandentstehung innerhalb der Wände im Bereich der brennbaren Installationen selbst.

Der Nachweis des Brandverhaltens von Wandkonstruktionen bei Brandbeanspruchung von außen kann über Brandprüfungen an Wänden nachgewiesen werden, wenn über zusätzliche Thermolemente innerhalb der Wand der Einfluß der brennbaren Isolierungen überprüft wird.

Die Brandentstehungsgefahr z. B. infolge Kurzschluß an elektrischen Leitungen innerhalb von Wandkonstruktionen ist sehr gering. Aufgrund der Erkenntnisse zum Brandverhalten von Wand- und Deckenkonstruktionen sollen daher Vorschläge für eine entsprechende Installationsführung erarbeitet werden, indem z. B. in derartigen Wand- und Deckenkonstruktionen eine brennbare Isolierung mit der Gefahr einer Glimmbrandentwicklung ausgeschlossen wird. In diesem Fall sind zusätzliche Versuche zum Brand von innen entbehrlich.

- Bewertung der Rauchdichtigkeit von raumabschließenden Wänden (z. B. Treppenraumwänden)

Nach den bisherigen Prüfvorschriften ist eine Bewertung der Rauchdichtigkeit von raumabschließenden Bauteilen nicht vorgesehen. In der Argumentation der Feuerwehr und der Feuerversicherer ist die mangelnde Rauchdichtigkeit von raumabschließenden Holzbauteilen jedoch stets ein Kriterium, das gegen die Holzbauweise bei mehrgeschossigen Gebäuden spricht. Die Auswertung der Prüfungen an Ständerwandkonstruktionen mit brennbaren bzw. nichtbrennbaren Traggliedern zeigt jedoch, daß die Rauchentwicklung auf der dem Feuer abgekehrten Seite im allgemeinen durchaus vergleichbar ist. Diese Erkenntnisse sollen durch gezielte Prüfungen an raumabschließenden Wandkonstruktionen untermauert werden, wobei auch brennbare und nichtbrennbare Dämmungen verwendet werden sollen.

Es ist zu erwarten, daß als Ergebnis eine nichtbrennbare Dämmung in Verbindung mit brennbaren Holztragkonstruktionen wesentlich günstiger bewertet werden kann als eine brennbare Dämmung in Verbindung mit nichtbrennbaren Tragkonstruktionen. Im Zuge dieser Prüfungen sollen auch Kriterien festgelegt werden, wie die Rauchdichtigkeit von raumabschließenden Bauteilen zukünftig gemessen werden kann und welche Grenzwerte maßgebend sind.

7.2.3 Versuchsplan und -kosten

Im einzelnen werden die in Tabelle 7.2.1 aufgelisteten Normbrandversuche durchgeführt. Hinsichtlich des Versuchsaufbaus dienen die Vorüberlegungen in Abschnitt 7.1 als Grundlage, die jeweiligen Unterabschnitte sind in Klammern aufgeführt. Die Kosten stellen Erfahrungswerte der MPA Braunschweig von entsprechenden Standardprüfungen dar; ein Zuschlag für die geplante modifizierte Versuchsdurchführung und aufwendigere Meßtechnik wurde nicht berücksichtigt („Forschungsrabatt“).

Für die Planung und Auswertung der Versuche fallen folgende Personalkosten des iBMB an:	20 000,-- DM
---	--------------

Hinzu kommen die Kosten für die Mitwirkung der VHT und DGfH von	30 000,-- DM
---	--------------

Die Kosten der Stufe 2 entsprechen damit sowohl insgesamt (205 000,-- DM) als auch in ihrer zeitlichen Aufteilung dem Forschungsantrag vom 19.04.1996.

Details zum Versuchsaufbau und Meßprogramm, z. B. im Hinblick auf Rauchdichtemessungen und zusätzliche Thermoelemente innerhalb der Konstruktion, die bisher nicht Gegenstand von Bauteilprüfungen sind, werden erst in Abstimmung mit der Arbeitsgruppe festgelegt.

Tabelle 7.2.1: Übersicht über die Laborbrandversuche

Zahl	Konstruktion	Brandbeanspruchung	Zusatzkriterien	Kosten DM
2	Brandwände (s. Abschn. 7.1.4)	ETK mit Nachkühlphase	Temperaturgradient Rauchdichte in Anl. an DIN 18095	32 000,-- DM
2	Treppenraumwände (s. Abschn. 7.1.6)	ETK mit Nachkühlphase	Temperaturgradient	24 000,-- DM
2	Feuerschutztüren (s. Abschn. 7.1.10)	ETK	Vergleich zum Einbau in LTW/Massivwände	24 000,-- DM
2	Abschottungen in Holzwänden (s. Abschn. 7.1.11)	ETK mit Nachkühlphase	Temperaturgradient Rauchdichte in Anl. an DIN 18095	22 000,-- DM
2	Installationsführungen in Holz- wänden	ETK mit Nachkühlphase	Temperaturgradient Rauchdichte in Anl. an DIN 18095	20 000,-- DM
2	Eckausbildungen Wand-Decke Wand-Wand	ETK mit Nachkühlphase	Temperaturgradient Rauchdichte in Anl. an DIN 18095	30 000,-- DM
Versuchskosten insgesamt				155 000,-- DM

7.3 Klärung der globalen Risikofaktoren durch Naturbrandversuche

Verglichen mit den Teilzielen der experimentellen Untersuchungen entsprechend dem Forschungsantrag zeigt die Auswertung bisher durchgeführter Bauteilversuche im Labor, daß insbesondere die Gefährdung von Personen in Nachbarwohnungen und in Rettungswegen durch brandbedingten Rauchdurchtritt, ggf. mit toxischer Belastung, in Knotenbereichen zwischen Wänden und zwischen Wand und Decke sowie die Gefahr des Feuerüberschlages im Bereich von Brüstungen und Außenwänden bislang nicht hinreichend untersucht wurden. Zur Überprüfung dieser erkannten Schwachstellen können die Laborbrandversuche (Stufe II) zwar einen wesentlichen Beitrag leisten und geeignet erscheinende Lösungsvorschläge absichern helfen. Da jedoch einerseits die Prüfung unter Normbedingungen den tatsächlichen Brandverlauf nur unzureichend wiedergibt und andererseits der Versuchsaufbau im Labor das Zusammenwirken von verschiedenen Konstruktionen und Installationen nur sehr bedingt erfassen kann, werden zusätzliche Naturbrandversuche im Maßstab 1:1 für erforderlich gehalten..

Aus diesem Grund soll mit erheblicher finanzieller Unterstützung der Industrie ein mehrgeschossiges Gebäude in Holzbauweise beim iBMB in Braunschweig errichtet werden. Darin sollen unterschiedliche Konstruktionsvarianten realisiert und verschiedene Nutzungen simuliert werden. Das Grundkonzept des Brandversuchshauses wurde in Anlehnung an die Überlegungen zum Modellgebäude in Abschnitt 5.6.1 entwickelt. Die Grundrisse für die verschiedenen Nutzungen sowie einige der geplanten Detailkonstruktionen sind im Anhang zusammengestellt.

Weitere Einzelheiten zu den zu untersuchenden Konstruktionen, den relevanten Brandszenarien sowie zusätzlich zu berücksichtigenden Kriterien des Personenschutzes (z. B. Rauchausbreitung) und des Sachschutzes (z. B. Löschwasserschäden, Sanierbarkeit) werden im Zuge der Bearbeitungsstufe II zusammen mit der Arbeitsgruppe erörtert.

8 Zusammenfassung

*"Wir bauen nicht für die Ewigkeit, wir bauen für die Zukunft",
K. Petzinka*

Wenn der Bausektor zur Sicherung einer zukunftsfähigen Wirtschaft beitragen soll, so setzt dies voraus, daß verstärkt Bauweisen und Bauprodukte eingesetzt werden, welche die Anforderung, niedriger Material-, Massen- und Energieeinsatz, erfüllen. Holz als Baustoff mit der höchsten Ressourceneffizienz ist ein maßgeblicher Hoffnungsträger für ein künftiges ökologisches und ökonomisches Bauen - auch und vor allem im mehrgeschossigen und verdichteten Wohnungsbau.

Dem stehen jedoch die derzeitigen bauordnungsrechtlichen brandschutztechnischen Anforderungen entgegen. Dies ist mit mittelfristigen gesellschaftspolitischen Zielsetzungen und der zukunftsfähigen Sicherung unseres Wohlstandes nicht vereinbar.

Die Einschätzung eines real vorhandenen brandschutztechnischen Risikos von mehrgeschossigen Holzhäusern erfordert probabilistische Erfahrungen mit dem Brandverhalten von Bauteilen, Bauteilgruppen und Gebäuden. Die derzeitige bauordnungsrechtliche Bewertung von mehrgeschossigen Holzhäusern und der damit verbundenen Anwendungseinschränkung auf maximal drei Geschosse basiert nicht auf einer derart real fundierten Risikobetrachtung.

Bei den derzeit erforderlichen Abweichungen von den bauordnungsrechtlichen Anforderungen wurden, unter Einhaltung des vorhanden Sicherheitsniveaus, Lösungsansätze in Holzbauweise aufgezeigt. Eine bedeutende Reduzierung des Brandrisikos erfolgt durch die derzeit noch bauordnungsrechtlich unberücksichtigte "BA"-Bauweise; d.h. der Nichtbrennbarkeit der Bauteiloberflächen bei gleichzeitiger zeitlich beliebig wählbarer Kapselung der Brandlasten von Trag- und Ausbaukonstruktionen in Holzbauweise.

In den theoretischen Untersuchungen in Abschnitt 5 wurde nachgewiesen, daß der Aspekt der erhöhten immobilien Brandlasten von Holzhäusern bei konsequenter BA-Bauweise vernachlässigbar ist und durch den nicht bauordnungsrechtliche beeinflussbaren Anteil der mobilen Brandlasten überdrückt wird. Die Materialität einer Bauweise verliert in einer Risikoabschätzung im Hinblick auf den Personenschutz noch stärker an Bedeutung, wenn die Toxizität der Verbrennungsprodukte von Einrichtungsgegenständen (mobile Brandlasten) in die Betrachtungen einbezogen wird.

Als Initialbrandherd ist der Baustoff Holz in konsequenter BA-Bauweise in Verbindung mit Dämmstoffen der Baustoffklasse A unbedeutend. Durch baulich-konstruktive Maßnahmen, z.B. Anordnung von Installationsebenen, kann die Gefahr von Fremdzündungen der Tragkonstruktion (z.B. Kabelschmorbrand) eliminiert werden. Welchen Einfluß brennbare Dämmstoffe und Schüttungen haben, ist noch Gegenstand der Betrachtung. Untersuchungen werden derzeit an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) mit dem Thema „Zündung von Feststoffschüttungen durch Glimmnester und eingeschüttete, heiße Gegenstände“ und am Fachbereich Sicherheitstechnik der Universität Wuppertal mit dem Inhalt "Pyrolyse- und Brandverhalten von brennbaren -Dämmstoffen" durchgeführt.

Die in diesem Forschungsvorhaben ausgewerteten nationalen und internationalen Untersuchungen zum Brandverhalten von Holzbauteilen und Holzhäusern zeigen, daß Erfahrungen zum Brandverhalten von Holzbauteilen und Gebäuden in Holzbauweise (Naturbrandversuche) in großem Maße vorhanden sind. Theoretische und experimentelle

Forschungsvorhaben werden international zielgerichtet durchgeführt oder sind in Vorbereitung.

Eine wesentliche Aufgabe besteht darin auch, zukünftig die internationalen Untersuchungen zum Brandschutz mehrgeschossiger Holzhäuser nach Deutschland zu transferieren und deren Relevanz hinsichtlich einer möglichen Reduzierung des brandschutztechnischen Risikos für den mehrgeschossigen Holzbau in Deutschland zu bewerten. Damit kann mittelfristig sogar bei Reduzierung der bauordnungsrechtlichen Anforderung das brandschutztechnische Sicherheitsniveau erhöht werden.

Dieses Prinzip ist ein bedeutungsvoller Schritt: Steigerung der Ressourceneffizienz und Wirtschaftlichkeit unserer Gebäude einhergehend mit der Erhöhung des Sicherheitsstandards.

Die Versuchsanstalt für Holz- und Trockenbau strebt an, den Technologietransfer laufender und in Vorbereitung befindlicher nationaler und internationaler Untersuchungen zum Brandverhalten mehrgeschossiger Holzhäuser herzustellen und deren Ergebnisse für das deutsche Bauwesen aufzubereiten. Dies ist in der Fortführung der Stufe 2 und Stufe 3 des Vorhabens nicht enthalten und wird in gesonderten Forschungsvorhaben erarbeitet.

Die nach dem heutigem Stand der Recherchen relevanten Untersuchungen und Forschungsvorhaben für Deutschland sind im Ausblick in Kapitel 4 aufgeführt.

In Abschnitt 7 wurden Lösungsansätze einer brandschutztechnisch sicheren Ausbildung von Holzbauteilen und Bauteilanschlüssen aufgezeigt. Eine Übertragung der Einbausituation von Feuerschutzabschlüssen in Leichtbaukonstruktionen ist für Holzständerwände in BA-Bauweise möglich. Lösungsansätze und Konstruktionsbeispiele wurden in Abschnitt 7 aufgezeigt. Die erforderlichen Verwendbarkeitsnachweise und Verifikationsversuche, z.B. für Feuerschutztüren in Holzständerwänden, Rohrabschottungen, Bauteilanschlüssen -durchdringungen sollen im experimentellen Arbeitsabschnitt "Stufe 2" dieses Vorhabens durchgeführt werden.

Auf Grundlage der internationalen Untersuchungsergebnisse und der in Abschnitt 5 geführten Risikobetrachtung, wurde das Konzept einer Musterrichtlinie für mehrgeschossige Holzbauwerke (MMH) erarbeitet. Das vorgelegte Konzept dient als Grundlage zur bauordnungsrechtlichen Diskussion der zulässigen Anwendungsbereiche und der Anforderungen an mehrgeschossige Holzhäuser.

Aus Sicht der Verfasser bestehen keine Bedenken, den Anwendungsbereich des mehrgeschossigen Holzbaus bis zu fünf Vollgeschossen zu erschließen. Mit den in dem Konzept der Musterrichtlinie für mehrgeschossige Holzbauwerke enthaltenen planerischen und konstruktiven Maßnahmen findet sogar eine Überkompensation des geforderten brandschutztechnischen Risikos und damit eine Erhöhung des Sicherheitsniveaus statt. Diese resultiert maßgeblich aus planerischen Anforderungen eines zweiten baulichen Rettungsweges in Holzhäusern mit mehr als drei Vollgeschossen.

9 Wissenschaftlicher Ausblick internationaler Forschung

Akustische Überwachung der Brandentstehung und des Nachglimmverhaltens in Gebäuden

Dem "Science News-Report" der UNO sind aktuelle internationale und interdisziplinäre Entwicklungen auf dem Gebiet der Forschung und Wissenschaft via WorldWideWeb zu entnehmen. Dort wird am 24.9.1996 von einem neuen Verfahren berichtet, welches geeignet ist, versteckte Brände in Bauteilkonstruktionen zu lokalisieren und zu überwachen.

Die Wissenschaftler W. Gross-Handler und M. Jackson vom Gebäude- und Brandforschungslabor des Nationalinstituts für Standards und Technologie in Gaithersburg im amerikanischen Bundesstaat Maryland experimentieren zu diesem Zweck mit Geräuschsensoren, sogenannten piezoelektrischen Wandlern. Diese Sensoren fangen die akustischen Signale vieler im Bauwesen verwendeten Baustoffe und Verbundelemente auf, die unter Wärmezufuhr ein thermisch bedingtes Verformungsverhalten (ausdehnen, schrumpfen etc.) aufweisen bevor diese sich entzünden. Die in der Untersuchung zum Einsatz gekommenen verschiedenen Hölzer, Holzwerkstoffe, Kunststoffe sowie Aluminium und Gipsbauplatten emittieren unverkennbare akustische Signaturen, die mit einer schnellen Erhitzung dieser Materialien einhergehen. Die Geräusche der thermischen Ausdehnung oder Schrumpfens breiten sich schneller aus als Rauch und andere Verbrennungsprodukte oder Hitze infolge Transmission oder Konvektion.

Gegenstand der derzeitigen Untersuchungen ist die Störanfälligkeit des piezoelektrischen Detektionsverfahrens. Hierbei geht es maßgeblich darum, daß die Sensoren nicht von elektrischen Geräten beeinflusst werden und dann einen falschen Feueralarm auslösen könnten. Bewährt sich das Verfahren auch hier, können sie eines Tages in intelligenten Feuermeldesystemen Verwendung finden, die versteckte Brandherde in Gebäuden, vor allem in Holzkonstruktionen, orten und analysieren.

10 Literaturhinweise

- (1) Musterbauordnung (MBO)
- (2) Holz-Brandschutz-Handbuch, Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., München, 1995
- (3) Hessische Bauordnung (HBO)
- (4) Becker, K., Tichelmann, K.: Verdichteter Wohnungsbau mit Holz. Hessisches Ministerium für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz. Wiesbaden, Juli 1994
- (5) DGfH-Arbeitsgruppe: Theoretische Überlegungen zur Risikobeurteilung und Weiterentwicklung des Holzbaus in der Beurteilung des Brandverhaltens anhand der Musterbauordnung (MBO), Stand 18.04.1996
- (6) Becker, W.: Vorhaben „Auswertung ausländischer Brandversuche an mehrgeschossigen Gebäuden“. 1. Zwischenbericht, 03.11.1995
- (7) DIN 4102 Teil 4 - Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile. Ausgabe März 1994
- (8) DIN 18 230 Teil 1 und 2; Baulicher Brandschutz im Industriebau; Beuth Verlag
- (9) Gutachterliche Stellungnahme Nr. G93090 vom 30.09.1993 (Rev. 28.04.1995). „Zur Beurteilung des Brandverhaltens von Bauwerken geringer Höhe in Holzbauweise“ von Prof. Dr.-Ing. D. Hosser, iBMB der TU Braunschweig
- (10) Becker, Pfau, Tichelmann: "Trockenbau-Atlas", Rudolf Müller Verlag, Köln, 1996
- (11) Becker, Tichelmann: "Holzbau und Brandschutz in Hessen", Informationsdienst Holz, Arbeitsgemeinschaft Holz, Düsseldorf, Juni 1994
- (12) Neue Wege bei Industriebauten in NW (Teil 2), BBauBl. 11/90, S. 648-651
- (13) Gutachten zu den brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile gemäß den betreffenden Verordnungen und Richtlinien; Ing.-Büro Krebs und Kiefer, Darmstadt
- (14) Tichelmann: "Brandwände in Trockenbauweise, Tagungsband zu VdS-Fachtagung, "Baulicher Brandschutz" 31.5.95, Köln
- (15) Wärmeabzugsflächen - Schutzziele, Einsatzbereiche, Zielkonflikte und Materialien; Hagen, Wittbecker; Ernst & Sohn, Bauphysik 17, 1995
- (16) Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen, Baulicher Brandschutz Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin
- (17) Rudolphi, R.: Brandrisiko elektrischer Leitungen und Installationen in Wänden. BAM-Berichte: Nr. 29, Berlin, 1973.
- (18) Lie, T.T.: Contribution of insulation in cavity walls to propagation of fire . DBR/National Research Council Canada (NRCC) 12878, Fire study 29, Ottawa 1972

ANHANG

Entwurf und Beschreibung des Brandversuchshauses

In Anlehnung an das Modellgebäude in Abschnitt 5.6.1 wurde in Zusammenarbeit mit der Fertighausindustrie das Konzept für ein Brandversuchshaus entwickelt, in dem großmaßstäbliche Brandversuche unter praxisingerechten Einbaubedingungen durchgeführt werden sollen.

Wesentliche Zielsetzungen dieser Versuche sind unter anderem:

- die wirklichkeitsnahe Simulation von Bränden in Räumen und Nutzungseinheiten mit realen Brandlasten,
- die vergleichende Überprüfung von unterschiedlichen Konstruktionsvarianten im Hinblick auf die Einhaltung von speziellen Kriterien des Personenschutzes,
- die vergleichende Überprüfung von unterschiedlichen Konstruktionsvarianten im Hinblick auf die Einhaltung von zusätzlichen Kriterien des Sachschutzes.

Um dies zu ermöglichen, sollen in den geplanten vier Geschossen mehrere Nutzungsvarianten verwirklicht werden (vgl. auch Abschnitt 5.6.1), die den folgenden Grundrissen zu entnehmen sind:

- Geschöß I: Gaststätte und Versammlungsraum,
- Geschöß II: Hotelzimmer,
- Geschöß III: Büros und eine kleine Wohnung,
- Geschöß IV: Wohnungen.

Die einzelnen Geschosse sollen durch eine Holztreppe verbunden werden.

Das Gebäude soll in Holztafelbauweise ausgeführt werden. Die Lastabtragung und Horizontalaussteifung erfolgt über die Wand- und Deckenscheiben. Deren hölzerne Rippenkonstruktion wird durch Verbund mit den Beplankungen hinreichend ausgesteift, so daß die Scheibenwirkung im erforderlichen Umfang gewährleistet ist. Außerdem steifen die Beplankungen die Rippen mit verhältnismäßig kleinen Querschnitten gegen Knicken aus.

Die tragenden Wände verlaufen in Längsrichtung des Gebäudes, das auf einer Stahlbeton-Bodenplatte gegründet wird.

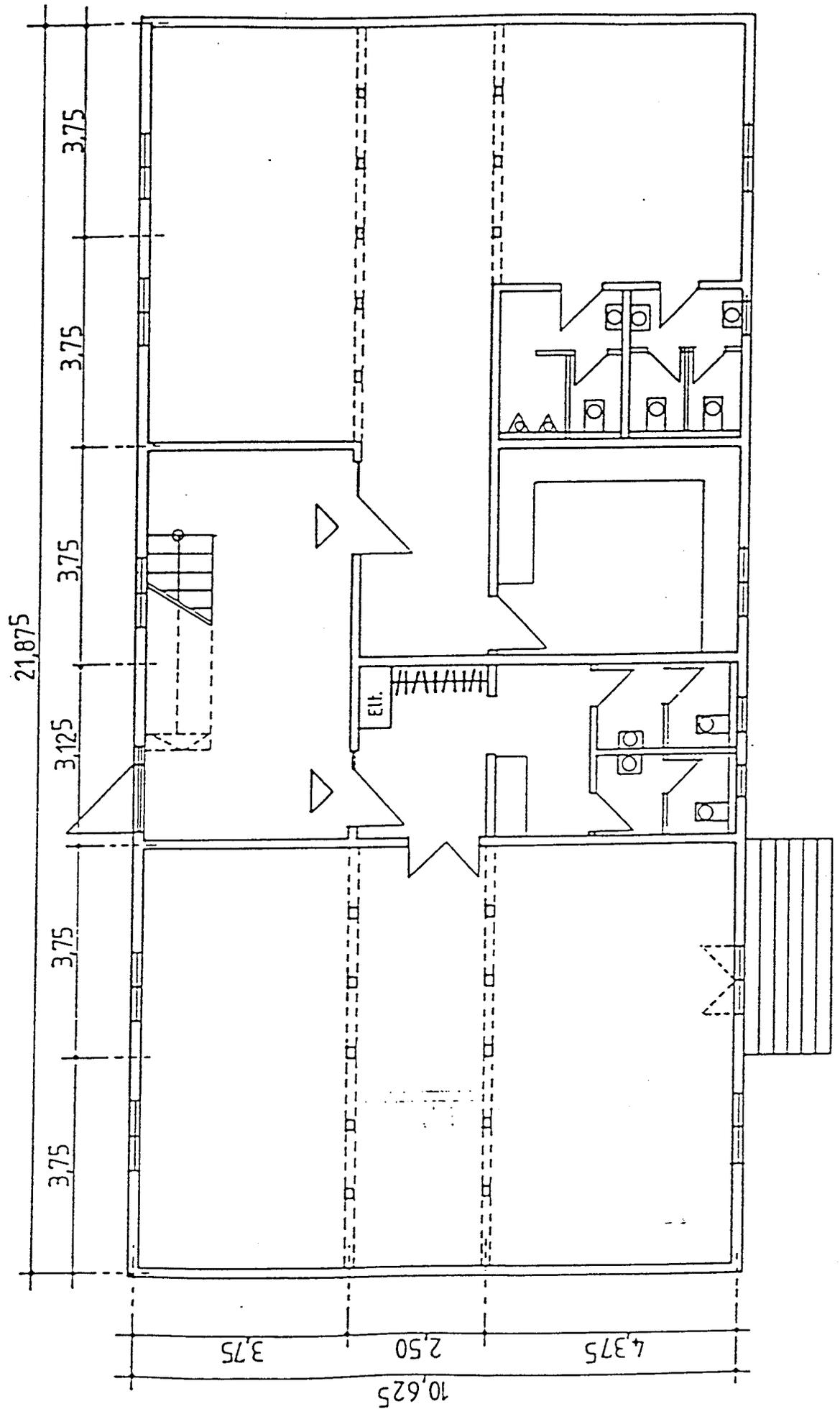
Der Abstand der Ständer und Deckenbalken wird einheitlich zu 62,5 cm gewählt. Die Auswahl der Bauteilaufbauten orientiert sich an marktgängigen Konstruktionen, die ggf. hinsichtlich der zusätzlichen Kriterien optimiert werden. Als Dämmstoffe sollen vorerst nur nichtbrennbare Stoffe verwendet werden.

Folgende Vollholzquerschnitte wurden gewählt:

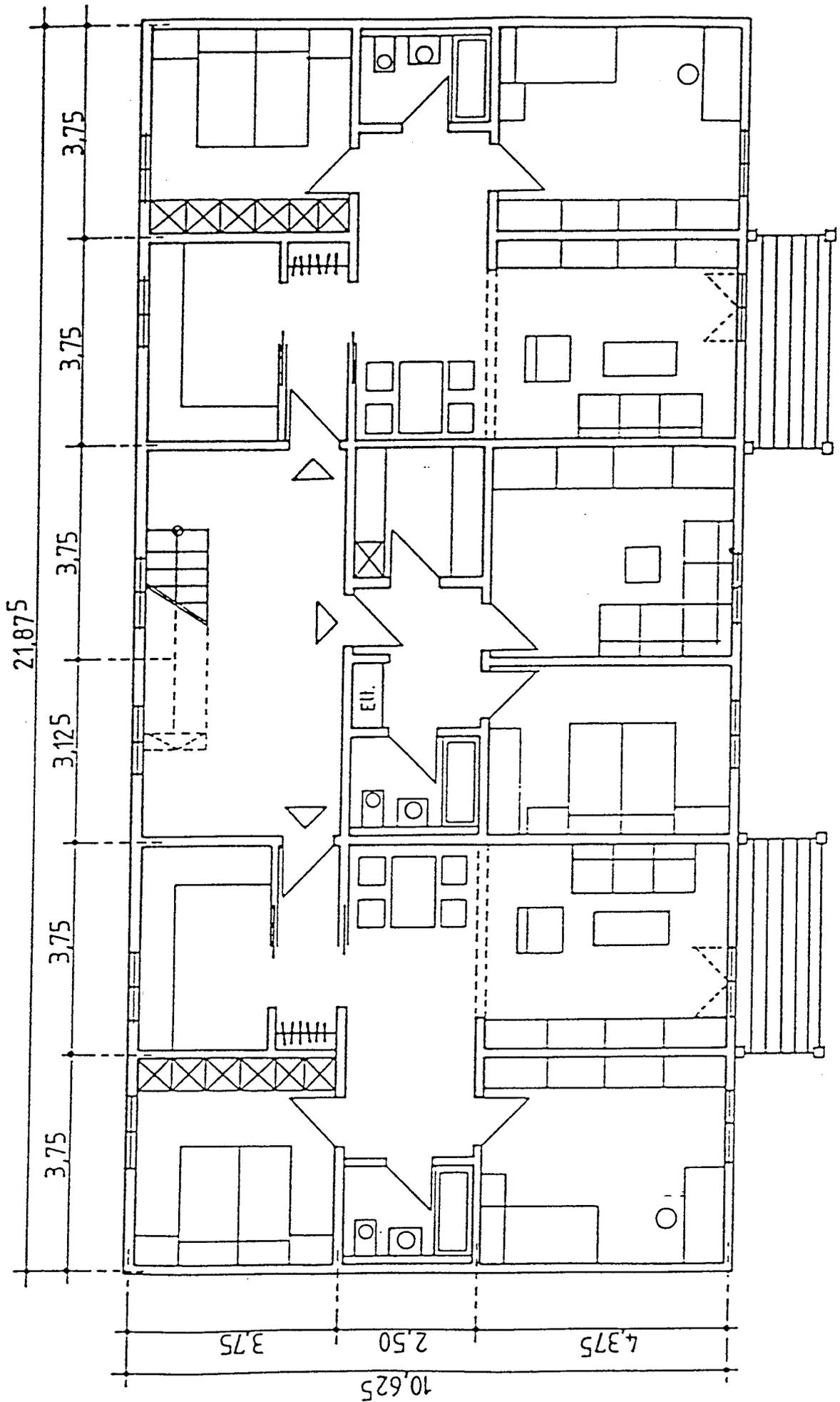
- Deckenbalken 60/240,
- Dachsparren 60/240,
- tragende Innenwände 60/90
- nichttragende Innenwände 60/60.

Die im ersten Schritt vorgesehenen Bauteilaufbauten sind in den nachfolgenden Detailskizzen dargestellt.

Geschoß I: Gaststätte und Versammlungsraum

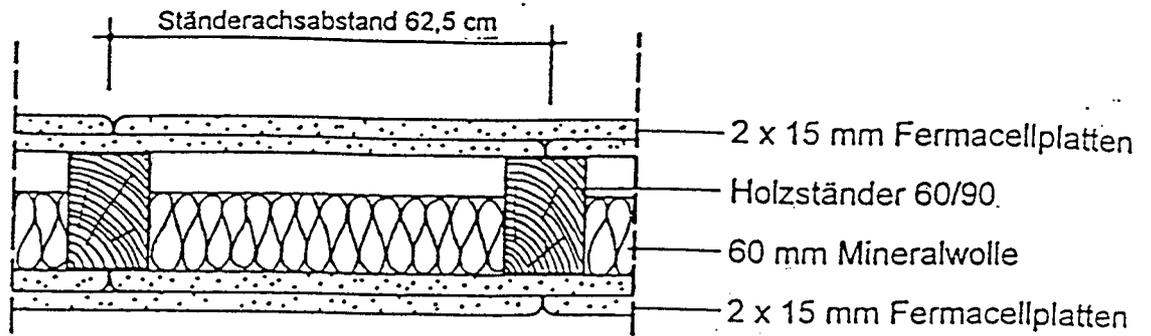


Geschoß IV: Wohnungen

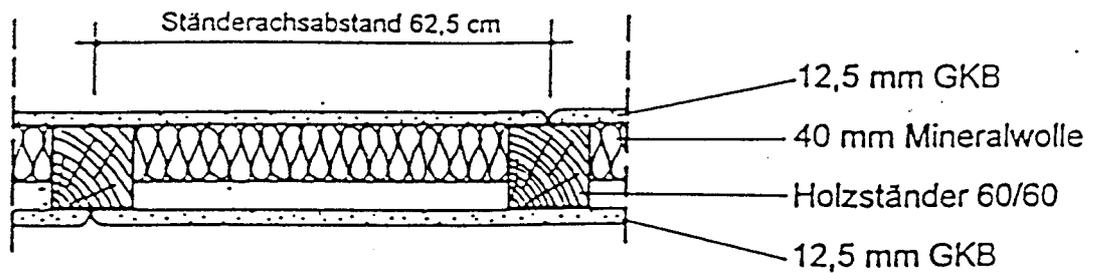


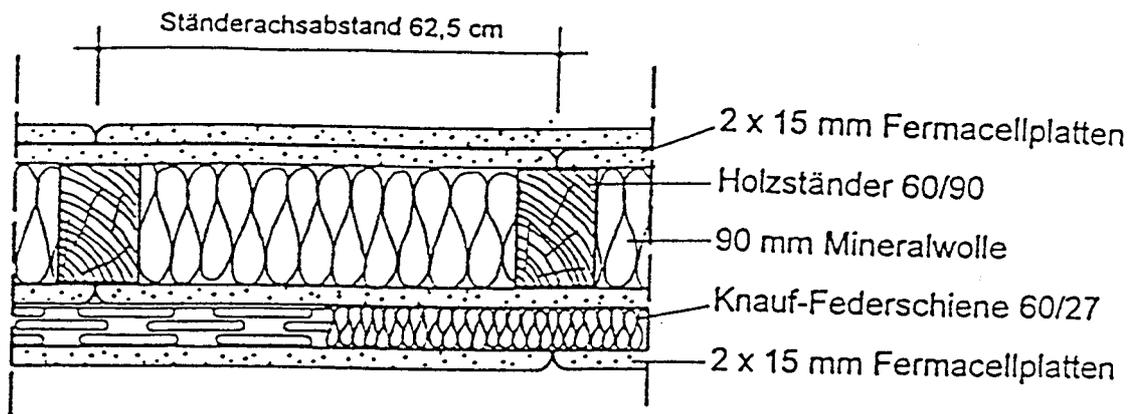
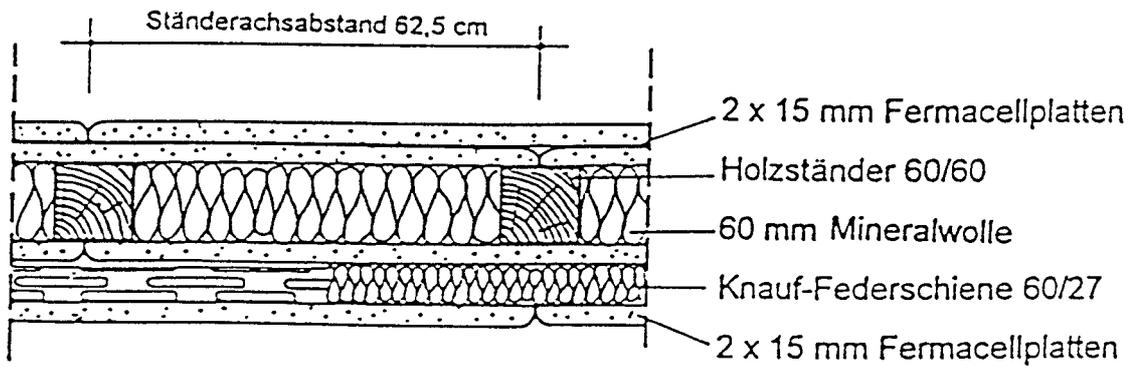
Geschoß II

Typ 1 F 90 tragend (nicht raumabschließend)



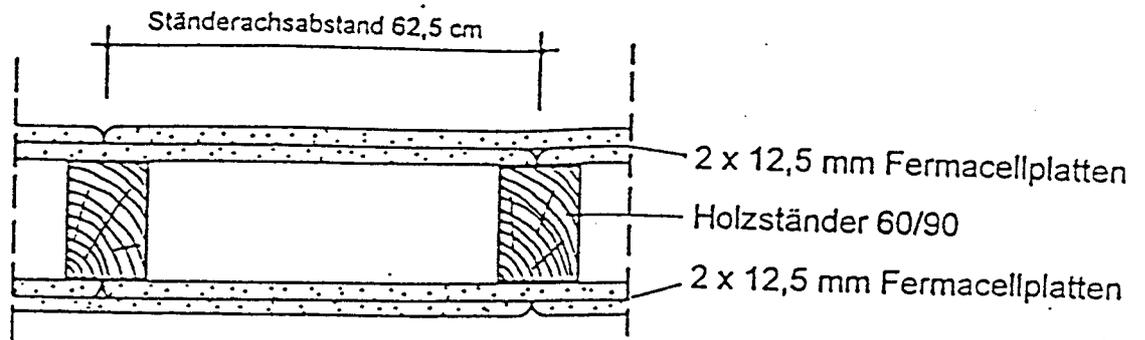
Typ 2 F 30



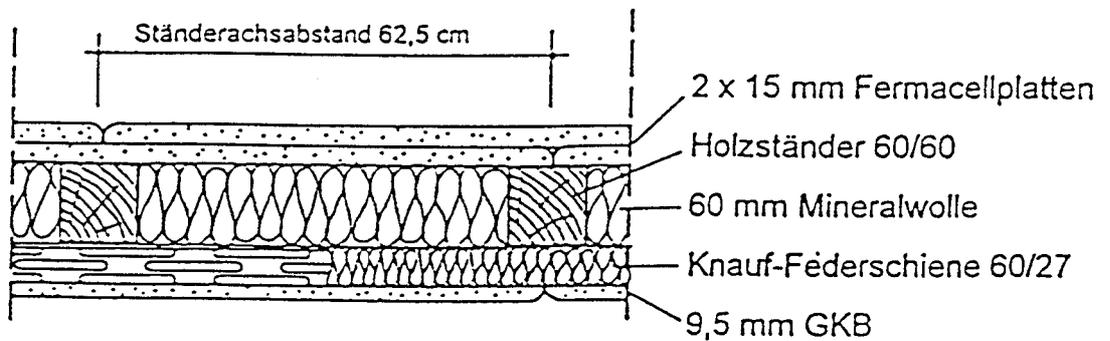
Typ 4 F 90 Treppenhauswand (tragend)**Typ 5 F 90 Treppenhauswand (nicht tragend)**

Geschoß III

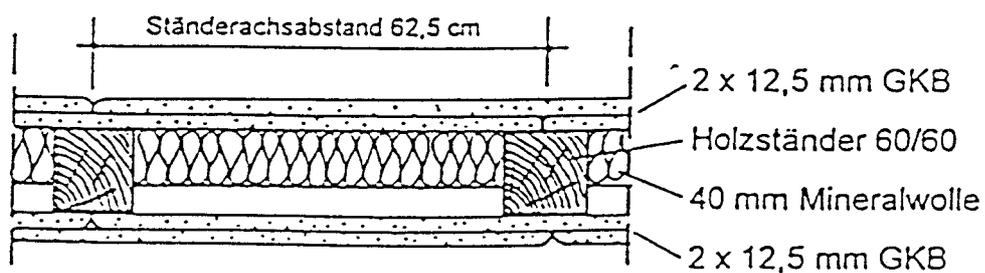
Typ 1 F 60 B tragend, nicht raumabschließend



Typ 2 F 90 B Wohnungstrennwand

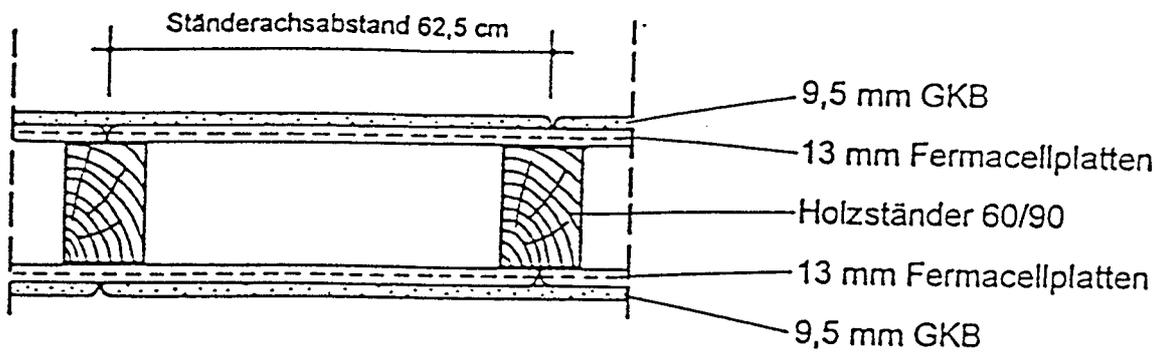


Typ 3 F 60 B nicht tragend

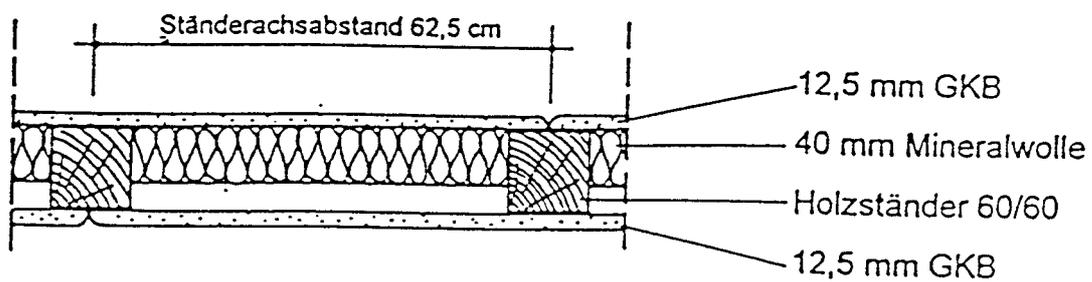


Geschoß IV

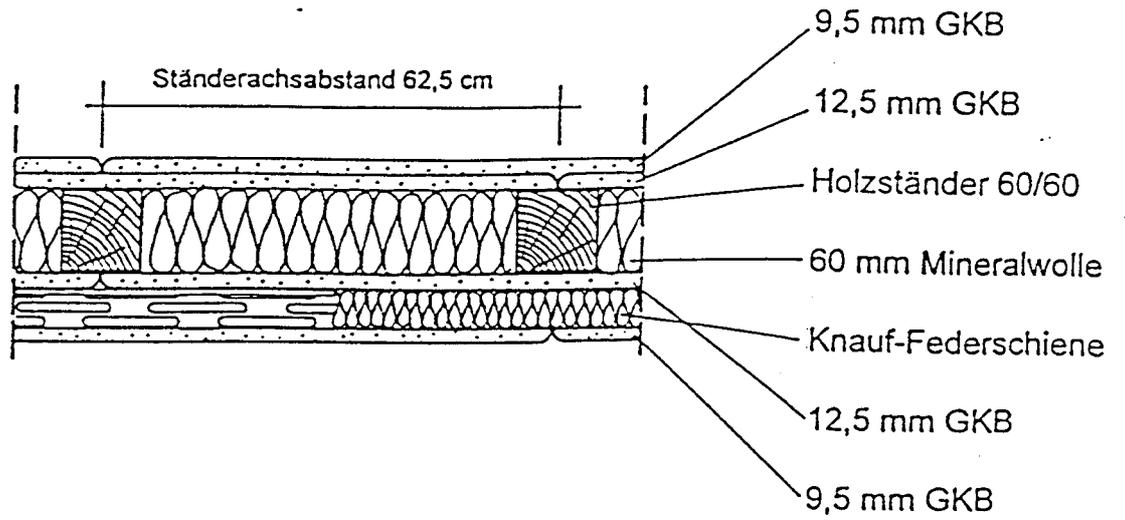
Typ 1 F 30 tragend, nicht raumabschließend



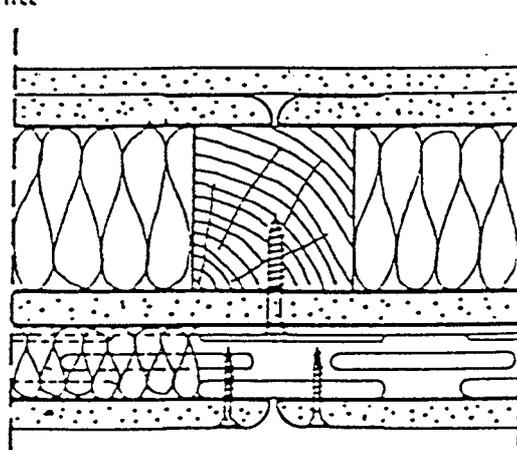
Typ 3 F 30



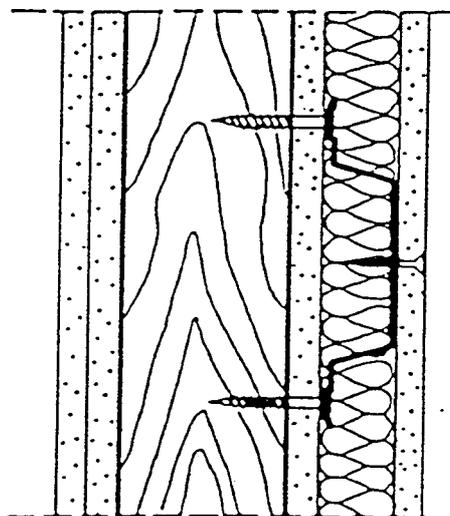
Typ 2 F 30 raumabschließend



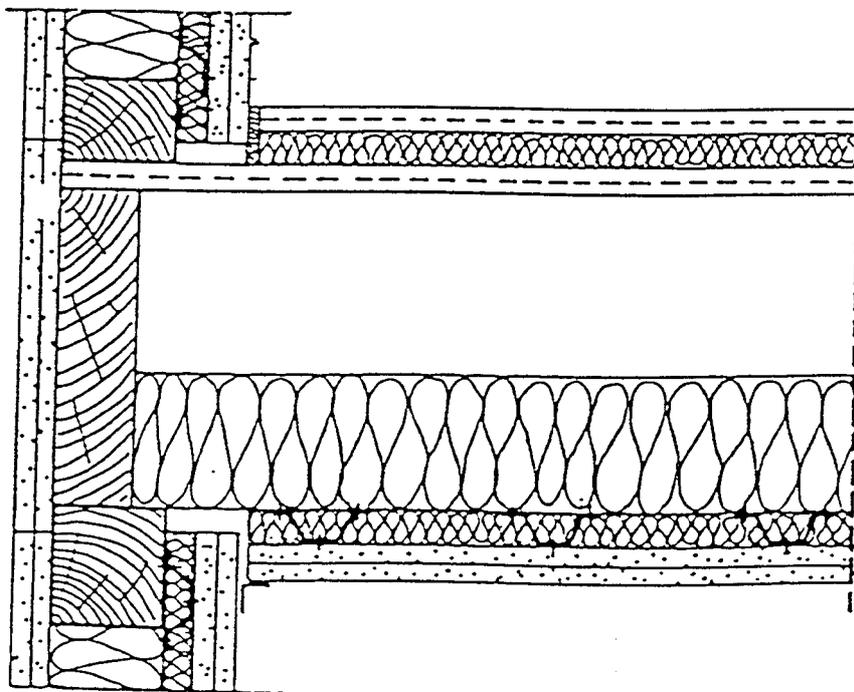
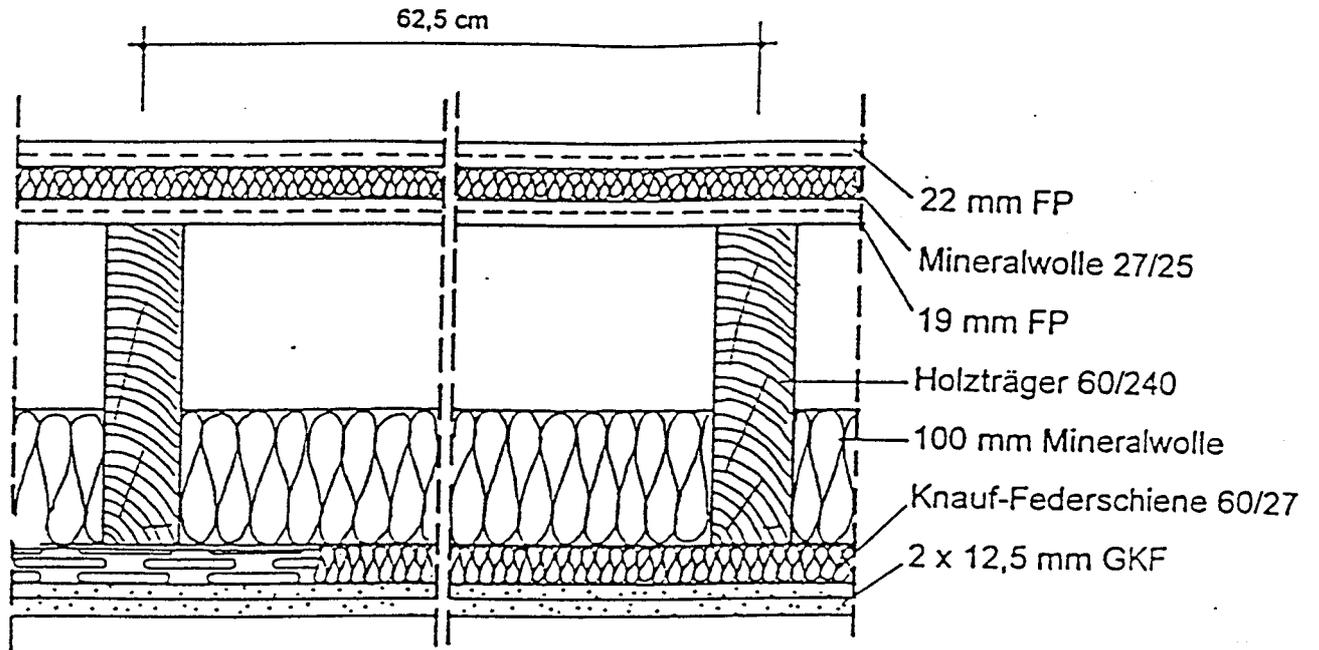
Horizontalschnitt



Vertikalschnitt



Decke zwischen Geschoß III und IV



Decke über Geschoß IV

