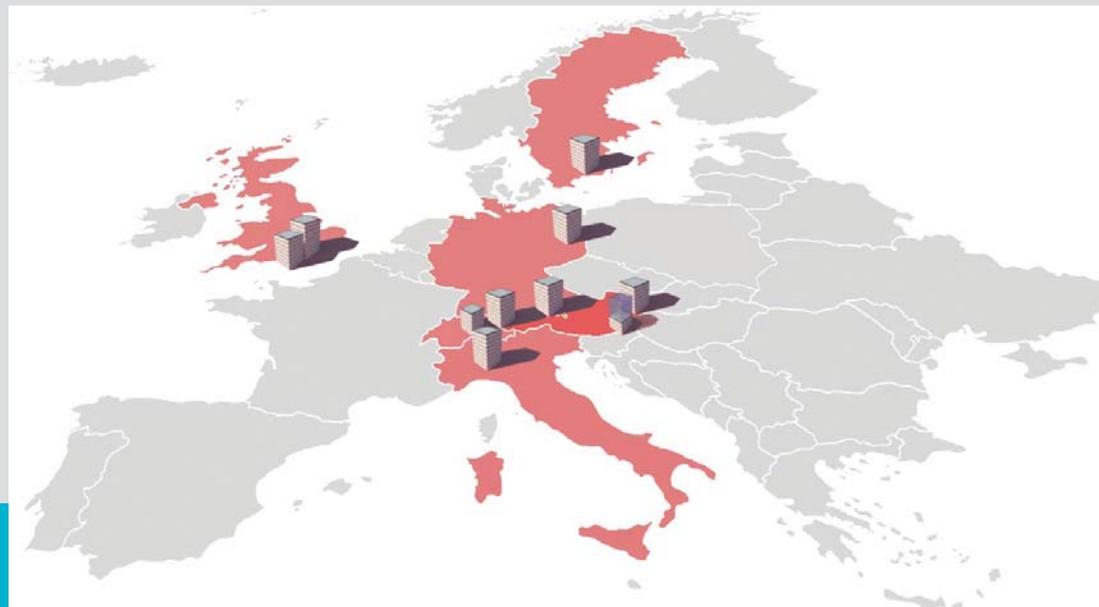


# Brandschutz im mehrgeschossigen Holz-Massivbau

M-4-08/2012



**Andreas Wabl**  
Institut für Holzbau und Holztechnologie  
Technische Universität Graz



# Brandschutz im mehrgeschossigen Holz-Massivbau

Fire safety for multy-storey solid timber constructions

Masterarbeit von

Andreas Wabl, BSc

Eingereicht am  
Institut für Holzbau und Holztechnologie  
Technische Universität Graz

Begutachtung:  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerhard Schickhofer

Betreuer:  
Dipl.-Ing. Andreas Ringhofer

Graz, November 2012

---



*meinen Eltern*



## Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt, und die in den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Andreas Wabl

Graz, November 2012

---



## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bedanken bei all den Menschen, die mich im Zuge dieser Arbeit und auch in meinem Studium begleitet und unterstützt haben.

Allen voran bei meinen Eltern, die meine Entscheidungen während des Studiums immer unterstützt und gefördert haben. Meiner Mutter auch noch dafür, dass sie sich die Zeit nahm und mit mir die Korrekturen durchgestanden hat.

Ein besonderer Dank sei auch an die MitarbeiterInnen des Instituts für Holzbau und Holztechnologie gerichtet, die mich unterstützt und beraten haben, allen voran an meinen betreuenden Professor Dipl.-Ing Dr. techn. Gerhard Schickhofer, der mit der Möglichkeit dieser Arbeit mein Interesse am Holzbau wieder geweckt hat. Seine beispielhafte Initiative, den Holzbau in Graz voranzutreiben und zu stärken, diente auch mir als Inspiration, mich in diese Richtung zu vertiefen.

Auch danke ich meinem persönlichen Betreuer Dipl.-Ing. Andreas Ringhofer, der mir immer sowohl in technischer als auch in freundschaftlicher Weise mit Rat und Tat zur Seite stand.

Natürlich möchte ich auch meiner Schwester, meinem Schwager, meinen anderen Verwandten, Bekannten und guten FreundInnen danken, die mein Leben prägen und hoffentlich auch noch lange ein Teil davon sind.

---



## Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den rechtlichen und konstruktiven Rahmenbedingungen für den mehrgeschossigen Wohnbau in Holz-Massivbauweise. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Thema Brandschutz und wird zudem am Konzeptbeispiel „Timber\_in\_Town“ behandelt.

Die Arbeit erstreckt sich von den Grundlagen des Brandschutzes bis hin zu den aktuellen gesetzlichen Bestimmungen in Österreich, sowie in einigen europäischen Vergleichsländern. Dabei wird auf die notwendigen Anforderungen und verschiedenen gesetzlichen und technischen Grundlagen eingegangen. Auch die Brandschutzproblematik in einigen Ländern und ihre möglichen Ursachen werden angesprochen. In Bezug auf den immer häufigeren Einsatz von Brettsperrholz für den Holz-Massivwohnbau wird zum einen auf den Brandprozess des Materials und zum anderen auf die gängige Berechnungsvariante lt. „Eurocode 5“ eingegangen. Anhand des Baukonzeptes über eine bis zu achtgeschossige Wohnbauanlage in Graz (Timber\_in\_Town) werden mögliche Konstruktionsaufbauten rechnerisch überprüft und aufgelistet.

Ein maßgebender Teil der Arbeit zeigt auch die aktuellen Methoden und Möglichkeiten, die dem modernen Brandschutz zur Verfügung stehen. Dabei werden speziell die Hauptgebiete des technischen (aktiven) Brandschutzes und des baulichen (passiven) Brandschutzes aufgezeigt. Der Schlussteil der Arbeit illustriert und vergleicht eine Reihe moderner Anwendungsbeispiele und Konzepte, die bereits mit bis zu neun Geschossen in die Praxis umgesetzt wurden.



## Abstract

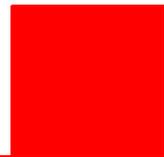
The present work deals with the legal and structural framework for multi-storey solid timber constructions in the field of housing. The focus is on the subject of fire protection and uses the conceptual example "Timber\_In\_Town" to illustrate it.

The work ranges from the basics of fire-safety to the current legal regulations in Austria, and compares it with some European countries. It deals with the necessary requirements, and various legal and technical principles. Furthermore, the fire-safety problems in some countries and the reasons causing them are discussed. With regard to the increasing use of laminated timber for solid wood constructions in the field of housing there is an explanation of the process the material goes through in case of fire and the common method of calculation according to "Euro Code 5". Based on the architectural concept for up to eight storeys high housing facilities in Graz (Timber\_In\_Town) some possible superstructures are checked and listed.

A decisive part of the work also shows the current methods and options available for modern fire protection. In this case, specifically the main areas technical (active) fire protection and structural (passive) fire protection are presented. The final part of the paper illustrates and compares a number of modern examples and concepts that have already been implemented with up to nine storeys into practice.

---





## Die Grundlagen des Brandschutzes

<b>1</b>	<b>Brandverlauf</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Brandschutzformen</b> .....	<b>5</b>
2.1	Passiver Brandschutz .....	6
2.2	Aktiver Brandschutz .....	7
2.3	Organisatorischer Brandschutz .....	8
2.4	Brandschutzkonzepte .....	8
2.5	Kompensationsmaßnahmen .....	9
<b>3</b>	<b>Brandstatistiken</b> .....	<b>13</b>
3.1	Das Brandschutzproblem in Finnland .....	16
3.2	The U.S. fire problem .....	17
3.3	Rauchschäden .....	19
<b>4</b>	<b>Rückschluss</b> .....	<b>20</b>

## Österreichische und internationale Brandschutzregeln

<b>1</b>	<b>Österreichischer Brandschutz</b> .....	<b>22</b>
1.1	Die Baugesetze .....	22
1.2	Normen und Regelwerke .....	24
1.2.1	Normen .....	24
1.2.2	OIB .....	26
1.2.3	TRVB .....	29
<b>2</b>	<b>Internationaler Vergleich</b> .....	<b>30</b>
2.1	Deutschland .....	30
2.1.1	Landesbauordnung der Bundesländer .....	30
2.1.2	Normen und Regelwerke .....	30
2.2	Schweiz .....	33
2.2.1	Die kantonalen Bauordnungen und Baugesetze .....	33

2.2.2	Normen und Regelwerke .....	33
2.3	Schweden .....	36
2.3.1	The National Board of Housing, Building and Planning (Boverket) .....	37
2.4	England .....	38
2.4.1	Local Acts .....	38
2.4.2	National Acts .....	38
2.4.3	National Building Regulations .....	39
2.5	Italien .....	44
2.6	Zusammenfassung .....	45

## Verhalten von Brettsperrholz im Brandfall

<b>1</b>	<b>Brandvoraussetzungen .....</b>	<b>48</b>
1.1	Stoffliche Voraussetzungen .....	48
1.2	Energetische Voraussetzungen .....	48
1.3	Brandphasen .....	49
1.4	Brandmodelle .....	50
1.4.1	Nominelle Temperaturzeitkurven .....	50
1.4.2	Naturbrandmodelle .....	51
<b>2</b>	<b>Brandverhalten von Holzwerkstoffen .....</b>	<b>53</b>
2.1	Brettsperrholz .....	55
2.2	Klebstoff .....	55
2.3	Verbindungsmitel .....	56
<b>3</b>	<b>Klassifizierung und ihre Bedeutung .....</b>	<b>58</b>
3.1	Charakteristische Eigenschaften zum Feuerwiderstand .....	58
3.2	Brennbarkeitsklassen .....	61

## Rechnerischer Brandschutz

<b>1</b>	<b>Grundlegendes .....</b>	<b>66</b>
<b>2</b>	<b>Berechnung gemäß ÖNORM EN 1995-1-2 .....</b>	<b>66</b>
2.1	Allgemeine Begriffe .....	66
2.2	Methode mit reduziertem Querschnitt .....	68
2.3	Methode mit reduzierten Eigenschaften .....	71

2.4	Nachweis .....	72
2.5	Geschützte Bauteile .....	72
<b>3</b>	<b>Brandsimulationen .....</b>	<b>73</b>
3.1	Allgemein .....	73
3.2	Brandsimulation von Brettsperrholz.....	74
<b>4</b>	<b>Berechnungsbeispiele .....</b>	<b>76</b>
4.1	Aufbautenliste .....	76
4.2	Lastermittlung.....	77
4.2.1	ständige Lasten .....	78
4.2.2	veränderliche Lasten .....	78
4.2.3	statisches System .....	79
4.2.4	Einwirkungen auf die maßgebenden Bauteile .....	80
4.3	Bemessungsschnittgrößen .....	81
4.3.1	Grundkombination .....	81
4.3.2	Außergewöhnliche Einwirkungskombination .....	83
4.4	Bemessungskenngrößen .....	83
4.5	Berechnungsbeispiele.....	84
4.5.1	Beispiel 1 .....	84
4.5.2	Beispiel 2 .....	86
4.6	Übersicht Ergebnisse .....	89

## Baulicher und technischer Brandschutz

<b>1</b>	<b>Technischer Brandschutz.....</b>	<b>92</b>
1.1	Brandmelder .....	92
1.1.1	Automatische Brandmelder .....	92
1.1.2	Nichtautomatische Brandmelder (Druckknopfmelder) .....	96
1.2	Brandmeldeanlagen (BMA).....	97
1.3	Löschanlagen .....	101
1.3.1	Wasserlöschanlagen .....	101
1.3.2	Gas-Löschanlagen .....	104
1.3.3	Speziallöschanlagen .....	105
1.4	Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA).....	106
1.4.1	Brandrauchabsauganlage (BRA) .....	108
1.4.2	Rauchverdünnungsanlagen (RVA) .....	108
1.4.3	Druckbelüftungsanlagen (DBA) .....	109

<b>2</b>	<b>Baulicher Brandschutz .....</b>	<b>110</b>
2.1	Brandschutzbekleidungen .....	111
2.1.1	Allgemeines .....	111
2.1.2	Fugenausbildung .....	112
2.1.3	Nutzen der Kapselung .....	112
2.1.4	Gipsplatten .....	113
2.1.5	Fire Retardant Treated Wood (brandhemmend behandeltes Holz) .....	115
2.1.6	Prüfung von Brandschutzbekleidung lt. EN 13501-2 .....	118
2.2	Brandbarrieren .....	118
2.2.1	Allgemeines .....	118
2.2.2	Fassaden .....	119
2.2.3	Decken .....	121
2.2.4	Schächte und Leitungen .....	123
2.3	Brandversuch von bekleideten und unbekleideten Brettsperrholzplatten .....	124
2.4	Dämmung .....	126
2.5	Brandschutzverglasung.....	129
<b>3</b>	<b>Weitere brandschutztechnische Einrichtungen .....</b>	<b>131</b>
3.1	Einleitung.....	131
3.2	Steigleitungen .....	131
3.2.1	Nasse Steigleitung .....	131
3.2.2	Trockene Steigleitung .....	131
3.3	Feststellanlagen für Brandschutz- und Rauchabschlüsse .....	131
3.4	Brandabschottungen.....	132
3.5	Sauerstoffreduktionsanlagen.....	132
3.6	Blitzschutzanlagen .....	132
3.7	Schlüsselbox und Schlüsselsafe .....	132

## Anwendungsbeispiele

<b>1</b>	<b>Beispiele für den mehrgeschossigen Holzwohnbau.....</b>	<b>135</b>
1.1	massive_living .....	135
1.2	Steinhausen .....	139
1.3	Wagramer Straße .....	143
1.4	E3 .....	145
1.5	Limnologen.....	147

1.6	Bridport House .....	151
1.7	Bad Aibling .....	155
1.8	LCT-ONE.....	159
1.9	Stadthaus, 24 Murray Grove .....	161
1.10	Via Cenni.....	163
1.11	Life Cycle Tower .....	167
1.12	„Tall Wood“ Machbarkeitsstudie eines 30 Geschossers .....	169
1.13	„Timber_in_Town“ oder „Wohnen am Fluss“ .....	173
1.13.1	Brandschutzkonzept .....	174
1.13.2	Beurteilung des Konzeptes .....	175
1.14	Zusammenfassung.....	177

## Literaturverzeichnis

## Abbildungsverzeichnis

## Tabellenverzeichnis



# Die Grundlagen des Brandschutzes

Es gibt viele Möglichkeiten und Ansätze, mit dem Thema Brandschutz umzugehen. Aktive, die auf einen Brand reagieren, passive, die die Brandresistenz erhöhen und Organisatorische, welche sich mit dem Verhalten und dem Bewusstsein der Gebäudenutzer auseinandersetzen.

Im folgenden Kapitel werden diese unterschiedlichen Arten zur Brandbekämpfung und Vermeidung beschrieben und es wird versucht, ein Bild von der heutigen Situation und den bestehenden Problemen zu vermitteln.

Mit Hilfe von Brandstatistiken und Berichten soll ein Verständnis für die Schwachstellen und Verbesserungsmöglichkeiten des aktuellen Standards geschaffen werden.

# 1 Brandverlauf

[8],[78]

Zuerst ein Einblick in den Verlauf eines Gebäudebrandes. Natürlich gleicht kein Brand dem anderen, aber die Mehrzahl der Brandverläufe in Gebäuden folgt einem gewissen Schema. Für die Brandentstehung ist vorerst eine der vier folgenden Möglichkeiten verantwortlich.

Brandursachen: [8]

- natürliche Brandursachen

Das sind jene Ursachen, die ohne Zutun von Menschen oder Tieren zustande kommen. Dazu gehören im wesentlichen Naturerscheinungen wie z.B.: Blitzschlag.

- Selbstentzündung

Selbstentzündung kann verschiedene Gründe haben. Die häufigste bildet dabei die Ansammlung von großen Mengen an brennbarem organischen Material (z.B. Heu, Kohle, Mehl), ohne ausreichende Durchlüftung. In diesen Materialien können verschiedene Vorgänge eine Selbstentzündung verursachen. Weiters gibt es noch die chemische Selbstentzündung von pyrophoren Stoffen, oder die Selbstentzündung in sauerstoffreicher Atmosphäre.

- technische Brandursachen

Eine sehr häufige Ursache für Gebäudebrände. Eine Funktionsstörung oder ein Kurzschluss in einem technischen Gerät ist für die Entstehung verantwortlich. Solche Vorfälle können durch Überbeanspruchung von Geräten aber auch spontan ohne Auslösen durch Mensch oder Tier erfolgen.

- Brandstiftung

Unter Brandstiftung versteht man das fahrlässige oder vorsätzliche Entzünden von Gegenständen. Typische Fälle von fahrlässigem Verhalten sind z.B. unausgedämpfte Zigaretten, nicht erlaubte Lagerfeuer oder unbeaufsichtigte Kerzen. Eine Gefahr kann aber auch von Haustieren oder Kindern ausgehen, die sich den Folgen ihrer Handlungen nicht bewusst sind. Eine Straftat und besonders gefährlich ist die vorsätzliche Brandstiftung. Sie kann die schlimmsten Folgen haben, da gewisse Faktoren wie die Früherkennung oder der Entstehungsbrand ausbleiben können.

Falls es sich nicht um eine besondere Form der Brandentstehung handelt, kann man für den Brandverlauf grob von zwei Stufen ausgehen, dem Entstehungsbrand und dem darauf folgenden Vollbrand. Beim Entstehungsbrand kommt es vor allem auf den Gebäudeinhalt, meist die Einrichtung an. Sie hat wesentlichen Anteil daran, wie leicht ein Brand verursacht werden kann und wie schnell er sich ausbreitet. Die Raumverkleidungen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle, speziell bei den Fluchtwegen. Ungleich der Einrichtung gibt es für Verkleidungen genaue Auflagen in den Normen und Richtlinien (ÖNORM EN 13501-2, OIB-Richtlinie 2).

Im Vollbrand kommen dann maßgeblich die Widerstände der tragenden Bauteile und die Effizienz der Brandabschnitte zum Tragen. Was den Holzbau betrifft kann man von einer hohen Belastbarkeit der Tragstruktur im Brandfall ausgehen, problematisch sind aber die brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen.

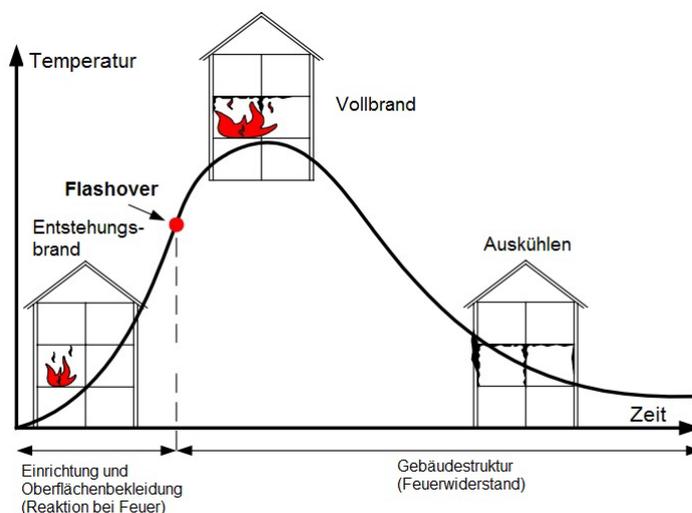


Abb. 1.1 Brandverlauf, aus [8]

Um die Brandthematik für Bauwerke und Materialien zu vereinheitlichen und den Abbrand theoretisch behandeln zu können, wurden bereits zahlreiche Brandkurven erstellt und untersucht. Sie repräsentieren den voll entwickelten Brand (Stufe 2), das bedeutet, dass die Entstehungsphase, mit ihren unterschiedlichen zeitlichen Entwicklungen, nicht erfasst wird.

Die am häufigsten verwendete Feuerkurve ist die ISO 834 „Standard Feuerkurve“, die auch in der EN 13501 zur Anwendung kommt.

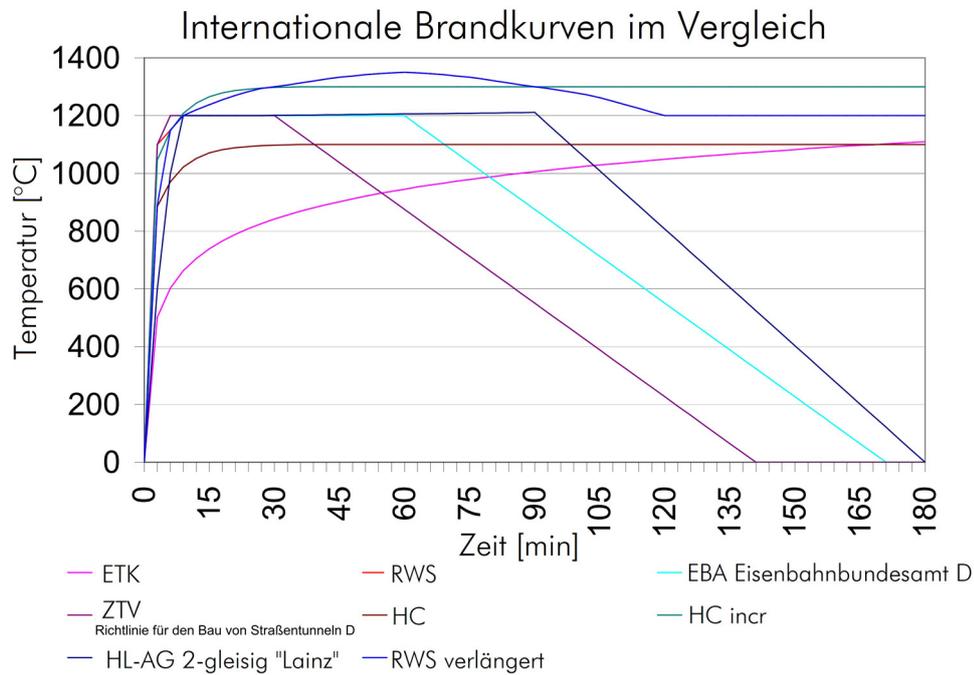


Abb. 1.2 Vergleich internationaler Brandkurven, nach [115]

Wie in Abb. 1.2 ersichtlich ist, gibt es verschiedene Brandkurven für verschiedene Einsatzbereiche und Länder. Die ETK (Einheits-Temperatur-Kurve) stellt einen im Vergleich langsamen Temperaturanstieg dar, der aber im Gegensatz zu anderen Kurven, den späteren Rückgang des Feuers nicht beschreibt. In der ÖNORM EN 1991-1-2 Abschnitt 3.2 werden drei Arten von Temperaturkurven näher beschrieben. Darunter die Einheits-Temperaturzeit-Kurve, die Außenbrandkurve und die Hydrokarbonbrandkurve.[78]

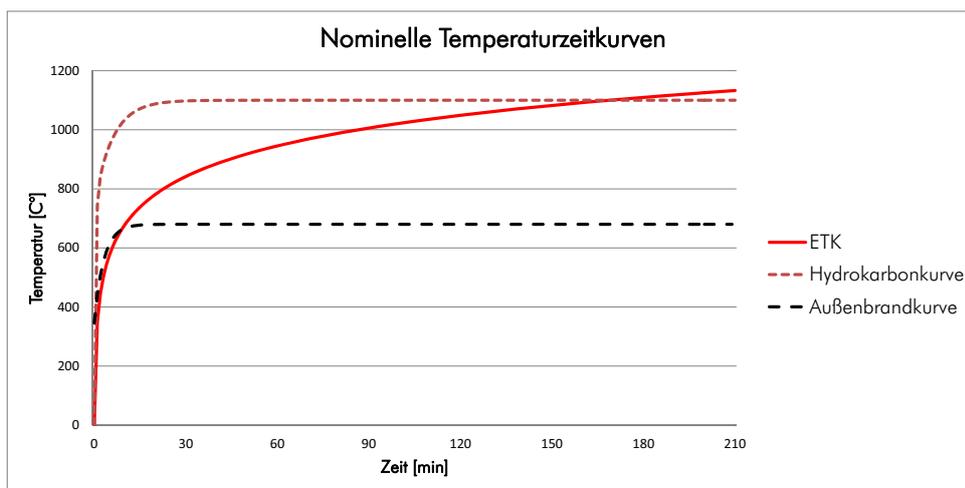


Abb. 1.3 angewandte Temperaturkurven der EN 1991-1-1, nach [78]

## 2 Brandschutzformen

[1]

Feuer stellt eine der wichtigsten Größen dar, die unser tägliches Leben bestimmen. Wir nutzen es zur Heizung, in verschiedensten Produktionsprozessen, oder zur Entspannung in Form von Kerzenlicht. Doch manchmal, oft durch Unachtsamkeit, gerät Feuer außer Kontrolle und gefährdet uns und unsere Umgebung. Wenn das der Fall ist, kommt das Thema Brandschutz ins Spiel.

Die grundlegenden Anforderungen an den Brandschutz im Brandfall lauten (nach Wichtigkeit geordnet):

- Die Nutzer von Gebäuden sollten in der Lage sein, das Gebäude rechtzeitig zu verlassen oder gerettet zu werden.
- Die Sicherheit von Einsatzkräften soll gewährleistet sein.
- Die tragenden Bauteile halten dem Brand für eine bestimmte Mindestdauer stand, ohne ihre Tragfähigkeit zu verlieren.
- Die Entstehung und Ausbreitung von Rauch soll auf ein Minimum reduziert werden.
- Die Ausbreitung des Feuers auf andere Brandabschnitte oder Nachbargebäude soll verhindert werden.

Man kann die Aufgaben des Brandschutzes in drei Hauptgruppen einteilen:

- Schutz von Leben
  - Sicherheit der Gebäudenutzer (Mensch und Tier)
  - Sicherheit der Einsatzkräfte
- Schadensregulierung
  - Schutz der Gebäudestruktur
  - Inhalt des Gebäudes
  - Schutz von Nachbargebäuden
  - ungestörter Verkehr
- Umweltschutz
  - die Freisetzung von giftigen Gasen

In abgewandelter Form ist zumindest der erste Punkt - Schutz von Leben - die Grundaufgabe von Brandschutz in allen Richtlinien und Gesetzen der einzelnen Länder. Ob die getroffenen Maßnahmen dem Zweck entsprechen und ausreichend sind, hat in den in Kapitel 2 betrachteten Ländern, letztendlich immer die verantwortliche Behörde zu entscheiden.

Die drei Basisgrößen für einen erfolgreichen Brandschutz sind:

- passiver (baulicher) Brandschutz
- aktiver (technischer) Brandschutz
- organisatorischer Brandschutz

## 2.1 Passiver Brandschutz

Die grundlegendste Form des Brandschutzes stellt der passive oder auch bauliche Brandschutz dar. Er greift lediglich auf die Beschaffenheit des Gebäudes und seine Struktur zurück, und bedient sich der Brandwiderstände der einzelnen Materialien. Die wesentlichen damit verbundenen Aspekte sind die Dauer, die eine Konstruktion unter Brandeinwirkung standhält (Stabilität), die Fähigkeit, die Wärme möglichst lange von der Feuer abgewandten Seite fernzuhalten (Wärmedämmung) und die Verbreitung giftiger Gase einzuschränken (Widerstandsvermögen).

Neben Brandtests gewinnt die rechnerische Methode lt. „EN 1995-1-2 Eurocode 5“ immer mehr an Bedeutung, um das Verhalten von Aufbauten und Materialien beim Abbrand zu bestimmen. Mehr dazu in Kapitel 4.

Zusammengefasst gehören zum passiven Brandschutz:

- das Verhindern der Ausbreitung von Hitze und Gasen
- die Unterteilung in Brandabschnitte
- die Brennbarkeit und der Brandwiderstand
- die Bereitstellung von Fluchtwegen
- die Stabilität des Gebäudes
- die Beschränkung des Feuers

## 2. 2 Aktiver Brandschutz

Der aktive oder auch technische Brandschutz befasst sich mit Anlagen, die beim Ausbruch eines Brandes dementsprechend reagieren. Dazu zählt das Eindämmen des Brandes durch Löschanlagen oder Handfeuerlöcher, eine rasche Brandmeldung, kontrollierte Belüftungsanlagen und das automatische Schließen von Brandabschnitten. In größeren, oder solchen mit spezieller Nutzung oft unverzichtbar, wird man in kleineren Gebäudeklassen auf Grund der Kosten und des Aufwandes versuchen, den Einsatz von technischen Brandschutzanlagen zu minimieren. Eine aktive Brandschutzanlage bedeutet höhere Baukosten und einen zusätzlichen Wartungs- und Informationsaufwand für die spätere Nutzung.

In Nordamerika gang und gäbe, stellen Löschanlagen in Österreich noch eher die Ausnahme dar. Dies ist vor allem im Wohnbereich mit der Befürchtung der unsachgemäßen Handhabung oder Manipulation durch die Bewohner verbunden. Der hierzulande eher seltene Gebrauch von Löschanlagen sollte aber nicht zu einer negativen Einstellung ihnen gegenüber führen. Es gilt jedoch, sich den Einsatz gut zu überlegen und auch alle notwendigen Schritte zu bedenken.

Brandmelder, ob private Rauchmelder oder vollautomatische Brandmeldeanlagen, stellen nach der strukturellen Integrität des Gebäudes einen, wenn nicht sogar den wichtigsten Faktor zur Rettung von Menschenleben dar. Ein rasches Bewusstsein über die Gefahr gibt den Bewohnern genügend Zeit zur Flucht oder für eventuelle Löschversuche. Bettlägerige Menschen und Kleinkinder können zwar nicht selbst auf den Alarm reagieren, eine rechtzeitige Rettung ist aber auch hier von einer raschen Verständigung der Bewohner und Rettungskräfte abhängig.

Zusammengefasst gehören zum aktiven Brandschutz:

- die rechtzeitige Alarmierung (akustisch, visuell)
- eine automatische Branderkennung
- das Lokalisieren der Brandstelle
- druckanlagen im Fluchtwegbereich
- das automatische Schließen von Brandabschnitten
- das kontrollierte Öffnen von Fluchtwegen
- der Einsatz von Löschsystemen

## 2.3 Organisatorischer Brandschutz

Der letzte, aber nicht minder wichtige Part eines erfolgreichen Brandschutzes ist der organisatorische Brandschutz. Er befasst sich mit der Koordinierung von Bewohnern und Einsatzkräften im Brandfall. Kurze, gut gekennzeichnete Fluchtwege und Brandschutzpläne gehören zu den Grundlagen des organisatorischen Brandschutzes.

Ein rascher Zugriff auf Informationen für Bewohner und Rettungskräfte kann Zeit sparen und dadurch oft Leben retten.

## 2.4 Brandschutzkonzepte

[77],[79]

Brandschutzkonzepte gehören zum Standard bei komplexen Bauten (Verkaufsstätten, Betriebsbauten, Parkdecks, Garagensonderformen) und bei Gebäuden, die von den Richtlinien abweichen. Es gilt zu unterscheiden zwischen einer brandschutztechnischen Beschreibung in der Form eines Befundes über die getroffenen Maßnahmen und einem Konzept, das sich mit einer ganzheitlichen brandschutztechnischen Lösung für ein Projekt befasst.

Brandschutzkonzepte enthalten in jedem Fall ein Minimum an Information, was die Erfüllung der gesetzlichen Auflagen und die getroffenen Maßnahmen betrifft. Weiters beschreiben und bekräftigen sie aber auch - und dies ist oft bei Holzbauten der Fall - eine spezielle projektspezifische Lösung.

Dabei geht es meist um Kompensationsmaßnahmen, die den Einsatz von Holz in dieser Form überhaupt erst ermöglichen und um eine schlüssige Darlegung, dass das verlangte Schutzniveau erfüllt wird.

Die OIB (siehe Kapitel 2) bietet einen Leitfaden, der sich mit der Erstellung von Brandschutzkonzepten befasst.

Um ein Konzept zu erstellen und zu bekräftigen, kann man sich folgender Mittel bedienen[79]:

- Analogieschlüsse aus bestehenden Regelwerken (Gesetze, Normen und Richtlinien, Verordnungen)
- Gutachten
- Methoden aus dem Brandschutzingenieurwesen

Demnach kann ein Standard-Brandschutzkonzept auf der schlüssigen Verwendung von Regelwerken, Normen und Richtlinien basieren. Ein konkretisiertes Konzept mit Methoden des Brandschutzingenieurwesens bedient sich unter anderem der Hilfsmittel [79]:

- Brandsimulationen und Brandmodelle

- Brand- und Rauchversuche
- Beurteilung des Brandverhaltens von Tragwerken und Bauteilen
- Personenstromanalysen

Typische Ansätze, um das Brandschutzkonzept zu verbessern:

- einfache Fluchtwegstruktur und Einsatzplan für die Feuerwehr
- Der Einsatz von Fertigteilen bzw. Standarddetails reduziert die Einzellösungen. Dadurch werden schwer auszuführende und schwer kontrollierbare Arbeiten vermieden.
- Bemessung von nicht gekapselten Bauteilen auf einen Abbrand von 90 Minuten
- der Einsatz von Trennwänden und Decken, Böden und Flurtrennwänden aus mineralischen Baustoffen
- anlagentechnische Anschlüsse möglichst an nicht brennbare Baustoffe koppeln
- bei nicht gekapselten Holzmaterialien eine offene Verlegung anstreben
- Hohlräume vermeiden
- Verhindern der Brandübertragung von Geschoss zu Geschoss mithilfe einer nicht brennbaren Trennschicht.
- eine Zoneneinteilung in einen gekapselten Bereich, in dem sich die Rettungswege und die für die Feuerwehr relevanten Bereiche befinden, und in einen Bereich mit sichtbaren Holzelementen für die Gebäudenutzung.

Eine Zusammenfassung einiger Beispiele für Brandschutzkonzepte bietet der Informationsdienst Holz mit der Publikation „Spezial: Brandschutzkonzepte für mehrgeschossige Gebäude und Aufstockungen in Holzbauweise, Dezember 2005“ [17]. In dem dort enthaltenen Kapitel 8 befinden sich Konzepte für Aufstockungen und Gebäude aus Holz mit bis zu 6 Geschossen.

## 2.5 Kompensationsmaßnahmen

Sobald Abweichungen von den Richtlinien entstehen, sind Kompensationsmaßnahmen erforderlich. Bei kleineren Abweichungen reicht oft eine Beschreibung der getroffenen Maßnahmen. Falls es sich aber um größere Abweichungen handelt oder ein Brandschutzkonzept ohnehin erforderlich wird, müssen diese wie zuvor beschrieben, ausreichend bekräftigt und schlüssig erklärt werden.

Auf den folgenden Seiten findet sich eine Liste mit Kompensationsmaßnahmen des Bundes (Deutsches Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung). Darauf sind grob einige häufige Abweichungen beschrieben und welche Lösungsansätze zur Anwendung kommen können. [10]

Bauteil	Schutzziele	Materielle Anforderungen		Abweichung	Kompensation
Tragende Konstruktion	Schutz von Leben und Gesundheit, wirksame Löscharbeiten	Tragfähigkeit F 30 oder F 90-AB		Feuerwiderstand nicht erreicht	Brandfrüherkennung, Wärmeabzug, automatische Löschanlage, Bekleidungen, Feuerschutzanstrich
Trennwände	Vorbeugung gegen Ausbreitung von Feuer und Rauch	Raumabschottung F 30 oder F 90-AB		Feuerwiderstand nicht erreicht	Brandfrüherkennung, automatische Löschanlage, Bekleidungen, Feuerschutzanstrich
Gebäude-trennwand	Vorbeugung gegen Ausbreitung von Feuer und Rauch	Abschnitte auf maximal 40 x 40 m bzw. 1.600 m <sup>2</sup> begrenzen – Brandwand bzw. gemäß Industriebau-Richtlinien		Überschreitung der zulässigen Brandabschnittsgröße	Brandfrüherkennung, automatische Löschanlage
Brandwand	Vorbeugung gegen Ausbreitung von Feuer und Rauch	Brandabschnitte bilden durch BW	F 90-A mit erhöhter Anforderung an die Stand-sicherheit	Feuerwiderstand nicht erreicht	Brandfrüherkennung, automatische Löschanlage
				BW von brennbaren Materialien überlaufen BW nicht über Dach geführt	Ersetzen der brennbaren Materialien im Bereich der Brandwand Dach beidseitig der Brandwand in 1 m Breite F 90 verkleiden, nicht brennbare Dämmung im Bereich der Brandwand
Gebäude-abschlusswand	Nachbarschutz/ Vorbeugung gegen Ausbreitung von Feuer und Rauch	kein Brandüberschlag	F 90-A oder Brandwand	Feuerwiderstand nicht erfüllt, Öffnungen vorhanden	Abstand vergrößern, speziell zugelassene Materialien zur Abschottung verwenden
Decken	Vorbeugung gegen Ausbreitung von Feuer und Rauch	horizontaler Brandabschnitt	F 30 oder F 90	Atriumbauweise	Brandfrüherkennung, automatische Löschanlage, Entrauchung
Dächer	Eigenschutz	kein Feuerüberschlag	5 m-Bereich von Anbauten in F 90/F 30	Feuerwiderstand nicht erfüllt	Brandfrüherkennung mit Alarmweiterleitung im gefährdeten Bereich Dach im 5 m-Bereich unterseitig verkleiden
Treppen	Schutz von Leben und Gesundheit	Eigenrettung Fluchtwege sichern, An-griffswege und Rettungswege für die Feuerwehr sichern	objektbezogen nach Höhe und Nutzung – B2, A-Baustoffe, F 90-A	Anforderung an Brennbarkeit oder Feuerwiderstand nicht erfüllt	zusätzlicher zweiter baulicher Rettungsweg, Feuerschutzanstrich, Verkleidungen, Brandfrüherkennung, Feuerlöscher auf jeder Etage, Abschottung der Nutzungseinheiten vom Treppenraum in T 30-RS, Schaffung von F 90-„Pufferräumen“ bei arößerer Nutzerzahl

Treppenraum	Vorbeugung gegen Ausbreitung von Feuer und Rauch, Schutz von Leben und Gesundheit	keine Schwächung der Brandabschnittsbildung, Eigenrettung, Angriffswege für die Feuerwehr	F 90-AB, Brandwände, Sicherheitstreppe	Feuerwiderstand nicht erfüllt	Verkleidungen, Feuerschutzanstrich, Brandfrüherkennung
				Rauchfreihaltung nicht gewährleistet	Druckbelüftung, mechanische Rauchabführung
				Treppenraum nicht durchgehend oder unklare Laufrichtung	gesicherte Verbindungen zwischen den Treppenträumen schaffen, akustische und visuelle Leitsysteme mit Notstromversorgung
				Sicherheits-Treppenraum ohne Schleusen	Brandfrüherkennung in allen Nutzungseinheiten und T 30-RS-Zugangstüren
keine zwei Treppenträume aus mehrgeschossigen Kellern	keine direkte Verbindung ins Freie	maximal zulässige Rettungswegelänge	Überschreitung der zulässigen Rettungsweglänge	keine zwei Treppenträume aus mehrgeschossigen Kellern	Brandfrüherkennung, 2. Zugangsmöglichkeit über Leiter in den Kellerschacht
				keine direkte Verbindung ins Freie	T 30-RS-Türen zu kleinen Nutzungseinheiten oder Zugangsschleusen; mechanische Entrauchung, automatische Löschanlagen für Empfangshallen, F 30-Verglasung für Pfortnerräume, keine brennbaren Einrichtungsgegenstände
					Sichere Bereiche schaffen (Treppenraum-Erweiterungen), Rauchabschnitte, Schleusen, Brandfrüherkennung, Entrauchung
notwendige Flure	Schutz von Leben und Gesundheit	Selbstrettung Angriffswege für die Feuerwehr	F 30	Feuerwiderstand nicht erfüllt oder kein Flur vorhanden	Brandfrüherkennung, automatische Löschanlage
				notwendige Flure	Notbeleuchtung, Entrauchung
				nicht notwendige Haustechnik im Flur vorhanden	Abschotten in F 30-AB bis F 90-AB, je nach Gebäude, Technischächte/-kanäle, Decken in F 30-A selbstständig in Fluren
Aufzugs-schächte	Vorbeugung gegen Ausbreitung von Feuer und Rauch	horizontaler Brandabschnitt	F 90-A	Feuerwiderstand nicht erfüllt Feuerwehr-Aufzug nicht in einem eigenen Schacht	Verkleidungen, automatische Löschanlage eigenständiger Triebwerksraum für den Feuerwehr-Aufzug

Türen in Rettungswegen	Schutz von Leben und Gesundheit	Selbstrettung	in Fluchtrichtung aufschlagend, von innen zu öffnen (gilt vornehmlich für Arbeits- und Versammlungsstätten)	nicht in Fluchtrichtung aufschlagend  nicht immer von innen zu öffnen	langsam schließende Türen, Verhinderung von Staus vor der Tür durch zugangssteuernde Einbauten  Brandfallsteuerung, elektrisch verriegelte Türen
------------------------	---------------------------------	---------------	---	---	--

Tab. 2.1 Kompensationsmaßnahmen, aus [10]

### 3 Brandstatistiken

[103]

Ein wichtiger Punkt, wenn es um Brandschutz geht, sollte auch das **Warum** sein. **Was** sind die Ursachen für Brände, **Wo** treten sie am häufigsten auf und **Warum** kommen Menschen dabei immer wieder zu Schaden.

Der erste logische Schritt scheint dabei zu sein, sich ein Bild über die Vorfälle der einzelnen Länder zu machen. Einen wichtigen Anhaltspunkt dazu liefert die "World Fire Statistic" der GAIN (Geneva Association Information Newsletter).

Country	Adjusted estimates (Fire Deaths)		
	2006	2007	2008
Australia	90	105	110
Austria	30	30	55
Czech Republik	150	135	110
Denmark	70	70	
Finland	125	95	110
France	620	605	595
Germany	510		
Greece	90	240	130
Hungary	180	175	190
Ireland	40	55	45
Italy	280	250	285
Japan	2.100	2.050	2.000
Netherlands	85	70	100
New Zealand	85	35	35
Norway	25	70	
Poland	55	600	585
Portugal	605	75	
Singapore	10	5	0
Slovenia	5	15	10
Spain	245	255	270
Sweden	90	110	130
Switzerland	30	15	
United Kingdom	515	465	475
United States	3.550	3.750	3.650

Tab. 3.1 Brandopferstatistik, aus [103]

Wie man in Tab. 3.1 erkennen kann, sind die Zahlen für Österreich als eher gering an-

zusehen, einen schlüssigen Vergleich bietet jedoch erst die nächste Tabelle, die die Brandopfer per 100.000 Einwohner wiedergibt.

Country	Deaths per 100.000 persons (2006-2008)
Singapore	0,11
Switzerland	0,30
Austria	0,46
Italy	0,46
Australia	0,48
Slovenia	0,50
Netherlands	0,52
Spain	0,58
Portugal	0,66 (2006-2007)
Germany	0,68 (2006)
New Zealand	0,75
United Kingdom	0,80
France	0,98
Ireland	1,09
Canada	1,15 (2000-2002)
Sweden	1,20
Belgium	1,21 (2004)
United States	1,21
Denmark	1,28 (2006-2007)
Norway	1,33 (2006-2007)
Greece	1,36
Czech Republic	1,41
Poland	1,56
Japan	1,62
Hungary	1,81
Finland	2,08

Tab. 3.2 Opferstatistik auf 100.000 Einwohner, aus [103]

Österreich ist seit der Statistik von 2008 wieder mit einem Wert unter der 1,0-Marke vertreten. Grund für den höheren Wert in den früheren Perioden war der Einfluss der Brandkatastrophe der Gletscherbahn Kaprun (November 2000), die mit einem Schlag 155 Opfer forderte.

In dem Bericht „Brandstatistik als Informationsmedium“ [2] ist eine Auswertung einer dreieinhalbjährigen Recherche zum Thema Gebäudebrände über den Beobachtungszeitraum Anfang 2006 bis Mitte 2009 zu finden. In ihr werden Fakten zu den Brandgeschehen in diesem Zeitraum aufgeschlüsselt und man kann erkennen, welche Hauptursachen für den Tod der betroffenen Personen verantwortlich waren.

Zahlen, Daten und Fakten zu Bränden mit Todesfolgen in Gebäuden
49 Brandtote mit einem Altersdurchschnitt von 63 Jahren pro Jahr als absolute Kennzahl oder 6 Brandtote pro Millionen Einwohner als Vergleichsziffer.
53% der Brandopfer sind männlich und haben ein Durchschnittsalter von 57 Jahren, 47% sind weiblich mit einem Durchschnittsalter von 69 Jahren.
56% der Brandopfer entfallen auf die Altersgruppe ab 60 Jahren, 42% auf die Gruppe der 15 bis 59-jährigen Personen und 2% auf Kinder bis 14 Jahren.
43 Einzelereignisse pro Jahr mit durchschnittlich 1,1 Brandtoten pro Ereignis, 94% der Brandfälle haben ein einziges, 5,5% zwei und nur 0,5% mehr als zwei Todesopfer.
49% der Brandopfer sterben bei Brandereignissen in der Tageszeit zwischen 6 und 22 Uhr, 43% während der Nachtstunden von 22 bis 6 Uhr, bei 8% bleibt der Zeitpunkt unbekannt.
66% der Brandopfer erleiden tödliche Rauchgasvergiftungen, 19% sterben an Hautverbrennungen, bei 15% gibt es eine andere Todesursache bzw. ist diese unbekannt.
91% der Brandereignisse mit Todesfolgen entstehen in Wohnhäusern bzw. Privatwohnungen und sind für 85% aller Brandopfer verantwortlich.
12% der Brandopfer sterben bei Bränden, die von selbst ausgegangen sind und keinen Löscheinsatz der Feuerwehr erfordern.
Bei 32% der Brandopfer handelt es sich um ältere allein lebende Personen, 18% der Brandtoten haben unterschiedlich ausgeprägte Mobilitätseinschränkungen.
Als Zündquellen treten Zigaretten, Feuerzeuge sowie Rauchzeugreste bei insgesamt 33% aller Brandopfer in Erscheinung, die Hälfte davon ist mit Zigarette eingeschlafen.
Herde, Kochplatten, Feuerstätten sowie Kerzen lösen Brände aus, die für 33% der Brandopfer verantwortlich sind.
Bei 7% der Brandopfer kommt es zur Entzündung ihrer Kleidung, zustande gekommen hauptsächlich beim Kochen und Heizen.

Tab. 3.3 Fakten zu den Brandgeschehen von 2006 bis 2009, aus [2]

Was unterscheidet nun Länder wie Österreich oder Italien von denen mit höheren Opferstatistiken wie Finnland oder den USA, wo doch alle dieser Länder einen durchaus hohen Standard im Bauwesen besitzen?

Die beiden Beispiele Finnland und USA geben sehr gute Auskünfte über den Zustand ihres Brandschutzproblems und welche Bemühungen und Veränderungen in den letzten Jahren zustande kamen.

### 3. 1 Das Brandschutzproblem in Finnland

[104]

Finnland (Einwohnerzahl ca. 5,4 Millionen, zählt zu einem der am dünnsten besiedelten Länder Europas), immer an einer Führungsposition was die Zahl seiner Opfer angeht, ist sich seines Problems durchaus bewusst. Die zuständigen Behörden und Institutionen sind bemüht den Ursachen auf den Grund zu gehen um nötige Schritte einzuleiten. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse geben die folgenden Zeilen wieder.

Den "Rescue services in Finland" zufolge liegt die Anzahl an Gebäudebränden in den Jahren von 2008 bis 2010 bei durchschnittlich 1839, im Jahre 2011 sogar bei 2543. In Österreich lag die Zahl an Gebäudebränden 2011 bei 10.031 (ohne Wien, öffentliche Gebäude 2.229, Wohngebäude 3.543, Büro-, Gewerbe-, Industriegebäude 4.259) [9]. Eigentlich sind beide Zahlen im Vergleich zu Österreich deutlich niedriger, warum also der viermal so hohe Wert an Brandopfern.

Die Online Zeitung "Helsingin Sanomat" bringt 2004 zwei interessante Artikel zum Thema der Ursachen für finnische Brandopfer.

Ein Artikel mit der Überschrift "Fire deaths increase - smoking in bed most common cause", der zweite mit dem Namen "Record number of fire deaths occurred in Finland in 2004" .

- Fire deaths increase - smoking in bed most common cause [105]:

Der Artikel berichtet über die steigende Anzahl von Brandopfern. Laut SPEK ( the Finnish National Rescue Association) gab es einen jährlichen Anstieg von ca. 10 Opfern im Zeitraum von 2002 bis 2004. Die Opfer waren oft Männer über vierzig und kamen zumeist in privaten Häusern oder anderen kleinen Gebäuden ums Leben.

Die häufigste Brandursache war Rauchen im Bett oder auf einem Sofa. In den meisten Fällen war starker Einfluss von Alkohol im Spiel. Fatale Brände wurden auch mit Absicht gelegt oder entstanden durch das Versagen von Elektrogeräten.

Ein herausragender Punkt ist die Tatsache, dass viele Haushalte nicht auf die Funktionsfähigkeit ihrer Rauchmelder achten. Laut den zuständigen Behörden befolgt nur einer von fünf Haushalten die monatliche Überprüfung der Rauchmelder.

Kai Valonen, ein Beauftragter des finnischen "Accident Investigation Centre" (Unfalluntersuchungszentrum) verfasste einen Bericht über die Ursachen von Brandop-

fern in Finnland. Seine Untersuchungen brachten zum Vorschein, dass Finnland eines der Länder mit den meisten Brandopfern in Europa ist. Die Ursache ist oft auch der Widerwille der Opfer, das Gebäude schnell genug zu verlassen. Seiner Meinung könnte auch die Abnahme des Alkoholpreises eine Rolle spielen.

- Record number of fire deaths occurred in Finland in 2004 [111]

Im Grunde bestätigt dieser Artikel nur die Aussage der steigenden Opferzahlen. Meist distanzierte, alleinstehende, ältere Männer in Verbindung mit Alkohol und Zigaretten.

Es wurde auch darauf hingewiesen, dass Rauchmelder in vielen Fällen den Ausschlag zu einer raschen Rettung gaben, trotz der schlechten Wartung in den meisten Haushalten. Oft wurden Nachbarn oder Fußgänger auf den Alarm aufmerksam und verständigten daraufhin die Einsatzkräfte.

Ein Vorschlag zur Verbesserung der Situation war der Gedanke einer verpflichtenden Kontrolle von Rauchmeldern. Hausverwaltungen und Gebäudeeigentümer sollten zu einer jährlichen Inspektion angewiesen werden. Dies würde vor allem die älteren Bewohner besser schützen. Ein weiterer beachtenswerter Punkt ist der Mangel an Löschmöglichkeiten. Vier von zehn Haushalten besitzen noch nicht einmal einen Handfeuerlöscher. Dieser Punkt scheint sehr interessant im Vergleich zur Österreichischen Gesetzeslage. Da laut Baugesetz das Vorhandensein eines Handfeuerlöschers verpflichtend ist, können manche Brände bereits vor Eintreffen der Einsatzkräfte unter Kontrolle gebracht werden. Im Jahr 2010 lag der Anteil der Brände die vorzeitig gelöscht werden konnten bei fast 5% [9].

## 3.2 The U.S. fire problem

[3],[4],[5]

Obwohl die USA in den letzten Jahrzehnten die Zahl seiner Brandopfer deutlich reduzieren konnte, zählt sie noch immer zu Ländern, für die dieses Thema ein wesentliches Problem darstellt.

Laut NFPA (National Fire Protection Association ) wurden im Jahre 2010 in den USA 1.331.500 Brände gemeldet, bei denen 3.120 Menschen starben, und 17.720 Menschen verletzt wurden. Davon waren 482.000 Gebäudebrände, die 2.755 Menschenleben forderten. 15.420 Personen wurden verletzt und geschätzte 9.7 Milliarden Dollar Schaden verursacht ( Schadensschätzungen weichen oft voneinander ab, je nach Quelleherkunft) [112].

Dem Bericht "Fire Death Rate Trends: An International Perspective" zufolge, gelang es den Ländern USA, Österreich, Großbritannien, Spanien, der Schweiz und den Nieder-

landen die Zahl ihrer Brandopfer, im Zeitraum zwischen 1979 bis 2007, mehr als zu halbieren.

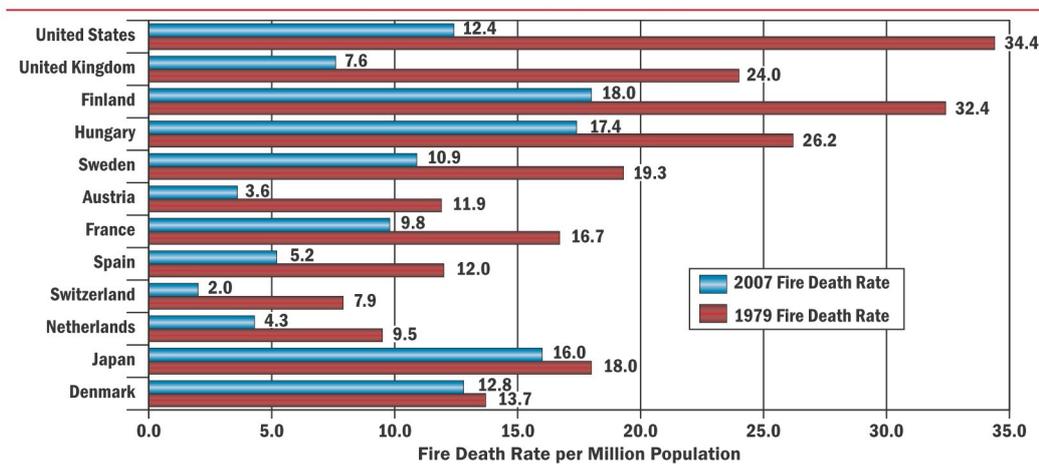


Abb. 3.1 Rückgang der Brandopferzahlen von 1979 bis 2007 pro 1 Mio. Einwohner, aus [3]

Bekannt für einen hohen Standard was Sicherheit und Technologie angeht, ist die Zahl der hohen Brandopfer in den USA als eher widersprüchlich zu betrachten.

Es gibt viele Gründe für die unterschiedlichen Brandopferstatistiken. Ein wesentlicher Grund in den USA ist der, den Gedanken der Brandbekämpfung über die Brandprävention zu stellen. In den Niederlanden zum Beispiel ist die geforderte Reaktionszeit der Einsatzkräfte, um an den Ort des Geschehens zu kommen, 30 Minuten. In den USA, mit einer Zeit von 10 bis 20 Minuten, wäre dies ein Grund für einen öffentlichen Aufschrei.

Der Bericht, in Auftrag gegeben von der United States Fire Administration, zeigt weitere sehr interessante Unterschiede zur Brandbekämpfung in anderen Ländern auf.

Industriestaaten geben durchschnittlich 4- 10 % ihres Brandschutzbudgets für Präventivmaßnahmen aus, die USA hingegen lediglich 3%.

Viele Länder, so auch Österreich bedienen sich eines nationalen Standards aus Richtlinien und Normen, um die geforderten Maßnahmen beim Bau eines Gebäudes festzulegen. In den USA ist diese Möglichkeit zwar auch vorhanden, jedoch wird mehr mit den Beschlüssen und Verordnungen der örtlichen Behörden gearbeitet. Dies hat zwar den Vorteil der besseren Anpassungsmöglichkeit an die lokalen Umstände, zieht aber den Nachteil einer erschwerten Koordination mit sich. Die ansässigen Feuerwehren können sich auf keinen Standard verlassen und müssen bei jedem Objekt mit anderen Bedingungen rechnen.

Ein weiterer Grund für das unterschiedliche Verhalten im Brandfall ist der kulturelle Hintergrund, sowie die Ausbildung von Feuerwehrleuten und der Bevölkerung.

### 3.3 Rauchschäden

Um die Gefahr der Rauchentwicklung im Brandfall zu verdeutlichen sei folgendes Beispiel angeführt:

Der Rauch von nur 10 Kilo Papier, dies entspricht etwa 25 Taschenbüchern zu je 200 Seiten, kann bei einem Brand ca. 10.000 Kubikmeter Raum- und Atemluft in nur 10 Minuten bis zu letaler Toxizität vergiften.

30 Sekunden nach Einatmen tritt Verwirrung auf, nach nur 60 Sekunden Ohnmacht, 3 Minuten genügen für erste Hirnschäden und bereits nach 5 Minuten kann der Tod eintreffen. [7]

Die folgende Grafik aus einem Informationsblatt der FVLR (Fachverband Lichtkuppel, Lichtband und RWA e.V.) zeigt vier Beispiele für die monetären, brandbedingten Sachschäden in Deutschland im Jahr 2000. Bei den im industriellen Bereich angesiedelten Bränden überstieg der Schaden der durch die Unbrauchbarkeit der sich in den Gebäuden befindlichen Gütern entstand den durch den Abbrand selbst verursachten um ein vielfaches.

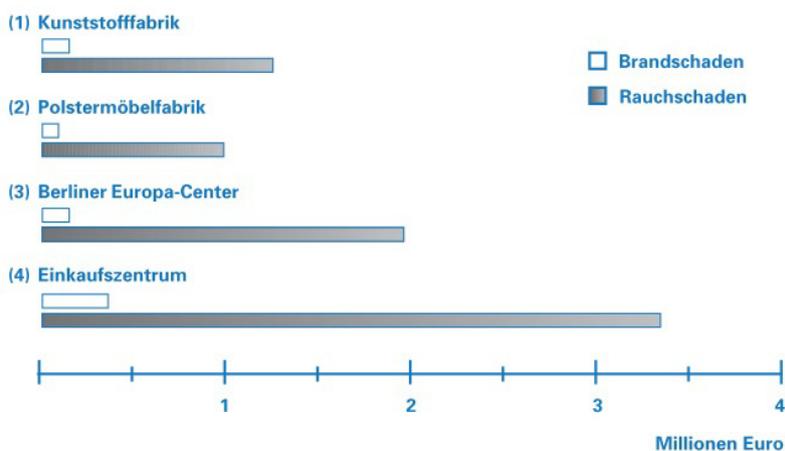


Abb. 3.2 Vergleich der Rauch- und Brandschäden bei vier Großbränden (Deutschland 2000), aus [6]

Wie anhand dieser Grafik deutlich wird, ist Rauch nicht nur, wenn es um die Gefährdung von Leben geht die Hauptgefahr bei einem Brand. Die schnelle Ausbreitung des heißen und toxischen Gases ist für einen Großteil der Zerstörung verantwortlich.

Auf Grund dieser Tatsachen wurde in Großbritannien 1992 bereits eine gesetzliche Rauchwarnmelderpflicht eingeführt. Im Jahre 1987 lag die Zahl der mit einem Melder ausgestatteten Haushalte bei ca. 9 %, 1998 bereits bei etwa 75 %. Dies war ein wesentlicher Schritt, um die Zahl der Brandtoten um mehr als 40 % zu senken.

Auch in den USA sind bereits rund 93 % der Haushalte mit Rauchmeldern ausgestattet.

Seit 1970 haben viele US-Bundesstaaten Regeln für den Einsatz von Rauchmeldern herausgebracht. Auch hier folgte daraufhin eine Senkung der Opferzahlen von ca. 40 %. Den gleichen Effekt konnte man in Schweden verfolgen. Der Gebrauch von Meldern in ca. 70 % der Haushalte hatte einen Brandopferrückgang von ca. 50 % zur Folge. In den Niederlanden, in Kanada und Teilen Australiens gibt es ebenfalls eine gesetzliche Rauchmelderpflicht. [114]

In Österreich regelt die OIB-Richtlinie 2 die Rauchmelderpflicht. Sie gilt jedoch nur für neue Gebäude und auch nur dann, wenn die OIB-Richtlinie bereits im jeweiligen Bundesland umgesetzt wurde. Eine Tabelle über die derzeitige Umsetzung der OIB-Richtlinien befindet sich in Kapitel 2, 1.2.2.

## 4 Rückschluss

Brände haben unterschiedliche Ursachen und Hintergründe. Die Folgen sind aber immer die gleichen - beträchtliche Sachschäden, Verletzte und auch Todesopfer. Wie dieses Kapitel zeigt, liegt das Kernproblem meist beim Bewusstsein der Menschen. Fahrlässigkeit mit offenen Feuerquellen und beim mäßigen bzw. falschen Einsatz von Rauchmeldern.

In ca. 70 % der Fälle ist die Todesursache eine Rauchgasvergiftung. Selbst ein paar Kissen können genug toxisches Gas erzeugen, das ausreicht, um eine Person in kürzester Zeit zu töten. Nichts schützt besser im Brandfall als eine rechtzeitige Flucht.

Man kann also mit Gewissheit behaupten, dass ein gute brandtechnische Planung bzw. ein vernünftiges Brandschutzkonzept über der Bedeutung der verwendeten Bauweise steht.

Die Welt befindet sich in ständigem Wandel und das Bauwesen ist ein Teil davon. In den letzten Jahren haben viele Länder ihre Bauweisen verbessert und ihre Baugesetze dementsprechend überarbeitet. Man sollte diese Richtung beibehalten und auch dem modernen Holzbau die Möglichkeit bieten, sich im mehrgeschossigen Wohnbau zu etablieren.

# Österreichische und internationale Brandschutzregeln

Der Brandschutz in Österreich basiert auf einem Regelwerk, das sich von den Gesetzen der einzelnen Bundesländer, über die österreichischen Normen und Richtlinien bis hin zu den brandspezifischen europäischen Normen erstreckt.

Die erste Ebene, die Baugesetze der Bundesländer, befassen sich mit den Grundlagen des Brandschutzes und den lokalen Anforderungen. Sie gehen oft nicht ins Detail und fordern im Großen und Ganzen eine sichere, den Umständen entsprechende Bauweise. Was jedoch die Gültigkeit betrifft, steht das jeweilige Landesgesetz an oberster Stelle. Weiters gibt es in Österreich neben den ÖNormen auch noch die OIB und die TRVB. Das OIB, „Österreichisches Institut für Bautechnik“, stellt Richtlinien zur Verfügung, die sich insbesondere mit den Wünschen der einzelnen Bundesländer und der Schaffung eines harmonisierten europäischen Standards befassen.

Die TRVB's, die „Technischen Richtlinien Vorbeugender Brandschutz“, werden vom „Österreichischen Bundesfeuerwehrverband“ herausgegeben und dienen oft als Grundlage für den vorbeugenden Brandschutz.

Die letzte Ebene, die europäische Norm, wurde bereits in vielen Punkten in die einzelnen nationalen Unterlagen übernommen. Ihre Bedeutung kommt vor allem bei der Zertifizierung von Baumaterial und den damit verbundenen Prüfungen zum Tragen.

Dieses Kapitel soll -die wesentlichen Bestandteile- des österreichischen Rechts und die derzeitigen Richtlinien, in Bezug auf Brandschutz, veranschaulichen.

Weiters soll es einen internationalen Vergleich ermöglichen und Stärken bzw. Schwächen der einzelnen Länder aufzeigen.

# 1 Österreichischer Brandschutz

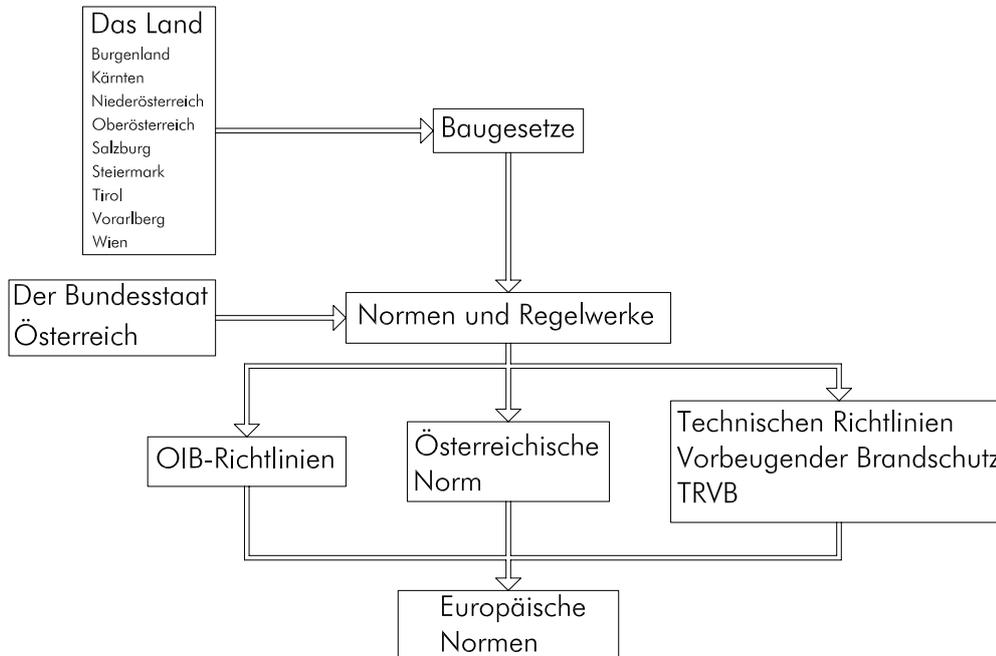


Abb. 1.1 Ebenen in Österreich, nach [50]

## 1.1 Die Baugesetze

[94],[99]

Das Baurecht ist gemäß Bundesverfassung Landessache. Die erste Instanz bilden die Behörden (Bürgermeister oder die Magistrate). Die Baugesetze unterscheiden sich untereinander in ihrem Detaillierungsgrad und ihrem Umfang.

Bundesland	
Burgenländische Bauverordnung, Burgenländisches Baugesetz	2.Abschnitt, Brandschutz
Kärntner Bauvorschriften, Kärntner Bauordnung	3.Abschnitt, §12 Brandschutz
Niederösterreichische Bautechnikverordnung, NÖ Bauordnung	§ 4 Allgemeiner Brandschutz

Tab. 1.1 Bauvorschriften der Länder, aus [94],[99]

Bundesland	
Oberösterreichisches Bautechnikgesetz, OÖ Bauordnung, OÖ Bautechnikverordnung	§ 11 Brandschutz
Salzburger Bautechnikgesetz Salzburger Baupolizeigesetz	Verweis auf den Brandschutz in Abschnitt 1.
Steiermärkisches Baugesetz	3.Abschnitt, Brandschutz
Tirol Technische Bauvorschriften, Tiroler Bauordnung	3.Abschnitt, Brandschutz
Vorarlberger Bautechnikverordnung, Vorarlberger Baugesetz Vorarlberger Baueingabeverordnung	2.Unterabschnitt: Brandschutz
Wiener Bauordnung	3.Abschnitt, Brandschutz

Tab. 1.1 Bauvorschriften der Länder, aus [94],[99]

Anmerkung: Die Brandschutzabschnitte aus Spalte 2 sind immer im ersterwähnten Gesetzestext (Spalte 1) zu finden.

Neben den in Tab. 1.1 erwähnten Abschnitten speziell über Brandschutz wird das Thema aber auch in anderen Punkten erwähnt (z.B. Wände: Ausführung von Brandwänden). Im Wesentlichen gibt es aber in jedem Landesgesetz einen Abschnitt, der sich mit den folgenden Punkten befasst:

- allgemeine Anforderungen an den Brandschutz
- Tragfähigkeit des Bauwerks im Brandfall
- Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerkes
- Ausbreitung von Feuer auf andere Bauwerke
- Fluchtwege
- Erfordernisse für Rettung und Löscharbeiten im Brandfall

In den Hauptgesetzestexten finden sich oft noch weitere allgemeine Punkte:

- über den Bezug auf Bestimmungen der europäischen Union
- den Stellenwert von Gutachten
- eine Bestätigung über das Einhalten des Sicherheitsniveaus durch Ziviltechniker oder befugte Personen

Auch auf die OIB wird bereits teilweise direkt Bezug genommen. Manche Länder orien-

tieren sich aber auch an deutschen Regelwerken, speziell die „Muster-Holzbaurichtlinie M-HFH HolzR“ wird gerne als Vorlage verwendet. Sie gilt aber in erster Linie für die Gebäudeklasse 4 und für Holzrahmen- und Tafelbauweisen.

Ein Kernsatz bildet die gesetzliche Grundlage eines jeden Abschnittes über Brandschutz und wird in der Regel unter den allgemeinen Anforderungen aufgeführt.

Ausschnitt aus dem „Steiermärkischen Baugesetz - Stmk. BauG“:

### III. Abschnitt (11)

#### Brandschutz

#### § 49 (11)

#### Allgemeine Anforderungen

Bauwerke müssen so geplant und ausgeführt sein, dass der Gefährdung von Leben und Gesundheit von Personen durch Brand vorgebeugt sowie die Brandausbreitung wirksam eingeschränkt wird.

Man kann also davon ausgehen, dass uns die Landesgesetze die Schutzziele und die wesentlichen Grundlagen aufzeigen. Sie bieten jedoch keine Hilfestellung für die detaillierte Ausführung und die notwendigen Schritte, um sinnvolle, technische Lösungen zu erarbeiten. In jedem Fall ist es ratsam sich mit den Baugesetzen zu befassen, um lokal bedingten Besonderheiten vorzubeugen.

## 1. 2 Normen und Regelwerke

### 1. 2. 1 Normen

[95]

Es gibt eine Vielzahl an Normen, die sich mit den verschiedensten Aspekten zum Thema „Brand“ auseinandersetzen. Erstellt, überarbeitet und angeboten werden die Unterlagen vom österreichischen Normungsinstitut. Eine Suche nach dem Stichwort „Brand“ auf der Homepage des Austrian Standards (<http://www.as-search.at/>) ergibt bereits 3160 Treffer (Stand: 05.11.2012). Man findet von der „ONR 22000 Brandschutz in Hochhäusern“ bis hin zum „Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten“ alles Mögliche dieses Thema betreffend.

Es steht außer Frage, dass man sich in Abhängigkeit des Projektumfangs mit mehr oder weniger dieser Regelwerke auseinandersetzen muss, aber ein Überblick über alle Unterlagen ist für dieses Kapitel nicht zielführend.

Ein paar Normen sind jedoch bei jedem Projekt unumgänglich und stellen die Basis für die planerische und konstruktive Brandsicherheit eines Gebäudes in Holzbauweise dar.

## Zur Einteilung der Baustoffe gemäß ihren brandtechnischen Eigenschaften:

Am 01.01.2004 wurden die Teile 1 bis 3 der B 3800 zurückgezogen und die EN 13501 trat an ihre Stelle. Bis Mai 2010 galt es, die Übergangsregelungen der ÖNORM B 3806 und B 3807 zu befolgen.

EN 13501-1 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten

EN 13501-2 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen

ÖN B 3800-4 - Brandverhalten-Bauteile-Widerstandsklassen

ÖN B 3800-5 - Brandverhalten-Fassaden

ÖN B 3800-9 - Bauteile in Holzbauweise - Anforderungen, Prüfungen u Beurteilungen

Diese Normen enthalten den größten Teil an Wissen, den man braucht, um Baustoffe und Bauteile bezüglich ihrer Einsatzfähigkeit zu beurteilen. Für Holzprodukte gilt es vor allem, das Verhalten der Tragfähigkeit im Brandfall festzustellen. Für den Holzmassivbau geben Klassifizierungsberichte der Brettsperrholzhersteller Auskunft über die verschiedenen Aufbaumöglichkeiten. Weiters gilt es, die erforderliche Brandschutzbekleidung zu wählen und die notwendigen Schritte bei der Ausführung festzulegen.

## Für die Konstruktion und deren Bemessung:

[78],[85]

ÖN EN 1991-1-2 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Brandeinwirkungen

In dieser Norm finden sich die erforderlichen Einwirkungen und die damit verbundenen Kombinationen, wie sie angesetzt werden dürfen und welche Beiwerte zur Verfügung stehen. Sie dienen als Eingangsparemeter für Kapitel 4, in dem der Restquerschnitt und weiter die Resttragfähigkeit von Querschnitten bestimmt werden.

ÖN EN 1995 -1-2 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten  
Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall

Der „Eurocode 5“ bietet die rechnerische Grundlage zur Tragwerksbemessung. Für die Berechnung von Tragwerken im Brandfall stehen zwei Varianten zur Verfügung. Die Methode mit reduziertem Querschnitt, die auf den effektiven Restquerschnitt nach der vorgegebenen Branddauer zurückgreift. Das genauere Verfahren mit reduzierten Eigenschaften, dass jedoch nur für Rechteckquerschnitte mit drei- bis vierseitiger Beanspruchung oder für Rundhölzer mit allseitiger Beanspruchung Anwendung findet.

B 2330 - Brandschutztechnische Ausführung von mehrgeschossigen Holz - und Holzfer-tighäusern

Diese Normen sind die Basis für viele brandschutztechnisch relevanten Themen und wer-den auch als solche in der OIB oder in den TRVB's häufig zitiert.

Eine Auflistung weiterer brandtechnisch relevanter Normen befindet sich im Anhang.

### 1. 2. 2 OIB

[96]

Das Österreichische Institut für Bautechnik (OIB) hat die Aufgabe, die einzelnen Bundes-länder auf dem Gebiet des Bauwesens zu koordinieren und zu vertreten. Darunter fallen die Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie, das Herausgeben Europäisch technischer Zulassungen und der Einsatz als Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Bau-produkte.

Bundesland	OIB-Richtlinie 1 bis 5	OIB-Richtlinie 6
Burgenland	1.Juli 2008	1.Juli 2008
Kärnten	1.Okttober 2012	20.Februar 2008
Niederösterreich	-	13. Februar 2009
Oberösterreich	in Vorbereitung	1.Jänner 2009
Salzburg	-	-
Steiermark	1.Mai 2011	5.Juli 2008
Tirol	1.Jänner 2008	1.Jänner 2008
Vorarlberg	1.Jänner 2008	1.Jänner 2008
Wien	12.Juli 2008	12.Juli 2009

Tab. 1.2 Umsetzung der OIB-Richtlinien in den Bundesländern,  
Stand: 1.September 2012, aus [142]

Die OIB-Richtlinien 2- 2.3 bieten Unterlagen über die allgemeinen Anforderungen an den Brandschutz, den Brandschutz bei speziellen Gebäuden und einen Leitfaden zu et-waigen Abweichungen und für Brandschutzkonzepte.

- Richtlinie 2 „Brandschutz“
- Richtlinie 2.1 „Brandschutz bei Betriebsbauten“
- Richtlinie 2.2 „Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks“
- Richtlinie 2.3 „Brandschutz bei Gebäuden mit einem Fluchtniveau von mehr als 22 m“
- Leitfaden „Abweichungen im Brandschutz und Brandschutzkonzepte“

Zu diesen Richtlinien stehen ebenfalls Erläuterungen zur Verfügung. In diesen werden die

wesentlichen Begriffe erörtert und beschrieben.

Ein besonders wichtiger Punkt ist die Erläuterung der Richtlinie 2. Dort befindet sich die Definition der gängigen Einteilung in die Gebäudeklassen. Es gibt ein paar wesentliche Merkmale, mit deren Hilfe man schnell die Zugehörigkeit eines Gebäudes festlegen kann.

- GEBÄUDEKLASSE 1



Abb. 1.2 Beispiel GK1, aus [44]

Fußbodenoberkante max. 7 m über dem Erdboden  
 max. 3 oberirdische Geschosse  
 max. 400 m<sup>2</sup> Gesamtgrundfläche  
 1 Wohnung bzw. Betriebseinheit (BE)  
 freistehend

- GEBÄUDEKLASSE 2



Abb. 1.3 Beispiel GK2, aus [44]

FOK max. 7 m über dem Erdboden  
 max. 3 oberirdische Geschosse  
 max. 400 m<sup>2</sup> Gesamtgrundfläche  
 max. 5 WHG bzw. BE

- GEBÄUDEKLASSE 3



Abb. 1.4 Beispiel GK3, aus [44]

FOK max. 7 m über dem Erdboden  
max. 3 oberirdische Geschosse

- GEBÄUDEKLASSE 4



Abb. 1.5 Beispiel GK4, aus [44]

FOK max. 11 m über dem Erdboden  
max. 4 oberirdische Geschosse  
1 BE oder wenn mehrere WHG bzw. BE  
je max. 400 m<sup>2</sup> Grundfläche

- GEBÄUDEKLASSE 5



Abb. 1.6 Beispiel GK5, aus [44]

FOK max. 22 m über dem Erdboden  
Gebäude die nicht unter GK 1-4 fallen  
unterirdische Gebäude

Den letzten Seiten der OIB 2 können die klassenspezifischen Anforderungen an das Brandverhalten und der geforderte Feuerwiderstand entnommen werden. Abgesehen von ein paar Ausnahmen kann man die Gebäudeklassen wie folgt vereinfachen:

Gebäudeklasse	Grundfläche	Fluchtniveau	Geschosse	Tragende Bauteile
GK 1	freistehend max. 1 WE oder BE < 400 m <sup>2</sup>	< 7 m	oberirdische Gesch. < 3	REI 30 keine Anforderung bei Wohnzwecken oder büroähnlicher Nutzung
GK 2	max. 5 WE oder BE Summe < 400 m <sup>2</sup> sowie Reihenhäuser	< 7 m	oberirdische Gesch. < 3	REI 30
GK 3	Sonstige Gebäude	< 7 m	oberirdische Gesch. < 3	REI 60
GK 4	max. 1 WE oder BE ohne Flächenbegrenzung oder mehrere WE oder BE von jeweils < 400 m <sup>2</sup>	< 11 m	oberirdische Gesch. < 3	REI 60
GK 5		< 22m	überwiegend unterirdische Geschosse	REI 90 A2

Tab. 1.3 Vereinfachte Darstellung der Anforderungen an die Gebäudeklassen, aus [96]

Ein besonderer Punkt der Gebäudeklasse 5, ist die erforderliche Ausführung spezieller Bauteile in der **Brennbarkeitsklasse A2** (nicht brennbar), wodurch vor allem der Einsatz von Holz erschwert bzw. eingeschränkt wird.

### 1. 2. 3 TRVB

[80],[97]

Der Österreichische Bundesfeuerwehrverband erarbeitet zusammen mit den Brandverhütungsstellen die **Technischen Richtlinien Vorbeugender Brandschutz**, kurz TRVB. Sie selbst besitzen zwar keine Gesetzeskraft, können aber als eine Art Harmonisierung auf Bundesebene angesehen werden. Da sie von anerkannten Stellen erarbeitet werden und einen guten Leitfaden für viele Gebiete des Brandschutzes darstellen, werden sie oft als Vorlage, oder durch Bescheide bindend, verwendet. Oft zur Anwendung kommt neben dem OIB Leitfaden auch die TRVB A107 „Brandschutzkonzepte sowie die TRVB’s, die sich auf technische Anlagen beziehen (z.B. TRVB 123 Brandmeldeanlagen oder TRVB 127 Sprinkleranlagen).

Die TRVB befasst sich unter anderem auch mit den Themen des Brandschutzes auf Baustellen und der Erstellung von Brandschutzplänen. Diese Themen werden in anderen Richtlinien nicht oder nur teilweise abgedeckt.

## 2 Internationaler Vergleich

[33]

### 2.1 Deutschland

[10],[13],[107],[106]

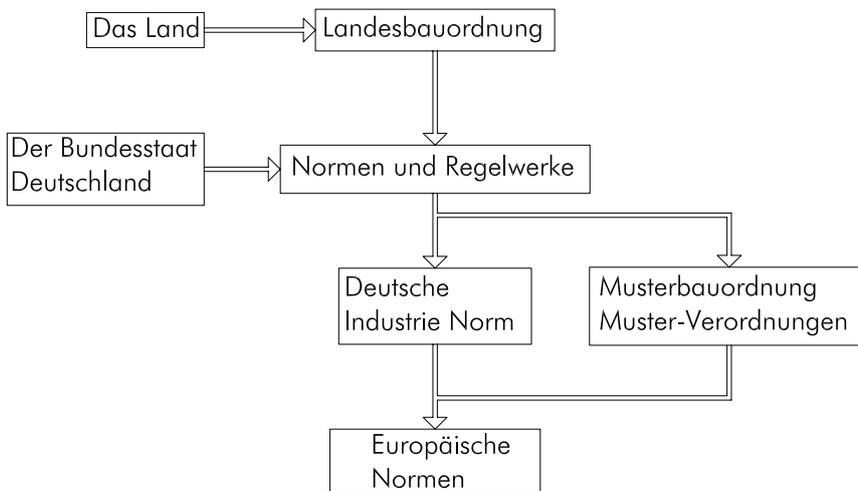


Abb. 2.1 Ebenen Deutschland, nach [50]

#### 2.1.1 Landesbauordnung der Bundesländer

Die Landesbauordnung der jeweiligen Bundesländer gibt die grundlegenden Anforderungen vor, denen ein Gebäude gewachsen sein muss. Es werden keine detaillierten Aussagen darüber getroffen wie der Brandschutz zu erfolgen hat, oder welche Vorschriften einzuhalten sind. Lediglich das Schutzziel und der Zweck von Brandschutz sind in der Landesbauordnung niedergeschrieben.

z.B.: Ausschnitt LBO Bayern: [106]

##### *Brandschutz*

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

#### 2.1.2 Normen und Regelwerke

## Normen

Das deutsche Normenwerk, die deutsche Industrienorm, ist auf der Homepage <http://www.din.de/> vorzufinden und bietet, ebenso wie die Ö-Norm, eine umfangreiche Sammlung an Unterlagen.

Für die erforderlichen Brandschutzbekleidungen (Kapselung) ist die DIN EN 14135 [4] zuständig. Sie definiert, dass die darunter liegende Tragkonstruktion die Entzündungstemperatur (ca. 270°C) nicht vor einer bestimmten Zeit erreichen darf.

Auch in der deutschen Norm (DIN EN 1995-1-2) kommt, seit seiner Einführung 2010, der Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten-Teil 1-2: Allgemeine Regeln-Tragwerksbemessung für den Brandfall, zur Anwendung. [85]

Zu beachten ist immer der nationale Anhang, der Aufschluss über den Anwendungsbereich und die nationalen Bedingungen gibt.

## Musterbauordnung (MBO)

[82]

Die Musterbauordnung sowie die Muster-Verordnungen sind keine Gesetze. Sie dienen als Orientierungsmaßnahme und teilen die Gebäude in ähnliche Kategorien ein wie die OIB. In einigen Bereichen Deutschlands wurde sie nicht oder nur teilweise übernommen.

Gleich wie in Österreich unterscheidet die MBO in § 2 zwischen den Gebäudeklassen 1-5. Auch die Eigenschaften der Klassen sind sich sehr ähnlich, ein signifikanter Unterschied ist das maximale Fluchtniveau der GK 4 die bis 13 m Anstelle von 11m gilt. Dazu kommen noch Sonderbauten wie z.B. Hochhäuser mit einem Fluchtniveau ab 22m, Versammlungsstätten, Schulen usw..

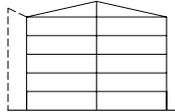
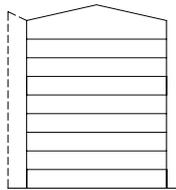
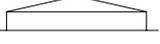
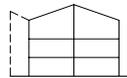
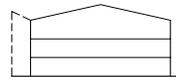
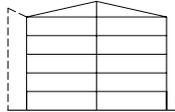
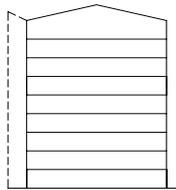
GK 1a	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
<p>freistehende Gebäude</p> <p>OKF <math>\leq 7\text{m}</math>  <math>\leq 2</math> Nutzungseinh.  <math>\Sigma\text{NE} \leq 400\text{ m}^2</math></p> 	<p>nicht freistehende Gebäude</p> <p>OKF <math>\leq 7\text{m}</math>  <math>\leq 2</math> Nutzungseinh.  <math>\Sigma\text{NE} \leq 400\text{ m}^2</math></p>	<p>sonstige Gebäude mit einer OKF <math>\leq 7\text{m}</math></p>	<p>OKF <math>\leq 13\text{m}</math>            Nutzungseinh. mit jeweils <math>\leq 400\text{ m}^2</math></p> 	<p>sonstige Gebäude mit Ausnahme von Sonderbauten</p> <p>OKF <math>\leq 22\text{m}</math></p> 
<p>GK 1b</p> <p>freistehende Gebäude</p> <p>land- und forstwirtschaftl. genutzt</p> 				
<p>Feuerwehreinsatz mit Steckleiter möglich</p>			<p>Feuerwehreinsatz mit Drehleiter nötig</p>	

Abb. 2.2 Gebäudeklassen laut MBO, aus [82]

Im Hauptteil der MBO ist unter § 12 „Brandschutz“ die selbe Aussage wie in der Landesbauordnung zu finden. § 26 „Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ gibt Auskunft über die Unterscheidung des Brandverhaltens von Bauteilen.

Darüber hinaus können die technischen Anforderungen an den Brandschutz den Muster-Richtlinien entnommen werden (z.B. Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise - M-HFH HolzR).

## 2.2 Schweiz

[93],[100],[101],

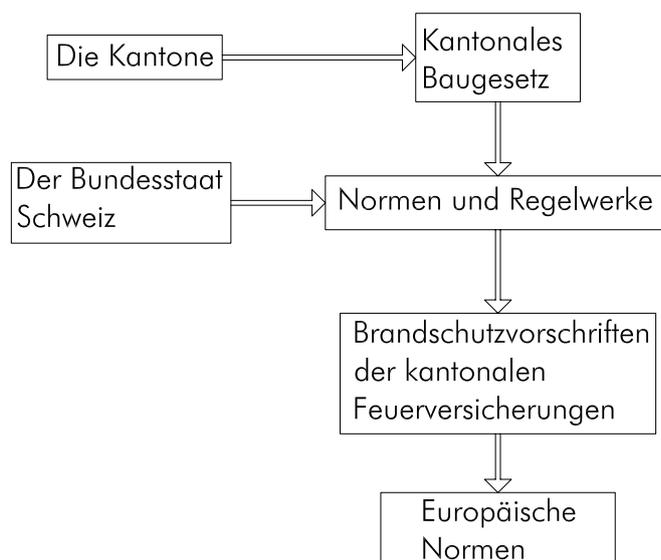


Abb. 2.3 Ebenen Schweiz, nach [50]

### 2.2.1 Die kantonalen Bauordnungen und Baugesetze

Die einzelnen Kantone haben die gesetzliche Handhabe über die baurechtlichen Bestimmungen. Wie auch in anderen Ländern unterscheiden sich die Gesetze der Kantone in ihrem Text, verweisen aber immer auf ein fachgerechtes Erfüllen der Anforderungen des Brandschutzes im Außen- sowie im Innenbereich.

### 2.2.2 Normen und Regelwerke

#### **Brandschutzvorschriften der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF)**

Die VKF-Brandschutzvorschriften bestehen aus den Brandschutznormen, den Brandschutzrichtlinien und weiteren Dokumenten wie z.B. Prüfbestimmungen, Erläuterungen oder Publikationen (sofern diese vom VKF akzeptiert werden).

Sie werden im Auftrag aller Kantone erarbeitet und gelten dort seit 2005 einheitlich. Auf der Seite „<http://www.praever.ch>“ sind die Unterlagen frei zugänglich und bieten umfangreiche Informationen zum Thema Brandschutz.

Grundsätzlich wird zwischen zwei Varianten, zum Aufbau eines Brandschutzkonzeptes, unterschieden.

- Brandschutzkonzept mit vorwiegend baulichen Maßnahmen
- Brandschutzkonzept mit vorwiegend technischen Maßnahmen [33]

Eine Ausnahme für spezielle Projekte stellt noch das objektbezogene Konzept dar.

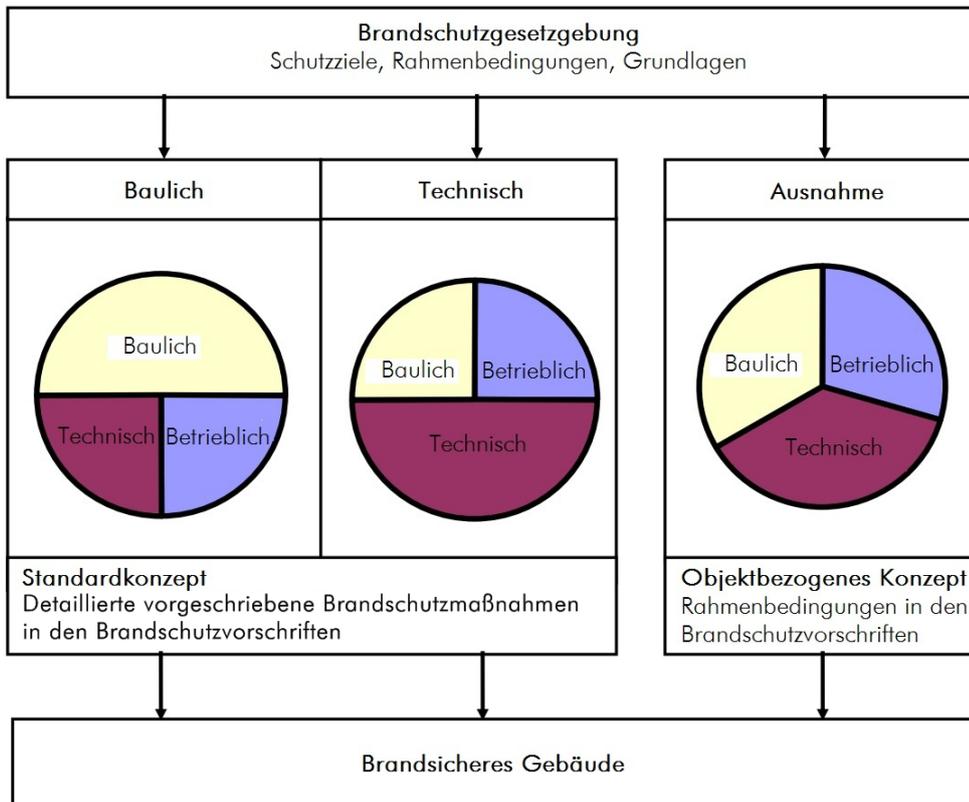


Abb. 2.4 Darstellung der Brandschutzkonzepte, nach [11]

Die Darstellung in Abbildung Abb. 2.4 zeigt die erwähnten Varianten zur Erstellung von Brandschutzkonzepten und welche Gewichtung sie den technischen, betrieblichen und baulichen Maßnahmen zuweisen.

Das derzeitige System in der Schweiz ermöglicht Holzbauten wie in der folgenden Tabelle beschrieben. Das Kriterium „nbb“ (nicht brennbar) ist per Definition etwas strenger als die Brandschutzfunktion „K“ der EN 13501-2. In der „VKF-Brandschutzrichtlinie für Baustoffe und Bauteile“ [91] wird ein Bauteil mit dem Zusatz „nbb“ versehen, sofern er:

- aus nicht brennbaren Baustoffen besteht oder
- wenn er teilweise aus brennbaren Baustoffen besteht aber seine Oberfläche in der vorgeschriebenen Zeitdauer nicht entflammt.

Anzahl Geschosse über Terrain		5-6		7-8 ohne Hochhäuser	
Nutzung	Konzept	Tragwerk	Brand- abschnitt	Tragwerk	Brand- abschnitt
Wohnbauten MFH Bürobauten Schulbauten	Baulich	R60/EI 30 (nbb)	EI60/EI 30 (nbb)	R60 (nbb)	EI60 (nbb)
	Sprinkler	R60	EI60		
Industrie-/Gewerbebauten q bis 1000 MJ/m <sup>2</sup>	Baulich	R60	EI60	R60 (nbb)	EI60 (nbb)
	Sprinkler	R60 (nbb)	EI60 (nbb)		
Industrie-/Gewerbebauten q bis 1000 MJ/m <sup>2</sup> Bauten mit unbekannter Nutzung	Baulich	R90 (nbb)	EI90 (nbb)	R90 (nbb)	EI90 (nbb)
	Sprinkler	R60 (nbb)	EI60 (nbb)	R60 (nbb)	EI60 (nbb)
Beherbergungsbetriebe z.B. Krankenhäuser	Baulich	R60 (nbb)	EI60 (nbb)	R60 (nbb)	EI60 (nbb)
	Sprinkler				

Tab. 2.1 Anforderungen an den Brandschutz, nach [33]

q = Brandbelastung in MJ/m<sup>2</sup> lt. „VKF-Brandschutzrichtlinie für Tragwerke“ [92]

Legende	
	Nutzung gemäß Brandschutzrichtlinien VKF
	Holzbauteile
	Holzbauteile beidseitig nicht brennbar verkleidet
	keine Holzbauweise als Standardkonzept

Tab. 2.2 Legende, nach [33]

Prinzipiell kann lt. „Art. 11 der Brandschutznorm“ auch von den vorgeschriebenen Brandschutzmaßnahmen abgewichen werden. Voraussetzung dafür ist aber eine Konzeptlösung, die für das Einzelobjekt ein gleichwertiges Schutzziel erreicht. Über die Gleichwertigkeit entscheidet die Brandschutzbehörde. [93]

## 2.3 Schweden

[12],[14],[102]

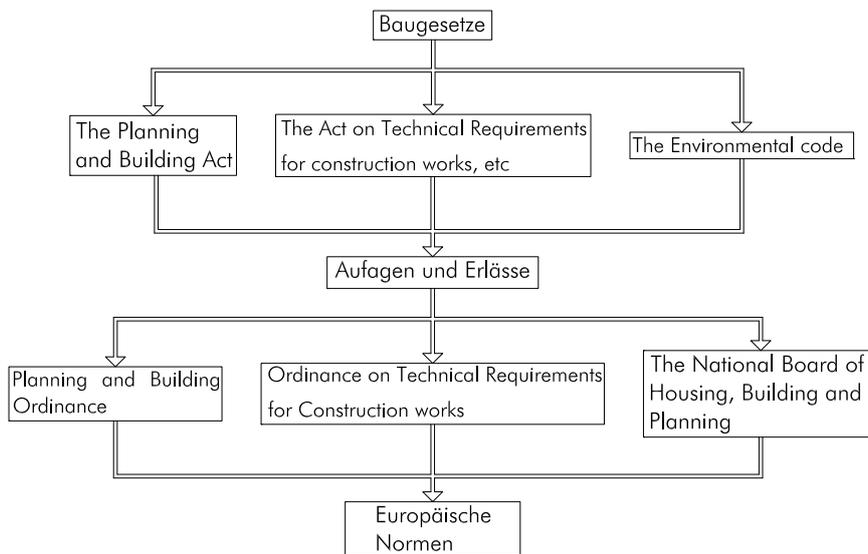


Abb. 2.5 Ebenen Schweden, nach [50]

In Schweden gibt es eine Reihe von Bauvorschriften, auf die die heutigen Richtlinien aufbauen. Die relevanten Unterlagen für das Bauen in Schweden sind:

Baugesetze:

- The Planning and Building Act (1987:10)
- The Act on Technical Requirements for construction works, etc (1994:847)
- The Environmental code (1998:808)

Auflagen und Erlässe:

- Planning and Building Ordinance (1987:383, many changes since then)
- Ordinance on Technical Requirements for Construction works, (1994:1215)

Hinsichtlich der Geschossanzahl bzw. der Gebäudehöhe gibt es keine Einschränkungen was eine hölzerne Tragstruktur betrifft. Was die Fassade betrifft, ist der Einsatz von unbehandeltem Holz mit zwei Geschossen und bei Sprinkleranlagen mit 8 Geschossen beschränkt. Mit der Ausarbeitung von technischen Leitfäden befasst sich die Organisation „Boverket“

### 2. 3. 1 The National Board of Housing, Building and Planning (Boverket)

In den Publikationen des „National Board of Housing, Building and Planning“ sind mehrere Kapitel über die Beschaffenheit von Gebäuden vorhanden, darunter auch das Kapitel 5: „Safety in case of fire (BFS 2011:26)“.

Hier sind alle grundlegenden Informationen über den Brandschutz vorzufinden, von den Brennbarkeitsklassen bis hin zu den Fluchtweglängen.

Die Klassen und Materialeigenschaften entsprechen jenen der EN 13501.

Feuerwiderstandsdauer in Minuten, ungesprinkeltes Gebäude								
1-2		3-4		5-6		7-8		Treppen
tragen- des Bauteil	trennen- des Bauteil	tragen- des Bauteil	trennen- des Bauteil	tragen- des Bauteil	trennen- des Bauteil	tragen- des Bauteil	trennen- des Bauteil	vierge- schos- siges Gebäude
REI 30	EI 30	REI 60	EI 60	REI 90	EI 90	REI 90	EI 90	REI 30

Tab. 2.3 Anforderungen an die Brandwiderstände, aus [33]

Auch erwähnenswert ist hierbei der „Swedish Rescue Service Act“. Er zielt seit einigen Jahren stark darauf ab, Personen über Risiken und Verhaltensweisen bezüglich des Brandschutzes aufzuklären. Er beschäftigt sich mit dem Punkt, der nicht durch das Bauwerk selbst bestimmt wird, dem Bewusstsein seiner Nutzer und wie sie damit umgehen.

## 2. 4 England

[15],[81],[98],[108]

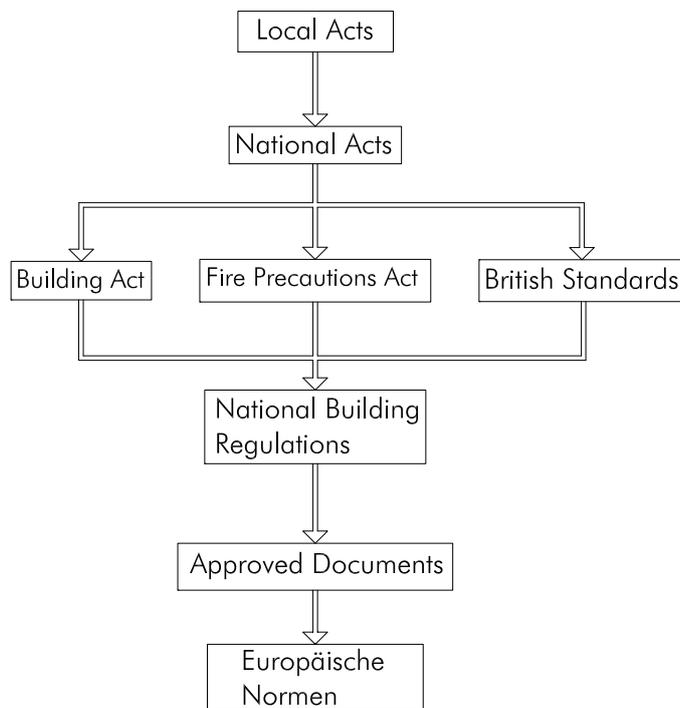


Abb. 2.6 Ebenen England, nach [50]

### 2. 4. 1 Local Acts

In England gelten zur Zeit noch 23 verschiedene „Local Acts“, die über ein brandschutzverwandtes Kapitel verfügen. Diese Baugesetze ermöglichen es den örtlichen Behörden, bei Bauwerken ab einer gewissen Größe, Maßnahmen nach ihrem Ermessen zu fordern. Diese Maßnahmen betreffen vor allem die Konstruktion, die Wartung und die am Projekt Beteiligten. Da diese Autorität in der Regel nicht eingesetzt wird um die Sicherheit und die Rettung von Leben im Brandfall zu gewährleisten, wurde bereits eine Vereinheitlichung und Abschaffung von unnötigen Brandschutzbestimmungen eingeleitet. [15]

### 2. 4. 2 National Acts

#### Building Act 1984

Der „Building Act 1984“ bildet die Grundlage für viele andere Dokumente und Regelwerke. Im Jahre 2004 wurde er um den „Sustainable and Secure Buildings Act“ erweitert.

Für den Brandschutz gilt der „Fire and Rescue Service Act 2004“. Er regelt die Funktionen und das Verhalten von Feuerwehr, Brandschutzbehörden, sowie die Aufgaben von Arbeitnehmern und Arbeitgebern im Brandfall. Darüber hinaus werden noch andere Dinge behandelt, wie etwa eine brandschutztechnische Ausbildung, vorbeugende Maßnahmen gegen Fehlalarme und die Gewährleistung der Wasserversorgung.

### Fire Precautions Act 1971

Seit Oktober 2006 gilt die neueste Form des damaligen „Fire Precautions Act“, „The Regulatory Reform (Fire Safety) Order 2005“. Sie soll über 70 Dokumente mit Brandschutzgesetzen für alle nicht privaten Wohngebäude ersetzen.

Sie befasst sich mit vielen Begriffen, sowie den Verantwortlichkeiten und Pflichten von jeglichen Personen, die mit brandschutztechnischen Themen betraut sind.

### British Standards

Sie können als das Bindeglied zwischen den europäischen Normen und den britischen Normen betrachtet werden. Die BSI-Group ist Mitglied der ISO und grundsätzlich in den Ländern Großbritanniens (England, Schottland und Wales) tätig.

Die „British Standards“ beschreiben unter anderem die Tests für die brandtechnische Klassifizierung von Bauprodukten.

### 2. 4. 3 National Building Regulations

Die „National Building Regulations 2010“ bilden die Vorlage für drei Herangehensweisen an ein Bauprojekt und die erforderlichen Bestimmungen. Erweitert gibt es 14 verschiedene „Approved Documents“. Diese Dokumente sind vom Premierminister bewilligt und bilden somit eine Grundlage, die dem Stand der Technik entspricht. Sollten keine Einwände der lokalen Behörden oder Unstimmigkeiten mit den „Local Acts“ bestehen, kann man diese „Approved Documents“ als verbindlich ansehen. In besonderen Fällen, die die Gesundheit und Sicherheit von Personen betreffen, kann man sie von der Bedeutung her einem Gesetzestext gleichsetzen. Ein Beispiel für ein Dokument, das einem Gesetzestext gleichkommt, wäre die Regelung des Wasserschutzes.

Part B „Fire Safety“ - Volume 2 befasst sich mit dem Brandschutz bei Gebäuden, die keine Wohnhäuser sind oder von einem Haushalt von mehr als 6 Personen genutzt werden. Es gibt keine direkte Unterscheidung zwischen Holzbau und mineralischen Bauweisen.

## Part B, Fire Safety, Volume 2 - Dwellinghouses

Die Tab. 2.4 (Part B „Fire Safety“ - Volume 2, Table A2) zeigt die minimalen Anforderungen an den Feuerwiderstand der einzelnen Bauteile.

Minimum periods of fire resistance						
Purpose group of building	Minimum periods of fire resistance (minutes) in a:					
	Basement storey <sup>(§)</sup> including floor over		Ground or upper storey			
	Depth (m) of a lowest basement		Height (m) of top floor above ground, in a building or separated part of a building			
	More than 10	Not more than 10	Not more than 5	Not more than 18	Not more than 30	More than 30
1. Residential:						
a. Block of flats						
– not sprinklered	90	60	30*	60**†	90**	Not permitted
– sprinklered	90	60	30*	60**†	90**	120**
b. Institutional	90	60	30*	60	90	120#
c. Other residential	90	60	30*	60	90	120#
2. Office:						
– not sprinklered	90	60	30*	60	90	Not permitted
– sprinklered <sup>(2)</sup>	60	60	30*	30*	60	120#
3. Shop and commercial:						
– not sprinklered	90	60	60	60	90	Not permitted
– sprinklered <sup>(2)</sup>	60	60	30*	60	60	120#
4. Assembly and recreation:						
– not sprinklered	90	60	60	60	90	Not permitted
– sprinklered <sup>(2)</sup>	60	60	30*	60	60	120#
5. Industrial:						
– not sprinklered	120	90	60	90	120	Not permitted
– sprinklered <sup>(2)</sup>	90	60	30*	60	90	120#
6. Storage and other non-residential:						
a. any building or part not described elsewhere:						
– not sprinklered	120	90	60	90	120	Not permitted
– sprinklered <sup>(2)</sup>	90	60	30*	60	90	120#
b. car park for light vehicles:						
i. open sided car park <sup>(3)</sup>	Not applicable	Not applicable	15*+	15*+ <sup>(4)</sup>	15*+ <sup>(4)</sup>	60
ii. any other car park	90	60	30*	60	90	120#
<p>Single storey buildings are subject to the periods under the heading "not more than 5". If they have basements, the basement storeys are subject to the period appropriate to their depth.</p> <p>§ The floor over a basement (or if there is more than 1 basement, the floor over the topmost basement) should meet the provisions for the ground and upper storeys if that period is higher.</p> <p>* Increased to a minimum of 60 minutes for compartment walls separating buildings.</p> <p>** Reduced to 30 minutes for any floor within a flat with more than one storey, but not if the floor contributes to the support of the building.</p> <p># Reduced to 90 minutes for elements not forming part of the structural frame.</p> <p>+ Increased to 30 minutes for elements protecting the means of escape.</p> <p>† Refer to paragraph 7.9 regarding the acceptability of 30 minutes in flat conversions.</p>						
<b>Notes:</b>						
1. Refer to Table A1 for the specific provisions of test.						
2. "Sprinklered" means that the building is fitted throughout with an automatic sprinkler system in accordance with paragraph 0.16.						
3. The car park should comply with the relevant provisions in the guidance on requirement B3, Section 11.						
4. For the purposes of meeting the Building Regulations, the following types of steel elements are deemed to have satisfied the minimum period of fire resistance of 15 minutes when tested to the European test method::						
i) Beams supporting concrete floors maximum Hp/A=230m-1 operating under full design load.						
ii) Free standing columns, maximum Hp/A=180m-1 operating under full design load.						
iii) Wind bracing and struts, maximum Hp/A=210m-1 operating under full design load.						
Guidance is also available in BS 5950 Structural use of steelwork in building. Part 8 Code of practice for fire resistant design.						

Tab. 2.4 Brandwiderstandszeiten, aus [8]

Anders als in den meisten Brandschutzbestimmungen gibt einem die englische Variante sehr viele Freiheiten. Alleine bei der Außenwandverkleidung bieten sich verschiedene Möglichkeiten je nach Gebäudehöhe. In Abb. 2.7 ist sehr schön zu erkennen, wie sich die Gebäudeabstände auf die Anforderungen an die Außenverkleidung auswirken. Der Ansatz den Gebäudeabstand bei der geforderten Fassdenbekleidung zu berücksichtigen scheint sehr sinnvoll, da durch einen ausreichenden Abstand die Brandausdehnungsgefahr auf Nachbargebäude minimiert wird.

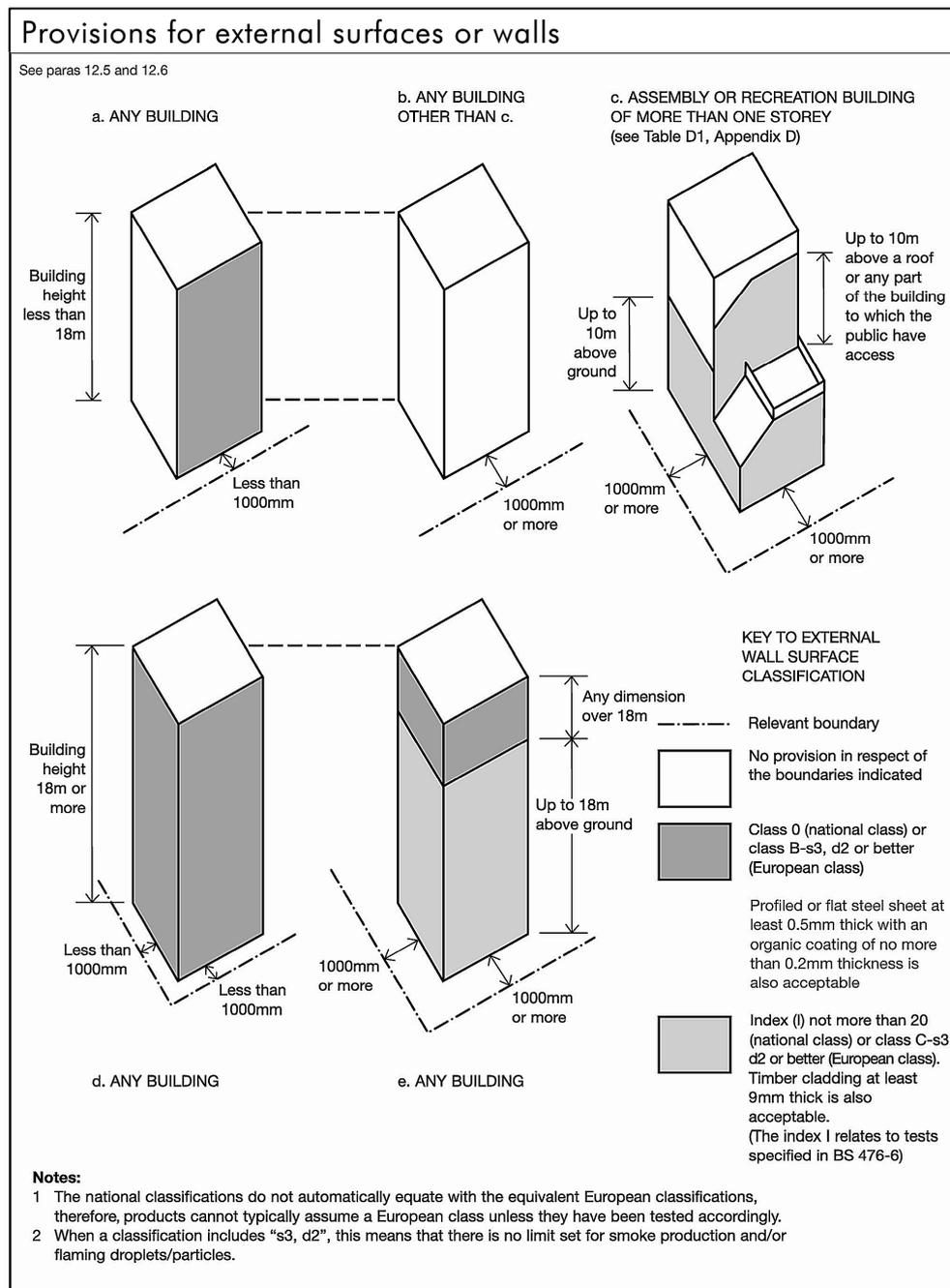


Abb. 2.7 Anforderungen an die Außenwandverkleidung, aus [81]

Auch was die Oberflächen angeht sind die Bestimmungen in England wesentlich flexibler und detaillierter. Die Bekleidung von Decken und Wänden kann nach der nationalen Klasse 0, oder je nach Empfindlichkeit des Bereichs mit der europäischen Klasse B-s3, d2, erfolgen.

Die Klasse 0 stellt national die beste Klasse dar, die Klasse B-s3, d2 (siehe Kapitel 3, Punkt 3.2) hingegen ist die beste Klasse nach den nicht brennbaren Materialien Klasse A laut EN 13501-1 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten Teil 1“.

Sehr positiv fällt auf, dass der Punkt Hohlräume besondere Beachtung findet. Auf den Brandstop in Hohlräumen bzw. auf das Verhindern der Ausbreitung von unentdeckten Bränden wird ebenfalls detailliert Bezug genommen.

Classification of linings		
Location	National class <sup>(1)</sup>	European class <sup>(1)(3)(4)</sup>
Small rooms <sup>(2)</sup> of area not more than: a. 4m <sup>2</sup> in residential accommodation b. 30m <sup>2</sup> in non-residential accommodation	3	D-s3, d2
Other rooms <sup>(2)</sup> (including garages)	1	C-s3, d2
Circulation spaces within dwellings		
Other circulation spaces, including the common areas of blocks of flats	0	B-s3, d2
<b>Notes:</b> 1. See paragraph B2.v. 2. For meaning of room, see definition in Appendix E. 3. The National classifications do not automatically equate with the equivalent classifications in the European column, therefore, products cannot typically assume a European class, unless they have been tested accordingly. 4. When a classification includes 's3, d2', this means that there is no limit set for smoke production and/or flaming droplets/particles.		

Tab. 2.5 Anforderungen an Bekleidungen, aus [81]

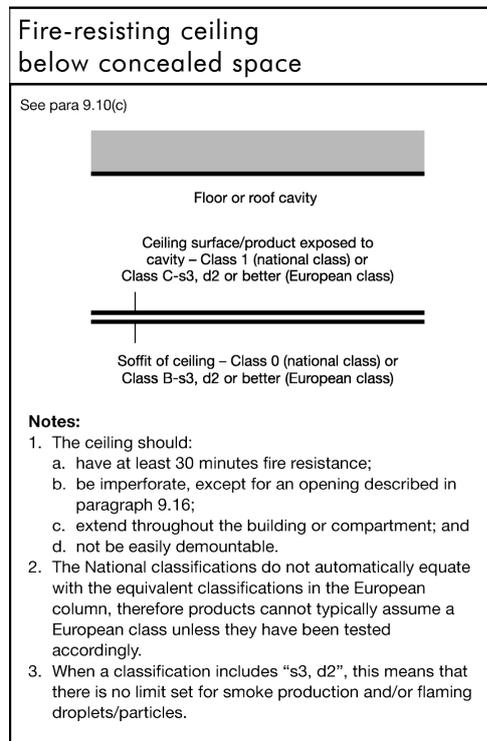


Abb. 2.8 brandhemmende Decke unter Hohlraum, aus [81]

In den Anhängen A-F finden sich Diagramme und Tabellen, die das Verhalten von Materialien im Brandfall und die Klassifizierung und ähnliche Bereiche regeln.

Die Seite <http://www.communities.gov.uk/> [108] bietet eine umfangreiche Datenbank zum Thema Brandschutz an, darunter auch die bereits erwähnten „Approved Documents“.

## 2.5 Italien

[16],[109],[110]

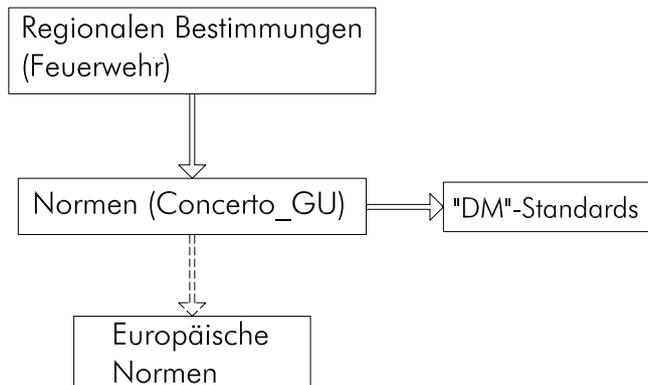


Abb. 2.9 Ebenen Italien, nach [50]

In Italien gibt es keine speziellen Regeln, die den Brandschutz im Holzbau regeln oder Vorgaben, die sich auf dieses Thema beziehen. Den Ausschlag in Italien geben die Vorschriften der Feuerwehr, diese übernimmt dort die Aufgaben der Feuerpolizei sowie der Brandbehörde. Sie stellen die „Manuale di prevenzione incendi“ (Brandschutzhandbücher) zur Verfügung. In ihnen finden sich typische Auflagen von der Fluchtwegsgestaltung über die Brandwiderstandsklassen bis hin zum Einsatz von Handfeuerlöschern.

Die nächste nationale Ebene bildet die „Concerto\_Gazzetta\_Ufficiale“ (Normen), in denen sich die „Resistenza al fuoco“ finden lässt (Feuerwiderstand)“. Weiters gibt es noch die „DM (Decreto Ministeriale)“ Schreiben, die technische Standards und Richtlinien darstellen.[109]

Auch hier gilt, die Brandwiderstandsdauer steigt mit der Geschosshöhe des Gebäudes. Die Höhe, die Größe der Grundflächen sowie die Nutzung des Gebäudes nehmen Einfluss auf die Brandschutzanforderungen.

Was die europäischen Normen angeht wird zwar oft nicht direkt darauf verwiesen, doch Grundlagen wie z.B. die Brandschutzklassen wurden in der DM 2005.03.15 „Anforderungen an das Brandverhalten von Bauprodukten“ gemäß EN festgehalten. Vom direkten Bezug auf die EN ist aber abzuraten.

Holzbau-Vorschriften für den Brand gibt es in diesem Sinne keine, da die Anforderungen immer die gleichen sind, egal welche Materialien verwendet werden. Diese undifferenzierte Betrachtungsweise hat zum Vorteil, dass im Prinzip keine Möglichkeit der Materialwahl oder Bauweise ausgeschlossen ist. Nach derzeitigem Informationsstand gibt es keine Erschwernisse, die speziell den Einsatz von z.B. Holz einschränken würden.

## 2. 6 Zusammenfassung

Der Vergleich zeigt, dass sich **Österreich** und **Deutschland**, was den Aufbau der Instanzen und die herrschenden Bestimmungen angeht, durchaus ähnlich sind. Eine lokale Autorität, die den letzten Ausschlag gibt und eine weitestgehend internationale Norm, die von anerkannten Richtlinien unterstützt wird. Beide Länder verfolgen eine klare Linie für die Einteilung von Gebäuden in verschiedene Klassen und die damit verbundenen Auflagen.

Der **Schweiz** kommt auf Grund ihres kleineren Verwaltungsapparates eine einheitlichere Struktur und eine kleinere Anzahl an Bestimmungen zugute. Die Freiheiten bezüglich des Einsatzes von Holz sind zwar begrenzt, jedoch überzeugen die Bestimmungen mit den Möglichkeiten der verschiedenen Brandschutzkonzepte.

In **Schweden** ist der Bau von mehrgeschossigen Holzgebäuden bereits sehr etabliert. Auch der Einsatz von Sprinklersystemen wird gut angenommen. Der grundsätzlichen Anwendung von Tragstrukturen aus Holz sind kaum Grenzen gesetzt. Ein besonderer Punkt ist die eindeutige Regelung zur fast uneingeschränkten Verwendung von feuerhemmend behandeltem Holz als wirksame Brandschutzbekleidung.

**Italien** besticht mit seiner undifferenzierten Betrachtung des Brandschutzes, was den Materialeinsatz angeht. Auch die direkte Verwaltung der Auflagen durch die ansässige Feuerwehr, wirkt sich positiv auf die Verständigung zwischen den am Bau Beteiligten und den Einsatzkräften aus. Eher nachteilig scheint der Mangel an Leitfäden, die sich speziell mit dem Holzbau befassen.

Die Bestimmungen in **England** wirken in ihrer Gesamtheit auf den ersten Blick relativ überladen. Es existieren eine Vielzahl unterschiedlicher Dokumente, die den „National Acts“ angehören oder solche ersetzen.

Bei näherer Betrachtung aber erkennt man bereits das Streben nach einer Vereinheitlichung der einzelnen Unterlagen. Auch betreffen viele Erlässe nicht etwa die baulichen Auflagen, sondern die rechtlichen Schritte (Behördenweg, Pflichten und Verantwortung). Sehr überzeugend wirkt der Brandschutzteil des „National Building Codes“. Durch die maximale Anforderung an die Brennbarkeit von B1-s3,d2 können viele Materialien des Holzbaus problemlos eingesetzt werden. Die übersichtliche Struktur und die Betrachtung vieler Bereiche als System machen einen prägnanten Eindruck.



## Verhalten von Brettsperrholz im Brandfall

Da es sich bei Brettsperrholz um einen inhomogenen zusammengesetzten Baustoff handelt, stellt sich für diesen (BSP) auch ein besonderes Brandverhalten ein.

Er besitzt die typischen Eigenschaften von Holz, das die Vorteile eines vorhersehbaren Abbrandes mit sich bringt. Darüber hinaus besteht es jedoch aus verklebten Schichten, die sich je nach Verklebung und Schichtdicke anders verhalten.

Durch den vermehrten Einsatz von BSP im mehrgeschossigen Wohnbau nahm auch die Anzahl der Brandtests zu.

Mittlerweile kann man die verschiedenen Verhaltensmuster im Brandfall, je nach Randbedingungen (Bekleidung, Verklebung, Schichtstärken, etc.) sehr gut beschreiben.

Einen besonderen Punkt stellt die Verbindungstechnik dar. Sie hängt von den Projektdetails ab und wird je nach Anforderungen vor direkter Beflammung geschützt.

# 1 Brandvoraussetzungen

[21]

Ohne die richtigen Voraussetzungen gibt es auch keine Brandentstehung. Die beiden wesentlichen Faktoren sind:

- stoffliche Voraussetzungen
- energetische Voraussetzungen

Das Brand- oder Feuertreieck zeigt die Dinge, die nötig sind um ein Feuer zu entfachen:

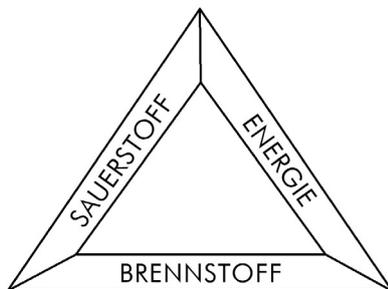


Abb. 1.1 Feuertreieck, aus [116]

## 1.1 Stoffliche Voraussetzungen

Die stofflichen Voraussetzungen für ein Feuer sind gegeben wenn:

- ein brennbarer Stoff in geeigneter Form und Menge vorhanden ist,
- ausreichend Oxidationsmittel zur Verfügung steht und
- das richtige Mischverhältnis (Brennstoff/Sauerstoff) gegeben ist.

Für Holz gelten folgende Eigenschaften:

	Heizwert [kWh/kg]	Luftbedarf [kg Luft/kg Stoff]	Energie/Luftmenge [kWh/kg Luft]
Holz (Fichte)	4,3	5,8-6,0	0,73

Tab. 1.1 Brandeigenschaften von Holz, aus [113]

## 1.2 Energetische Voraussetzungen

Zwei energetische Aspekte sind für ein Feuer von Bedeutung:

- Erstens, die Zündenergie oder auch Zündtemperatur, sie gibt an, auf welche Temperatur ein Stoff gebracht werden muss, um den Verbrennungsvorgang einzuleiten. Man kann in der Regel nur Temperaturbereiche angeben, da die Angabe eines genauen Wertes nur unter definierten Bedingungen möglich ist.
- Der zweite Faktor ist die Mindestverbrennungstemperatur, die erforderlich ist, um den Reaktionszustand aufrechtzuerhalten.

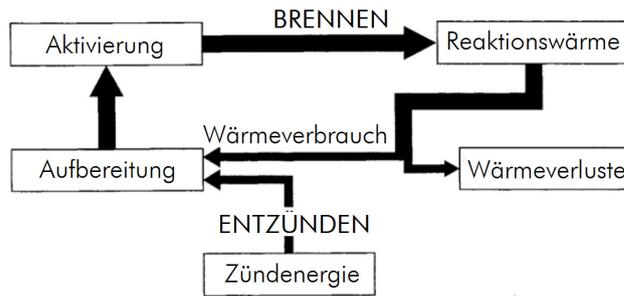


Abb. 1.2 energetischer Zyklus bei einer Verbrennung, aus [21]

### 1.3 Brandphasen

Man kann einen Brand bezüglich seiner Temperaturentwicklung und des zeitlichen Verlaufes beurteilen. Je nach Voraussetzung können diese unterschiedlich lang oder kurz ausfallen.

- Erwärmung, Zündphase  
Diese Phase wird durch die verschiedenen Brandursachen initiiert. Ein Stoff entzündet sich und stellt noch keine unmittelbare Gefahr dar.
- Schwelbrand  
Der Brand breitet sich weiter aus und hat eine erhöhte Wärmeentwicklung und Verrauchung zur Folge. Der Schwelbrand kann sich, je nach Einflussfaktoren, über wenige Minuten aber auch über Stunden entwickeln.
- Vollbrand  
Wenn die Brandraumtemperatur erstmal die Entzündungstemperatur der Brandlasten überschritten hat, kommt es zu einer schlagartigen Ausbreitung des Brandes. Dieser sogenannte „Flashover“ oder Feuerübersprung hat Ausbreitungsgeschwindigkeiten von ca. 10m/min zur Folge. Die Temperatur während des nun erreichten Vollbrandes steigt auf ca. 800° bis 1100°C an und wird nur noch durch die Menge an Brandlast (brandlastgesteuerter Brand) und die Menge an Sauerstoff (ventilationsgesteuerter Brand) begrenzt.
- Abkühlphase  
Wenn alle Brandlasten verbraucht sind, kommt es zur letzten Phase, dem Abküh-

len der Brandreste.

Brandphase	Temperaturbereich [°C]	Brandleistung [kW/m <sup>2</sup> ]
Entzündung	25-50	<25
Schwelen	50-150	25-50
Ausbreitung	500-1250	50-1200
Abklingen	500-20	<200

Tab. 1.2 Typische Kennwerte der vier charakteristischen Brandphasen (ohne Löscheinwirkung), aus [21]

## 1. 4 Brandmodelle

[78]

Da es nicht möglich ist, einen Gebäudebrand zu simulieren, der alle möglichen Verläufe und Szenarien abdeckt, haben sich gewisse Brandmodelle entwickelt. Das Ziel solcher Modelle ist es, ein vergleichbares und möglichst naturgetreues Ergebnis zu erhalten. Basis für diese Modelle sind neben den physikalischen und mathematischen Grundsätzen zahlreiche Brandversuche, die zu einer möglichst realistischen Modellbildung beitragen.

Zwei Modelle sind in der ÖNORM EN 1991-1-2 [78] vorgesehen:

- Nominelle Temperaturzeitkurven
- Naturbrandmodelle

### 1. 4. 1 Nominelle Temperaturzeitkurven

Die drei, in Kapitel 1, Abschnitt 1 bereits erwähnten „Standard Temperaturkurven“ werden für verschiedene Fälle, besonders im Bereich der Versuchsanordnung, herangezogen.

- Die Einheits-Temperaturkurve verzichtet im Gegensatz zum realen Brandverlauf auf den abfallenden Temperaturast. Sie simuliert somit nicht den realen Brandverlauf sondern bietet einen Maßstab, um brandtechnisch geprüfte Baustoffe und Baukörper zu vergleichen.
- Die Außenbrandkurve beschreibt eine geringere Temperaturentwicklung. Dies ist meist dann der Fall, wenn sich Fassaden entzünden und die heißen Brandgase sich mit kühler Außenluft vermischen.
- Die Hydrokarbon-Brandkurve beschreibt Fälle, in denen mit einem sehr schnellen

und sehr hohen Brandtemperaturanstieg zu rechnen ist (kann vor allem im industriellen Bereich (z.B. Ö Raffinerie) vorkommen). Dabei ist mit einem Anstieg auf über 1000°C in nur 5 Minuten, aber auch mit einem schnellen Abklingen (200°C nach 20 Minuten), zu rechnen.

Für die Klassifizierung von Bauprodukten sieht die ÖNORM EN 13501-2 zwei weitere Brandszenarien vor.

- Die Schwelbrandkurve beschreibt die Möglichkeit, bei der ein Material eine Entzündungsphase deutlich unter dem Temperaturniveau der ETZ besitzt.
- Bestimmte Bauteile müssen zusätzlich noch mit einer konstanten Temperaturbeanspruchung geprüft werden (z.B. 500° C oder 1000° C).

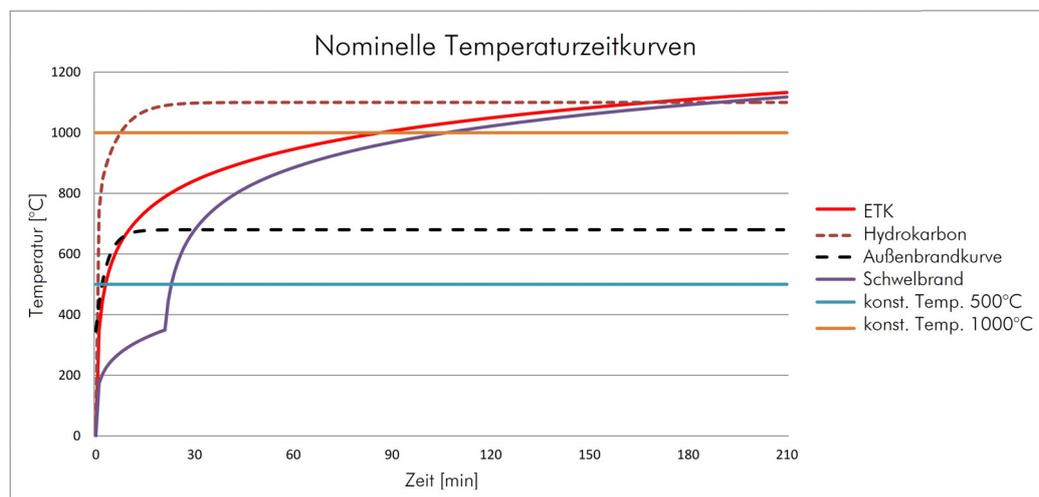


Abb. 1.3 Temperaturzeitkurven [78]

#### 1. 4. 2 Naturbrandmodelle

Ihr Einsatz liegt vermehrt in numerischen Brandsimulationen. Anders als bei den Temperaturkurven, die keine Eingangsparameter benötigen, werden bei Naturbrandmodellen etliche Werte (Brandlasten, Flächen, Energiefreisetzungsraten, Geometrie, Öffnungen usw.) für deren Berechnung vorausgesetzt.

Es gibt vereinfachte Brandmodelle, welche nur unter bestimmten Grenzen angewendet werden können, wie z.B. für den Vollbrand und den lokalen Brand. In den allgemeinen Brandmodellen sollten zumindest die Faktoren

- Gasaustausch
- Masseaustausch
- Energieaustausch

berücksichtigt werden.

Die ÖNORM EN 1991-1-2 [78] beschreibt drei Modelle:

- Ein-Zonen-Modelle  
Gleichmäßige zeitabhängige Temperaturverteilung im Brandabschnitt.
- Zwei-Zonen-Modelle  
Eine obere zeitabhängige Schicht mit gleichmäßiger zeitabhängiger Temperatur und eine untere Schicht mit gleichmäßiger zeitabhängiger geringerer Temperatur.
- Feldmodelle  
Die Temperaturentwicklung in Abhängigkeit der Zeit und des Ortes wird mit dem „Fluid-Dynamik“ Verfahren berechnet.

## 2 Brandverhalten von Holzwerkstoffen

[21],[20],[25]

Holz als Baustoff besteht hauptsächlich aus Cellulose (60-80%) und Lignin (20-40%). Der hochpolymere Stoff Lignin ist fest mit der Cellulose verbunden und macht sie stabil und druckfest. Der Anteil dieses sogenannten „Verholzungsstoffes“ kann je nach Holzart variieren. Rein chemisch betrachtet, bestehen diese Stoffe aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff (Kohlenwasserstoffverbindungen), und können somit als brennbar angesehen werden.

Um den Abbrand von Holz einigermaßen zu verstehen und zu analysieren, gilt es zuerst ein paar grundlegende Eigenschaften zu verinnerlichen. Holz macht während und vor dem Brand verschiedene Phasen durch. Man kann grob von den folgenden vier Stadien ausgehen.

Vereinfachte Phasen der thermischen Zersetzung von Holz:

- Aufheizung und Austrocknung der Randzonen
- Pyrolyse des Holzes unter Freisetzung von brennbaren Gasen
- Verbrennung der brennbaren Gase
- Verbrennung des festen kohlestoffhaltigen Rückstandes

Die ersten beiden Phasen, die die Trocknung des Holzes und den Beginn der thermischen Zersetzung einleiten, wirken sich bereits bei 105°C auf die äußere Holzschicht aus. Bei diesem Pyrolysevorgang sind zwei Dinge von Bedeutung. Zum ersten das Beachten der äußeren Schicht, die keinen Anteil zur Tragfähigkeit des Restquerschnittes mehr liefert. Zweitens die Schutzwirkung der entstehenden Holzkohleschicht. Diese Schicht bildet einen Isolator, der das innenliegende Holz vor weiterer Wärmeeinwirkung schützt. Aufgrund dieses Verhaltens wird der spätere Raumtemperaturanstieg im Brandfall kompensiert und die Abbrandraten bleiben nahezu ident.

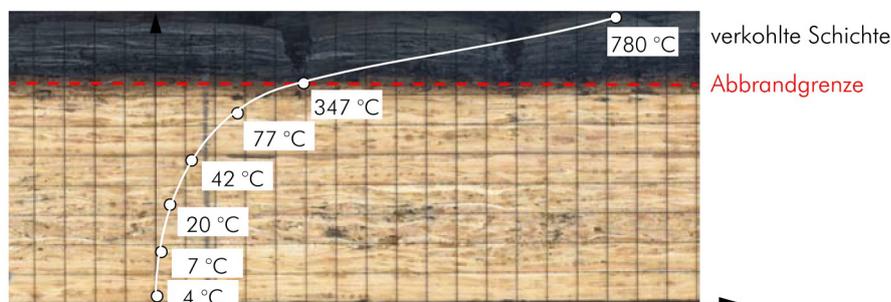


Abb. 2.1 Dämmwirkung der verkohlten Außenschicht, Temperaturverlauf im brandbelasteten Querschnitt (zwei verklebte OSB-Platten, Dicke ca. 50 mm), Branddauer 20,5 Minuten (Bezugstemperatur = 25°C), aus [23]

Die dritte Phase ist jene, in der eine Entzündung des Holzes unter Einwirken einer Zündquelle erfolgen kann. Dies ist der Fall, wenn die Menge der freiwerdenden flüchtigen brennbaren Gase genügt, um ein brennbares Gas-Luft-Gemisch zu erzeugen. Je nach Art des Holzes ist dazu eine Oberflächentemperatur zwischen 270°C und 340°C erforderlich. Für Fichtenholz, zum Beispiel, liegt die erforderliche Temperatur bei ca. 280°C. Bei einer Beflammung gemäß der Einheitstemperaturkurve, stellt sich dieser Zustand bereits nach einer Minute ein. Für die Selbstentzündung ohne Einwirken einer Zündquelle ist eine Raumtemperatur von mindestens 500°C bis 525°C nötig.

Temp.	Phasen der thermischen Zersetzung	
100 °C	Holztrocknung, Verlust an ungebundenem Wasser	Materialerwärmung
150 °C bis 225 °C	Abbau des Lignins und der Hemicellulose Beginn der Veränderung der Cellulose Beginn der Entwicklung der Zersetzungsgase (CO <sub>2</sub> , Essigsäure, Wasserdampf) langsamer Verlauf der Reaktion Selbstentzündung ist bei längerer Temperatureinwirkung möglich	Bereich der kritischen Zersetzungstemperatur
230 °C bis 300 °C	Zersetzung der Zellulose Starke Bildung von Zersetzungsgasen Beginn der Bildung einer Holzkohleschicht Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit Bei Vorhandensein einer Pilotflamme kann sich das Gasgemisch entzünden	Bereich der Entzündungstemperatur
300 °C	Gewichtsverlust des Holzes steigt rapide (bis 40 M%)	
400 °C	Flammenausbreitung an der Oberfläche Exothermer Verlauf der Zersetzungsreaktion Maximale Bildung der brennbaren Gase	Verbrennen mit offener Flamme
500 °C	Starke Bildung glühender, ligninreicher Schichten Brandausbreitung in die Holztiefe	Glühen und vollständige Verbrennung der Pyrolyserückstände
700 °C	Abbrennen des Holzkohlerückstandes Vollständiges Abbrennen der Zersetzungsgase an der Oberfläche	

Tab. 2.1 tabellarische Gliederung des Zersetzungsprozesses von Holz, aus [21]

## 2.1 Brettsperrholz

[21]

BSP unterscheidet sich in gewissen Punkten vom Abbrand eines gewöhnlichen Holzwerkstoffes. Durch seine Mehrschichtigkeit stellt sich nach dem Abfallen einer thermisch zersetzten Schicht eine höhere Abbrandrate ein. Dies ist auf die sprunghaft erhöhte Temperatureinwirkung ohne den Schutz der zuvor entstandenen Verkohlungsschicht zurückzuführen. Ob mit dem Abfallen zu rechnen ist, hängt in erster Linie von der Temperaturbeständigkeit des Klebstoffes ab.

Um die Entflammbarkeit und auch die Flammenausbreitung von Brettsperrholz zu beeinflussen, bieten sich die folgenden Möglichkeiten an:

- Anstriche, Tränkung oder Imprägnierung mit brandhemmenden Mitteln
- mechanische Verdichtung der Oberfläche
- äußere Schicht mit höherer Dichte
- Aufbringen von nicht brennbaren Bekleidungen

Die gängigste Form ist das Aufbringen von nicht brennbaren Bekleidungen. Durch den häufigen Einsatz bei mineralischen Bauweisen kann man bei Bekleidungen wie Gipsplatten bereits auf eine breite Palette an geprüften Details und Anbietern zurückgreifen. Die Behandlung des Holzes mit brandhemmenden Mitteln findet zurzeit hauptsächlich im nördlichen Europa und in Nordamerika Anwendung.

## 2.2 Klebstoff

[25]

Da der Klebstoff ein essenzieller Bestandteil von BSP ist, beeinflussen seine temperaturbedingten Eigenschaften auch das Brandverhalten von Brettsperrholz. Derzeit kommen zwei normativ geregelte Klebstoffgruppen zum Einsatz:

- Aminoplaste (Melamin Formaldehydklebstoff (MF))
- Melamin Harnstoff Formaldehydklebstoff (MUF)
- einkomponentige Polyurethanklebstoffe (1K-PUR)

Die einkomponentigen Klebstoffe bieten den Vorteil einer einfacheren Verarbeitung, für den Brandschutz sind jedoch die mehrkomponentigen Klebstoffe mit ihrer erhöhten Temperaturbeständigkeit die bessere Wahl.

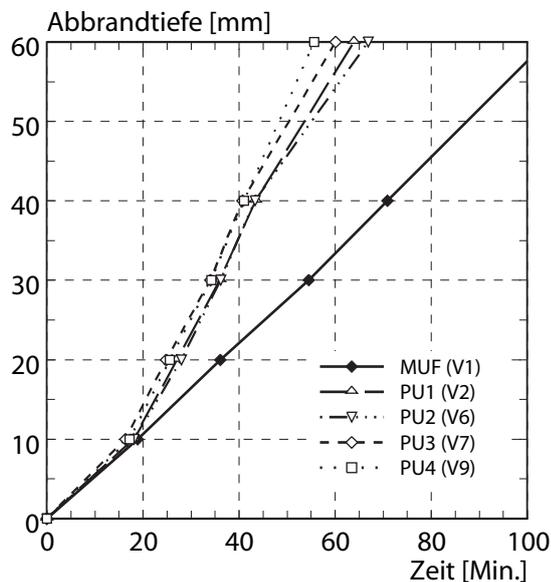


Abb. 2.2 Gemessene Abbrandtiefe für Brettsperrholzplatten mit 5 Schichten (10, 10, 10, 10, 20 mm) für ISO-Normbrandeinwirkung, aus [24]

Die EN 301 „Klebstoffe für tragende Holzbauteile - Phenoplaste und Aminoplaste - Klassifizierung und Leistungsanforderungen“ [83] und die EN 15425 „Klebstoffe - Einkomponenten-Klebstoffe auf Polyurethanbasis für tragende Holzbauteile - Klassifizierung und Leistungsanforderungen“ [84] geben nur über die normalen Einsatztemperaturen Auskunft. Auf die Eigenschaften im Brandfall wird jedoch nicht eingegangen.

Aus Versuchen geht hervor, dass sich Mehrkomponentenkleber als sehr temperaturbeständig erweisen, wodurch sie dem verklebten Bauteil ein nahezu gleiches Brandverhalten wie einem Vollholzquerschnitt einräumen. Bei einkomponentigen Klebern ist Vorsicht geboten, da sie unter Beflammung sehr schnell versagen und ein Ablösen der betroffenen Schicht die Folge ist. Durch den plötzlichen Anstieg in der Temperaturbelastung der nun freiliegenden Schicht stellt sich eine erhöhte Abbrandrate ein. Wie sich dies auf den rechnerischen Abbrand auswirkt, wird in Kapitel 4 erläutert.

## 2.3 Verbindungsmittel

[20]

Verbindungsmittel aus Stahl werden im Brandfall hinsichtlich ihrer Tragwirkung negativ beeinflusst. Maßgebend ist der Anteil der ungeschützten Oberfläche des Verbindungsmittels. Auf einen ausreichenden Schutz durch anliegende Holzbauteile oder zusätzliche Brandschutzbekleidungen ist zu achten.

Nägeln, Stahldübel und Holzschraubenverbindungen sind auf Grund ihrer Umhüllung durch Holz größtenteils vor Brandeinwirkungen geschützt. Um eine allseitige Umhüllung

zu erreichen, können die Verbindungsmittel versenkt oder mit Holzscheiben bzw. Holzlaschen abgedeckt werden.

Die Tragfähigkeit von Schraubenbolzen, Einpress- oder Einlassdübel hängt ebenfalls vom Abbrand des sie umgebenden Holzes ab. Um die Klemmwirkung von Schraubenbolzen mit Unterlagsscheiben zu gewährleisten, können z.B. zusätzliche Schraubnägel im Umkreis des Bolzens vorgesehen werden.

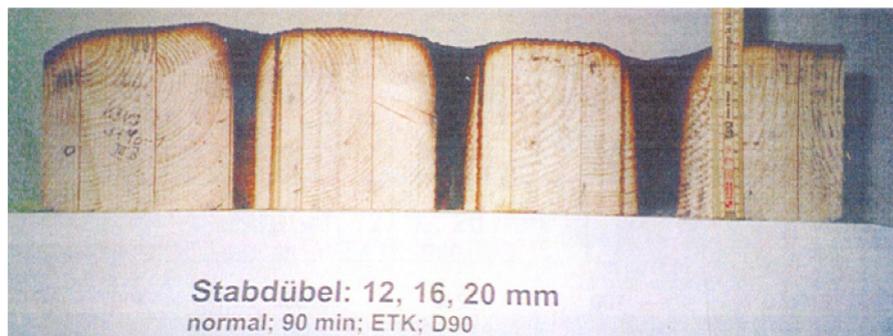


Abb. 2.3 Brettschichtholzquerschnitt mit Stabdübeln nach einem Brandversuch, aus [22]

Da es sich beim Brandfall um eine außergewöhnliche Bemessungssituation handelt, müssen Verbindungsmittel, die aus anderen Einflüssen wie Windlasten oder Erdbeben resultieren, nicht gegen Brandbelastung geschützt werden.

### 3 Klassifizierung und ihre Bedeutung

[19],[89],[90]

#### 3.1 Charakteristische Eigenschaften zum Feuerwiderstand

Die nachfolgend gezeigten Bauteilbezeichnungen ergeben sich durch bestimmte Kombination mit ihren zu erfüllenden Eigenschaften. Die Klassifizierungszeiten können 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 oder 360 Minuten betragen und müssen für jedes der Bauteilmerkmale angegeben werden (Nicht alle Zeiten gelten für alle Bauteile).

Die Klassifizierung kann mit zusätzlichen Leistungsparametern erweitert werden.

Die Darstellung muss nach folgender Reihung erfolgen:

R	E	I	W		t	t	-	M	C	S	IncSlow	sn	ef	r
---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---------	----	----	---

Tab. 3.1 Reihung der Bauteilmerkmale, aus [89]

G und K zählen zu den besonderen Leistungsparametern.

Charakteristische Leistungseigenschaften entsprechend der ÖNORM EN 13501-2 [89]

R - Tragfähigkeit (Resistance)

E - Raumabschluss (Etanchèité)

I - Wärmedämmung (Isolation)

W - Wärmestrahlung

M - Stoßbeanspruchung (Mechanical)

C - Selbstschließend (Closing)

S - Rauchdichtheit (Smoke)

G - Rußbrandbeständigkeit

K - Brandschutzwirkung

IncSlow - Verhalten auf die Schwelbrandkurve

sn- Beanspruchung bei Naturbrand

ef - Leistungsverhalten nach der Außenbrandkurve

r - Leistungsverhalten nach einer konstanten Brandkurve

### **R - Tragfähigkeit**

Ist die Fähigkeit dem von einer oder mehreren Seiten einwirkenden Brand für eine bestimmte Dauer zu widerstehen. Das heißt auch, unter der festgelegten mechanischen Last, den Grenzwert der Verformung nicht zu überschreiten.

### **E - Raumabschluss**

Steht für den Zeitraum, bis auf der dem Feuer abgewandten Seite einer der folgenden drei Versagensmechanismen auftritt:

- Spalte und Öffnung, die über eine bestimmte Abmessung hinausgeht
- Entzündung eines Wattebausches
- andauernde Entflammung auf der vom Feuer abgewandten Seite

Ein Versagen der Tragfähigkeit gilt ebenfalls als Versagen des Raumabschlusses. Falls der Bauteil nicht hinsichtlich seiner Wärmedämmung klassifiziert wird, wird der Raumabschluss ohne die Entzündung des Wattebausches bestimmt.

Manche Bauteile müssen nach den Kriterien ihrer zugehörigen Prüfnorm getestet werden.

### **I - Wärmedämmung**

Eine mittlere Temperaturerhöhung von der dem Feuer abgekehrten Seite von nicht mehr als 140°C über der mittleren Ausgangstemperatur (vereinzelt max. 180 C°).

Ein Versagen von R und E hat gleichzeitig ein Versagen von I zur Folge.

Bei der Wärmedämmung von Feuerschutztüren, Klappen und Abschlüssen kommen neben der Temperaturerhöhung noch weitere Kriterien zum Einsatz.

### **W - Strahlung**

Gibt die Fähigkeit an, einer Brandübertragung durch abgestrahlte Wärme auf der dem Feuer abgewandten Seite entgegen zu wirken ( $> 15 \text{ kW/m}^2$ ). Es wird davon ausgegangen, dass ein Bauteil, der dem Kriterium I genügt, auch den Anforderungen für W entspricht.

### **M - Widerstand gegen mechanische Beanspruchung**

Der Bauteil hat einer definierten Stoßbelastung kurz nach dem Zeitpunkt der angestrebten R-,E-, und I- Klassifizierungsperiode zu widerstehen.

## **C - Selbstschließende Eigenschaften**

Die selbstschließende Eigenschaft von Bauteilen, die ständig oder im Brandfall schließen, muss unter allen Bedingungen aufrechterhalten werden.

## **S - Rauchdichtheit**

Beschreibt die Fähigkeit, den Rauchdurchtritt eines Bauteils von einer Seite auf die andere zu verringern oder zu verhindern. Man unterscheidet zwischen Dichtheit bei Umgebungstemperatur oder bei 200 C°.

## **G - Widerstand gegen Rußbrand**

Spielt in der Regel nur bei Abgasanlagen eine Rolle.

## **K - Brandschutzfunktion**

Die Brandschutzfunktion K gibt die Fähigkeit einer Bekleidung an, den dahinterliegenden Bauteil für eine bestimmte Zeit vor Entzündung, Verkohlung und anderen Schäden zu schützen.

Nähere Beschreibung in Kapitel 5 (4.1 Brandschutzbekleidungen).

## **IncSlow - Verhalten auf die Schwelbrandkurve**

Bei Untersuchung des Baustoffverhaltens auf die Schwelbrandkurve, wird dies mit dem Zusatz „IncSlow“ gekennzeichnet.

## **sn- Beanspruchung bei Naturbrand**

Die Beanspruchung bei Naturbrand kann eine bauaufsichtliche Anforderung sein, (kommt nur bei leichten Unterdecken mit geringen Wärmeeindringverhalten vor und wird nicht für alle Unterdecken gefordert) woraufhin der durch die Unterdecke zu schützende Bauteil mit dem Zusatz „sn“ gekennzeichnet werden muss, z.B. R 60-sn.

## **ef - Leistungsverhalten nach der Außenbrandkurve**

Gibt an wenn das Leistungsverhalten des Bauteils anhand der Außenbrandkurve und nicht mit der Einheitstemperaturkurve bestimmt wurde.

## **r - Leistungsverhalten nach einer konstanten Brandkurve**

Gibt an wenn das Leistungsverhalten des Bauteils anhand einer konstanten Brandkurve und nicht mit der Einheitstemperaturkurve bestimmt wurde.

## 3.2 Brennbarkeitsklassen

Beschreibt die Brennbarkeit eines Stoffes und wie er sich dabei verhält:

A nicht brennbare Stoffe

- A1 nicht brennbar ohne organische Bestandteile
- A2 nicht brennbar mit organischen Bestandteilen (Nachweis erforderlich)

B-F brennbare Stoffe

In Abbildung 3.3 ist die Überführung der alten Bezeichnungen der ÖNORM B 3800 in die derzeit gültige ÖNORM EN 13501-1 [90] dargestellt.

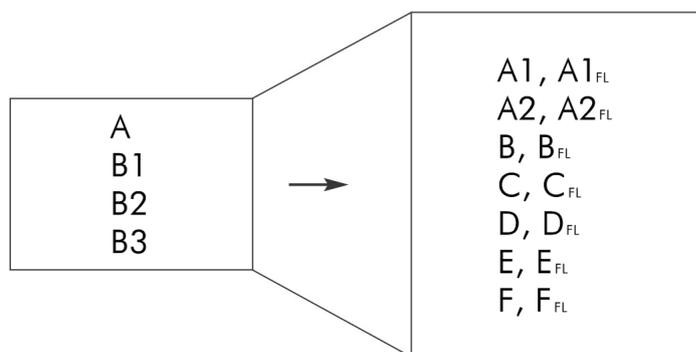


Abb. 3.1 Gegenüberstellung österreichische (alt) und europäische (aktuell) Brennbarkeitsklassen, aus [19]

Darüber hinaus gibt es noch spezifische Anhänge z.B. B2-s1, d0, wobei „s“ für den Grad der Rauchentwicklung steht und „d“ das Abtropfverhalten beschreibt.

\* FL = floorings (Bodenbeläge)



Abb. 3.2 Gegenüberstellung österreichische (alt) und europäische (aktuell) Brandnebenerscheinung, aus [19]

	Rauchentwicklung		Abtropfverhalten		
			d0 (kein brennendes Abtropfen oder Abfallen)	d1 (brennendes Abtropfen oder Abfallen für max. 10 Sekunden)	d2 (brennendes Abtropfen oder Abfallen über mehr als 10 Sekunden)
<b>nicht brennbar</b>					
Brennbarkeitsklasse A1		A1			
Brennbarkeitsklasse A2	s1 (keine Sichtbehinderung durch Rauch)		A2-s1,d0	A2-s1,d1	A2-s1,d2
	s2 (Sichtbehinderung durch Rauch)		A2-s2,d0	A2-s2,d1	A2-s2,d2
	s3 (starke Sichtbehinderung durch Rauch)		A2-s3,d0	A2-s3,d1	A2-s3,d2
<b>schwer entflammbar</b>					
Brennbarkeitsklasse B	s1		B-s1,d0	B-s1,d1	B-s1,d2
	s2		B-s2,d0	B-s2,d1	B-s2,d2
	s3		B-s3,d0	B-s3,d1	B-s3,d2
<b>normal entflammbar</b>					
Brennbarkeitsklasse C	s1		C-s1,d0	C-s1,d1	C-s1,d2
	s2		C-s2,d0	C-s2,d1	C-s2,d2
	s3		C-s3,d0	C-s3,d1	C-s3,d2
Brennbarkeitsklasse D	s1		D-s1,d0	D-s1,d1	D-s1,d2
	s2		D-s2,d0	D-s2,d1	D-s2,d2
	s3		D-s3,d0	D-s3,d1	D-s3,d2
Brennbarkeitsklasse E		E		E-d2	
<b>leicht entflammbar</b>					
Brennbarkeitsklasse F		F			

Tab. 3.2 Brennbarkeitsklassen, ausgenommen Bodenbeläge und Rohrisolierungen, aus [90]

Basis für die Bewertung sind eine Vielzahl von Prüfungen (gemäß EN ISO), die in der ÖNORM EN 13501-1 aufgelistet sind.

In der ÖNORM EN 13501-2 werden Bauprodukte weiter nach ihrer Bauart klassifiziert. Hier werden speziell Bauteile und Systeme behandelt.



## Rechnerischer Brandschutz

Der rechnerische Brandschutz befasst sich mit dem theoretisch bestimmbaren Abbrand von Holz. Als Basis dienen die aus einer Vielzahl von Brandversuchen ermittelten empirischen Werte, auf denen die Abbrandraten für verschiedene Holzarten und Werkstoffe aufgebaut sind.

Je nach Situation, welche Randbedingungen bestehen, stellen sich verschiedene Verhaltensmuster von Holz unter Brandeinwirkung ein. In der EN 1995-1-2 „Eurocode 5“ werden die am häufigsten verwendeten Berechnungsmethoden beschrieben.

# 1 Grundlegendes

[25],[85]

Für durch Brandschutzbekleidung geschützte Bauteile, sowie für Bauteile aus Brettsper Holz stellt sich ein Zustand ein, der einer genaueren Betrachtung bedarf.

Durch den plötzlichen Ausfall einer Schicht, ein nicht temperaturbeständiger Klebstoff vorausgesetzt, wird das darunterliegende Holz direkt einer erhöhten Brandraumtemperatur ausgesetzt. Die Folge ist eine vorübergehende stärkere thermische Abtragung, bis sich wieder eine schützende Kohleschicht gebildet hat.

Ist also mit dem Abfallen der Brandschutzbekleidung oder einer gänzlich abgebrannten BSP-Schicht zu rechnen, wird eine erhöhte Abbrandrate für die freiwerdende Schicht angesetzt. Falls die Schichtstärke 25 mm übersteigt, kann man davon ausgehen, dass sich wieder eine ausreichende Holzkohleschicht bilden wird.

Die Berechnung der Verkohlungstiefe lt. Eurocode erfolgt mit Hilfe der Abbrandgeschwindigkeit „ $\beta$ “ (in mm/min).

Ob sich eine BSP-Schicht während des Brandes ablöst, ist vor allem vom Klebstoff abhängig. Bei MUF-Klebstoffen kann man von einer ausreichenden Temperaturbeständigkeit ausgehen. Dadurch wird ein Ablösen der verkohlten Schichten verhindert und der Brandverlauf nach dem Erreichen der zweiten Schicht bleibt nahezu unverändert.

\* Anmerkung: Aussagen zu Brettsper Holz stammen NICHT aus einer Norm sondern aus dem BSP-Handbuch [25] !

## 2 Berechnung gemäß ÖNORM EN 1995-1-2

[25],[85]

In der ÖNORM EN 1995-1-2 „Eurocode 5: Teil 1-2“ werden zwei alternativ anwendbare Varianten zur Berechnung angegeben. Das genauere Verfahren mit der Methode mit reduzierten Eigenschaften darf nur für Rechteckquerschnitte aus Nadelholz mit drei- oder vierseitiger Beanspruchung oder für Rundhölzer mit allseitiger Beanspruchung angewendet werden. Die Methode mit reduziertem Querschnitt hingegen darf für alle Fälle verwendet werden.

Die Methode mit reduziertem Querschnitt liegt im Allgemeinen auf der sicheren Seite, sodass sich bei knappen Fällen eine Berechnung mit dem genaueren Verfahren lohnen kann.

### 2.1 Allgemeine Begriffe

t .....Zeitdauer der Beanspruchung

- $t_{ch}$  .....die Zeit bis zum Beginn des Abbrandes des Bauteils
- $t_f$  .....die Zeit bis zum Versagen der Brandschutzbekleidung oder anderer Brandschutzmaterialien
- $t_a$  .....die Zeit, ab der die Abbrandgeschwindigkeit für ungeschützte Bauteile wieder angenommen werden kann
- $f_k$  .....charakteristische Festigkeit
- $d_{char,0}$  .....Bemessungswert der Abbrandtiefe für einen eindimensionalen Abbrand
- $d_{char,n}$  .....Bemessungswert der ideellen Abbrandtiefe, einschließlich der Effekte aus Eckausrundungen und Rissen
- $d_{ef}$  .....Abbrandtiefe im Holzbauteil
- $\beta_0$  .....Bemessungswert der eindimensionalen Abbrandrate bei Normbeanspruchung
- $\beta_n$  .....Bemessungswert der ideellen Abbrandrate, einschließlich der Auswirkungen von Eckausrundungen und Rissen
- $k_{mod,fi}$  .....Modifikationsbeiwert im Brandfall
- $\gamma_{M,fi}$  .....Teilsicherheitsbeiwert für Holz im Brandfall
- $\rho_k$  .....charakteristische Rohdichte, in  $\text{kg/m}^3$
- $h_p$  .....Werkstoffdicke, in Millimeter
- $f_{d,fi}$  .....Bemessungswert der Festigkeit im Brandfall
- $R_{d,fi}$  .....zugehöriger Bemessungswert der Beanspruchbarkeit im Brandfall
- $E_{d,fi}$  .....Bemessungswert der Beanspruchung im Brandfall
- $k_{fi}$  .....Koeffizient für den 20% Fraktielwert der Festigkeit oder Steifigkeit
- $k_l$  .....Systembeiwert bei mehreren im Verbund wirkenden Brettern (z.B.: Zugbeanspruchter Bereich einer BSP-Platte) [25]

Eine ausführliche tabellarische Auflistung von Abbrandraten, Mindestquerschnittsdicken und anderen materialspezifischen Werten kann der ÖNORM B 3800-4 [86] entnommen werden.

## 2.2 Methode mit reduziertem Querschnitt

Ziel ist es, den wirksamen Restquerschnitt nach einer bestimmten Branddauer zu ermitteln. Dazu wird die wirksame Abbrandtiefe  $d_{ef}$  berechnet.

Basis für den Tragfähigkeitsnachweis ist folgende Gleichung:

$$E_{d,fi} \leq R_{d,fi}$$

Bei der Berechnung von  $E_{d,fi}$  dürfen gemäß ÖNORM EN 1990 „Grundlagen der Tragwerksplanung“ [87] die Nutzlasten im Brandfall, im Gegensatz zum Kaltfall, mit einem reduzierten (wahrscheinlicheren) Wert angenommen werden. Da es sich um eine außergewöhnliche Bemessungssituation handelt, müssen gleichzeitig keine Wind- und Schneelasten berücksichtigt werden.

Kombination für die Einwirkung Brand, außergewöhnliche Bemessungssituationen laut ÖNORM EN 1990:

$$E_d = E \cdot (\Sigma G_{k,i} + \psi_2 \cdot Q_{k1} + \Sigma \psi_2 \cdot Q_{k,i})$$

Der Bemessungswert der Materialfestigkeit im Brandfall:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{m,fi}} \quad \text{mit } f_{20} = k_{fi} \cdot f_k$$

der Wert  $f_{20}$  beschreibt die 20% Fraktile der Grundgesamtheit.

Für die außergewöhnliche Einwirkung „Brand“, gilt  $\gamma_{M,fi} = 1,0$  für alle Baustoffe.

Der Wert  $k_{fi}$  kann der Tabelle 2.1 der EN 1995-1-2 entnommen werden.

Material	$k_{fi}$
Massivholz	1,25
Brettschichtholz	1,15
Holzwerkstoffe	1,15
Furnierschichtholz	1,1
Auf Abscheren beanspruchte Verbindungen mit Seitenteilen aus Holz oder Holzwerkstoffen	1,15
Auf Abscheren beanspruchte Verbindungen mit außen liegenden Stahlblechen	1,05
Auf Herausziehen beanspruchte Verbindungsmittel	1,05

Tab. 2.1 Koeffizient  $k_{fi}$ , aus [25]

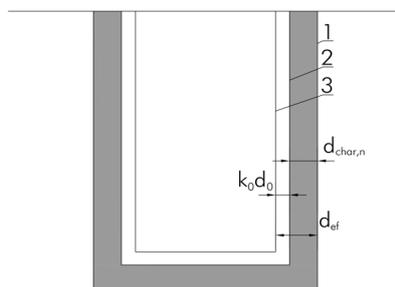
Die maßgebenden Festigkeits- und Steifigkeitsparameter sind in der Regel mit  $k_{mod,fi} = 1,0$  zu ermitteln.

Der wirksame Restquerschnitt wird um die wirksame Abbrandtiefe

$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$  bzw. um  $d_{ef} = d_{char,0} + k_0 d_0$  reduziert.

Die Berechnung mit  $d_{char,0}$  ist nicht nur für eindimensionale Brandeinwirkung, sondern auch für Brettsperrholz mit Fugen bis zu 2mm anzuwenden. Bei Fugen bis zu 6 mm wird  $d_{ef}$  mit  $d_{char,n}$  bestimmt.

Dabei ist die mit  $d_0$  bezeichnete Schicht mit 7 mm anzunehmen. Sie stellt sich in der Regel nach ca. 20 Minuten ein und bietet keine nennenswerte Festigkeit mehr.



- 1 anfängliche Oberfläche des Bauteils
- 2 Grenze des verbleibenden (ideellen) Restquerschnitts
- 3 Grenze des wirksamen Restquerschnitts

Abb. 2.1 Bezeichnungen der Holzschichten im Brandfall, aus [85]

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t$$

$$d_{char,0} = \beta_0 \cdot t$$

Die ideale Abbrandrate  $\beta_n$  sowie  $\beta_0$  für den eindimensionalen Abbrand.

Material	$\beta_0$ mm/min	$\beta_n$ mm/min
<b>a) Nadelholz und Buche</b>		
Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Vollholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
<b>b) Laubholz</b>		
Vollholz oder Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Vollholz oder Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,50	0,55

Tab. 2.2 Abbrandraten lt. ÖNORM EN 1995-1-2, aus [85]

Material	$\beta_0$ mm/min	$\beta_n$ mm/min
<b>c) Furnierschichtholz</b> mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
<b>d) Platten</b>	0,9*	-
Holzbekleidung	1,0*	-
Sperrholzwerkstoffplatten außer Sperrholz	0,9*	-
*Die Werte gelten für eine charakteristische Rohdichte von $450 \text{ kg/m}^3$ und eine Werkstoffdicke von 2 mm für andere Werkstoffdicken und Rohdichten, siehe 3.4.2 (9)		

Tab. 2.2 Abbrandraten lt. ÖNORM EN 1995-1-2, aus [85]

Für Werkstoffe mit anderen charakteristischen Rohdichten  $\rho$  und Werkstoffdicken  $h_p$  kleiner als 20 mm sollte die Abbrandrate

$\beta_{0,\rho,t} = \beta_0 \cdot k_p \cdot k_h$   
berechnet werden.

Wobei  $k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}}$

und  $k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}}$

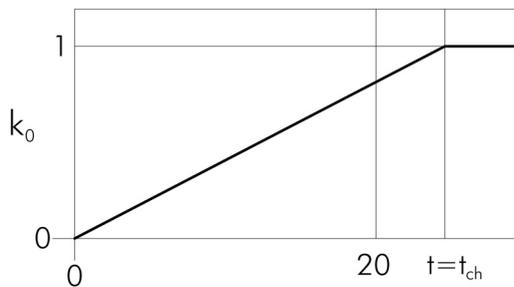
ist.

Bestimmung von  $k_0$  für ungeschützte Oberflächen mit  $t$  in Minuten.

Zeit	$k_0$
$t < 20$ Minuten	$t/20$
$t \geq 20$ Minuten	1,0

 Tab. 2.3 Werte für  $k_0$ , aus [25]

Bei geschützten Oberflächen mit  $t_{ch} > 20$  Minuten ergibt sich  $k_0$  mithilfe von:


 Abb. 2.2  $k_0$  bei geschützten Oberflächen, aus [25]

Falls mit dem Abfallen einer abgebrannten Schicht zu rechnen ist (Klebstoff nicht temperaturbeständig), wird ab der zweiten Schicht mit doppelter Abbrandrate gerechnet, d.h.  $\beta_0 = 2 \cdot \beta_0 = 1,3 \text{ mm/min}$  bzw.  $\beta_n = 2 \cdot \beta_n = 1,6 \text{ mm/min}$ . Bei Schichten mit einer Stärke von mehr als 25 mm kann angenommen werden, dass sich nach dem Abbrand der ersten 25 mm die Abbrandrate wieder reduziert, d. h.  $\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min}$  bzw.  $\beta_n = 0,80 \text{ mm/min}$ .

### 2.3 Methode mit reduzierten Eigenschaften

Der Restquerschnitt sollte entsprechend 2.1 ermittelt werden.

Bei  $t \geq 20$  Minuten sollte der Modifikationsbeiwert  $k_{\text{mod,fi}}$  entsprechend der folgenden Gleichungen berechnet werden:

- Biegefestigkeit

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0 - \frac{1}{200} \cdot \frac{p}{A}$$

- Druckfestigkeit

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0 - \frac{1}{225} \cdot \frac{p}{A}$$

- Zugfestigkeit und E-Modul

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0 - \frac{1}{225} \cdot \frac{p}{A}$$

$p$  .....Umfang des dem Feuer ausgesetzten Restquerschnitts, in m

$A_r$  .....Fläche des Restquerschnitts, in  $\text{m}^2$

zum Zeitpunkt  $t = 0$  wird der Modifikationsbeiwert  $k_{\text{mod,fi}} = 1$ , sowohl für ungeschützte als auch geschützte Bauteile angesetzt. Bei ungeschützten Bauteilen darf er für  $0 \leq t \leq 20$  Minuten linear interpoliert werden.

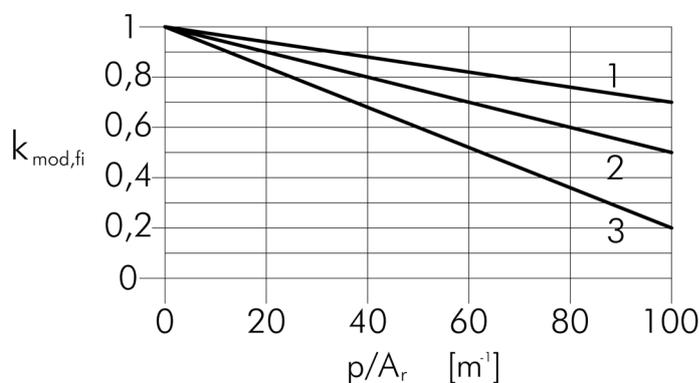


Abb. 2.3 Diagramm  $k_{\text{mod,fi}}$  aus [25]

## 2.4 Nachweis

Der Nachweis erfolgt dann dem Prinzip  $E_{d,fi} \leq R_{d,fi}$  entsprechend.

Mit den zuvor ermittelten Festigkeitskenngrößen

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{m,fi}}$$

kann dann mit den maßgebenden Einwirkungen die Ausnutzung bestimmt werden.

$$\frac{E_d}{f_{d,fi}} \leq 1,0$$

Im Brandfall sind die Nachweise des Grenzzustandes der Tragfähigkeit (ULS) mit den Einwirkungen der außergewöhnlichen Bemessungssituation Brand einzuhalten.

## 2.5 Geschützte Bauteile

Für die mit Gipsplatten von Typ A, F oder H nach ÖNORM EN 520 „Gipsplatten - Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren“ [88] geschützten Bauteile ist der Beginn des Abbrandes  $t_{ch}$  laut EN 1995-1-2 mit

$$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 14$$

zu ermitteln. Vorausgesetzt ist eine Stoßbreite  $\leq 2$  mm.

Weiters finden sich noch Bedingungen für die Abminderung bei mehreren Lagen, die unterschiedlichen Plattentypen, zeitliche Zusammenhänge und die Berechnung von Bekleidung mit Mineralwolle.

„Die rechnerisch ermittelte Schutzfunktion von Mineralwolleplatten ist mit äußerster Vorsicht zu genießen. Eine Variante in der ÖNORM EN 1995-1-2, 3.4.3.3 [85] geht von einem Schutz rein mit Steinwolleplatten ohne Bekleidung aus.“

Betrachtet man den Brandversuch aus „Kapitel 5, 2.3 Brandversuch von bekleideten und unbekleideten Brettsper Holzplatten“ mit einer Steinwolle dämmung von 40 mm und einer 15 mm Gipsfaserplatte, würde sich die rechnerisch ermittelte Zeit bis zum Beginn des Abbrandes  $t_{ch}$  wie folgt einstellen.

$$t_{ch,Gkf} = 2,8 \cdot h_p - 14 = 2,8 \cdot 15 - 14 = 28 \text{ Minuten}$$

Für Balken und Stützen, die mit Steinwolleplatten geschützt werden kann der Beginn des Abbrandes mit

$$t_{ch,ins} = 0,07 \cdot (h_{ins} - 20) \cdot \sqrt{\rho_{ins}} = 0,07 \cdot (40 - 20) \cdot \sqrt{120} = 15,3 \text{ Minuten}$$

bestimmt werden.

Wenn man nun die Wärmedämmung als eine zweite Bekleidungsanlage ansieht und gemäß 3.4.3.3 (3) um 50 % abmindert, ergibt die Gesamtzeit bis zum Beginn des Abbrandes  $t_{ch} = 28 + 0,5 \cdot 15,3 = 35,6$  Minuten die somit größer als die ca. 28 Minuten des Realbrandversuches sind.

„Zu beachten ist, dass die ÖNORM EN 1995-1-2 [85] diesen konkreten Fall nicht beschreibt und die Art der Berechnung auf einer freien Interpretation beruht.“

## 3 Brandsimulationen

[43]

### 3.1 Allgemein

Bei Brandsimulationen muss man klar abgrenzen, dass sie nur für bestimmte Umstände gültig sind. In der Regel werden Simulationen auf Realbrandszenarien ausgelegt und umfassen keine außergewöhnlichen Fälle wie terroristische Akte, Brandstiftung mit Brandbeschleunigern und Explosionen. Die besten Ergebnisse werden vor allem dann erzielt, wenn möglichst alle Randbedingungen bekannt sind und die Brandlasten sich nur unwesentlich verändern (öffentlicher Bereich).

Das „NIST US Department of Commerce“ entwickelte ein Zonenmodell für Brandsimulationen im Einsatzbereich Hochbau. Eine Validierung erfolgte durch das IBS Linz anhand von Realbrandversuchen.

Die erforderlichen Eingangsparameter:

- Brandraumgröße
- Ventilationsbedingungen (Zu- und Abluft)
- Energiefreisetzung
- zeitliche Entwicklung des Brandes
- Umgebungsparameter (Baustoffe Wand, Decke, Fußboden)
- Klimatische Parameter (Umgebungsluft, Luftfeuchtigkeit)

Aus der Simulation erhält man folgende Ergebnisse:

- Zeit-Temperaturentwicklung im betroffenen Deckenbereich in der Heißgasschicht
- Die Rauchsichtstärke und die rauchfreie Zone
- Ort der neutralen Druckebene im Brandfall

- erwarteter Zeitpunkt des Flash-Overs

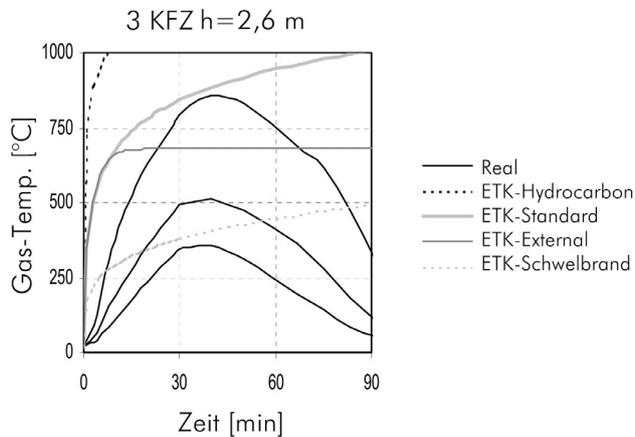


Abb. 3.1 Vergleich ETK mit der Realbrandsimulation, aus [43]

Die beispielhaften drei Realbrandkurven beschreiben den Temperaturverlauf im unmittelbaren, mittelbaren und äußeren Brandeinwirkungsbereich. Die simulierte Brandlast stellen hier drei Kraftfahrzeuge in einer Garage ( $h = 2,6$  m) dar.

Die resultierenden parametrischen Zeit-Temperaturkurven können dann mit der ETK verglichen und ausgewertet werden. Diese Modelle eignen sich besonders gut, um bestimmte Problembereiche eines Gebäudes zu analysieren. Um ein vollständiges Projekt auf diese Weise zu erfassen, ist der damit verbundene Aufwand dementsprechend hoch.

Brandsimulationen sind richtig eingesetzt ein sehr gutes Mittel des Brandschutzingenieurwesens um bestimmte Bereiche eines Projekts genauer zu betrachten und zu analysieren. Wenn die Bedingungen günstig sind und die Methode erprobt, können Simulationen als Grundlage dienen um ein Brandschutzkonzept zu bekräftigen. Nicht ersetzt werden jedoch die erforderlichen Nachweise der Aufbauten bzw. der tragenden Konstruktion.

## 3. 2 Brandsimulation von Brettsperrholz

[26]

Eine Studie von Joachim Schmid, Jürgen König und Jochen Köhler behandelt den Einsatz von Computersimulationen für den theoretischen Abbrand von BSP. Für die thermischen Analysen wurde das Programm Safir 2007, und für die strukturelle Analyse das Programm CSTFire (Visual Basic Makro für Excel) verwendet.

Das Resultat sollte zeigen, dass sich das thermo-mechanische Verhalten von Brettsperrholz mit den in der ÖNORM EN 1995-1-2 [85] festgelegten Eigenschaften durch moderne Computersimulationen beschreiben lässt. Um ein benutzerfreundliches Konzept zu erstellen, wurde die Methode des reduzierten Querschnitts mit Berücksichtigung einer nichttragenden äußeren Schicht adaptiert.

Aus dem Vergleich der Realtests mit den Simulationskurven kann man von einem zuverlässigen Resultat mit der Annahme einer nichttragenden Schicht von 7 mm ausgehen. Eine Ausnahme bilden Träger und Stützen. Bei diesen Bauteilen entstehen teils unsichere Werte, speziell wenn die beflamnte Seite unter Druck steht.

## 4 Berechnungsbeispiele

Nach dem Ermitteln des effektiven Abbrandes kann der reduzierte Querschnitt als Grundlage für die weitere Berechnung verwendet werden. Über das nun veränderte Trägheitsmoment ergeben sich die maximalen Spannungen und weiters die erforderlichen Nachweise.

In der ÖNORM EN 1991 [78] steht, dass das Wegfallen der Schneelasten durch Schmelzen für den Einzelfall festzulegen ist.

### 4.1 Aufbautenliste

	Aufbau	Feuerwiderstand	Bekleidung
1)	Decke (unterste Ebene) KLH 5s 162mm DL	REI 90	K30
2)	Decke (unterste Ebene) KLH 5s 162mm DL	REI 90	K60
3)	Decke (unterste Ebene) KLH 5s 182mm DL	REI 90	
4)	Decke (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 60	K30
5)	Decke (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 60	
6)	Decke (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 90	K30
7)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 90	K30
8)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 182mm DL	REI 90	
9)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 182mm DL	REI 90	K30
10)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 90	K60
11)	Außenwand (oberste Ebene) KLH 5s 117mm DL	REI 60	K30
12)	Außenwand (oberste Ebene) KLH 5s 117mm DL	REI 60	
13)	Außenwand (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 60	
14)	Innenwand (unterste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 90	K90/K60
15)	Innenwand (oberste Ebene) KLH 5s 117mm DL	REI 60	K60/K30

Tab. 4.1 Aufbautenliste

## 4.2 Lastermittlung

Für das Gewicht der Wandaufbauten wurden folgende Dataholz-Aufbauten als Basisgrößen herangezogen:

- Außenwand-Holz-Massivbau, hinterlüftet, mit Installationsebene, geschalt
- Innenwand-Holz-Massivbau, mit Installationsebene
- Innenwand-Holz-Massivbau, ohne Installationsebene
- Trennwand-Holz-Massivbau, ohne Installationsebene

Die Werte für die ständigen Lasten sind leicht erhöht, um das Gewicht von Vorsatzschalen und zusätzlicher Beplankung abzudecken.

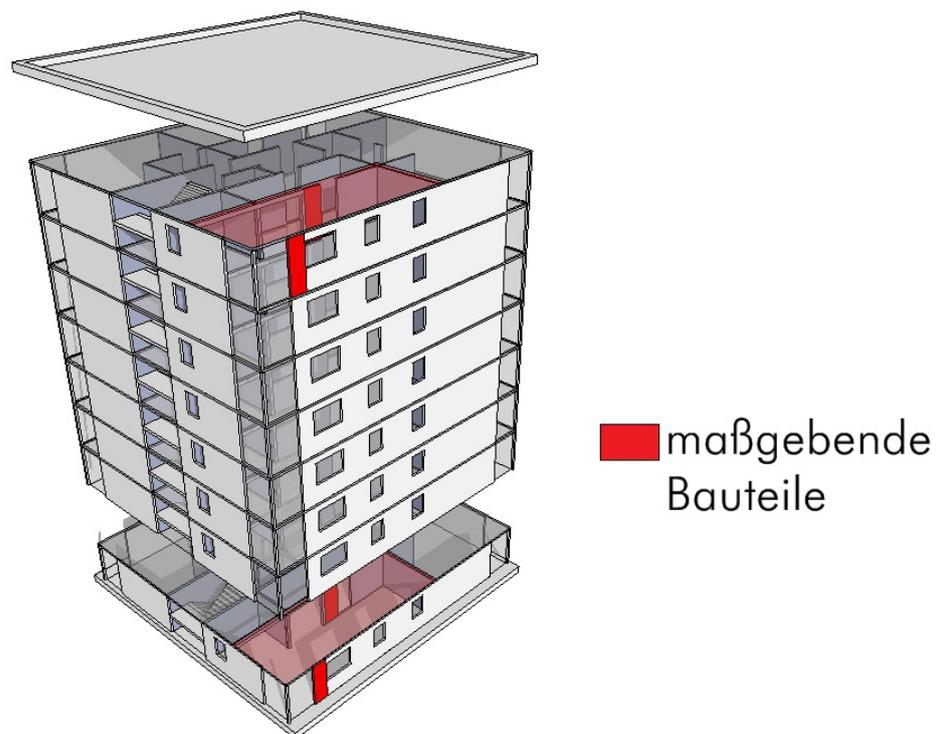


Abb. 4.1 Gebäudestruktur

Als konservative Annahme wurde die vertikale Lastabtragung der Wände in den Achsen 1 und 4 vernachlässigt.

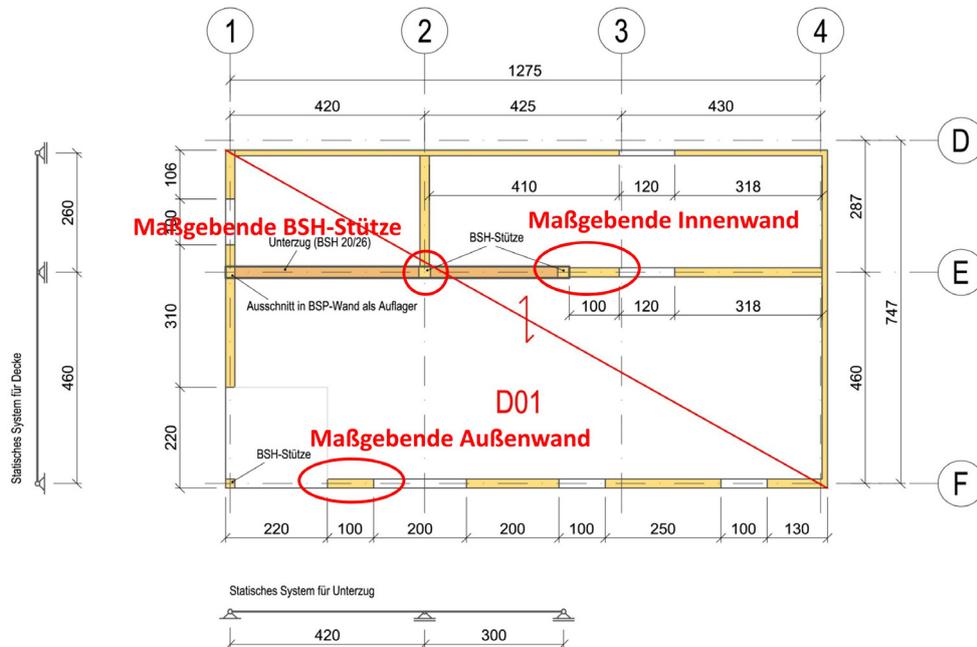


Abb. 4.2 maßgebende Bauteile

#### 4. 2. 1 ständige Lasten

##### Eigengewicht

Decke:  $g_k = 4,50 \text{ kN/m}^2$

Außenwand:  $g_k = 1,4 \text{ kN/m}^2$

Trennwand (doppelschalig):  $g_k = 1,3 \text{ kN/m}^2$

Innenwand tragend (doppelt beplankt):  $g_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

#### 4. 2. 2 veränderliche Lasten

##### Nutzlast

Decken: Kategorie A,  $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$  (+0,5  $\text{kN/m}^2$  Zuschlag für nichttragende Innenwände)

##### Wind

Windlast gemäß EN 1991-1-4

Geländekategorie III, Gebäudehöhe 24m

$$q_m = 0,59 \text{ kN/m}^2$$

Schnee

Schneelast gemäß EN 1991-1-3

Graz (Lastzone 2)

$$s_k = 1,56 \text{ kN/m}^2$$

#### 4. 2. 3 statisches System

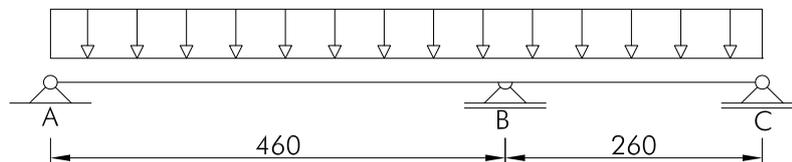


Abb. 4.3 statisches System Decke

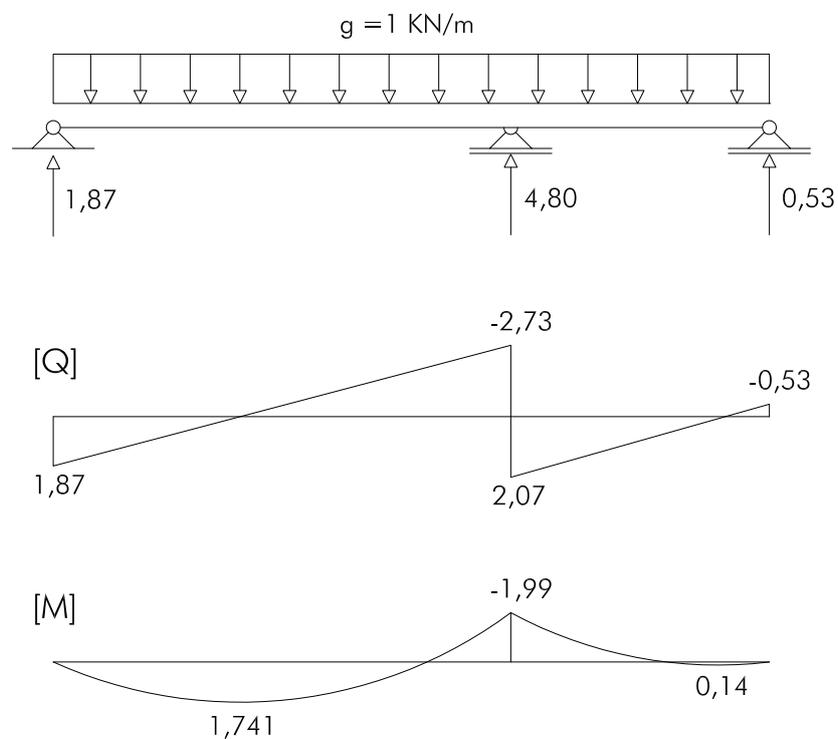


Abb. 4.4 Reaktionskräfte aus Gleichlast

## 4. 2. 4 Einwirkungen auf die maßgebenden Bauteile

## Einwirkung auf die maßgebende Außenwand:

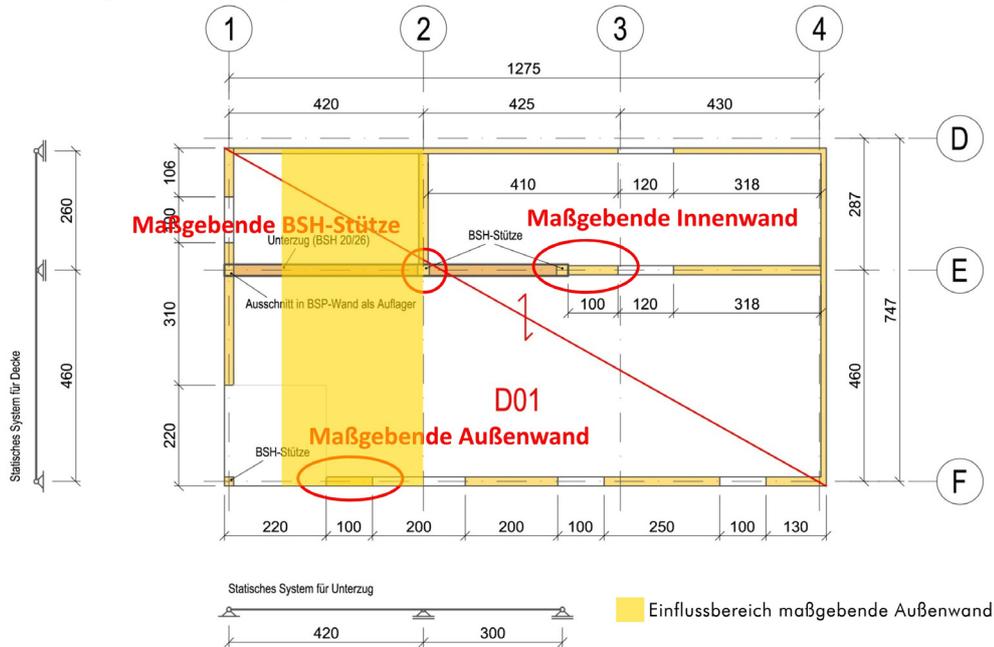


Abb. 4.5 Einflussbereich der Decke auf die Außenwand

Die maßgebende Stelle für die Berechnung der Decke befindet sich bei Auflager B.

Eigengewicht Wand

$$h = h_G - h_D = 3,0 - 0,162 = 2,84 \text{ m}$$

$$A = 2,84 \cdot 1,0 = 2,84 \text{ m}^2$$

$$N_{gW} = A \cdot g_k = 2,84 \cdot 1,4 = 3,98 \text{ kN}$$

von Decke

$$N_{gD} = 1,87 \cdot 2,91 \cdot 4,5 = 24,49 \text{ kN}$$

$$N_{qD} = 1,87 \cdot 2,91 \cdot 2,5 = 13,60 \text{ kN}$$

von Dach

$$N_{qDa} = 1,87 \cdot 2,91 \cdot 1,0 = 5,44 \text{ kN}$$

$$N_{sD} = 1,87 \cdot 2,91 \cdot 1,56 = 8,49 \text{ kN}$$

Einwirkung auf die maßgebende Innenwand:

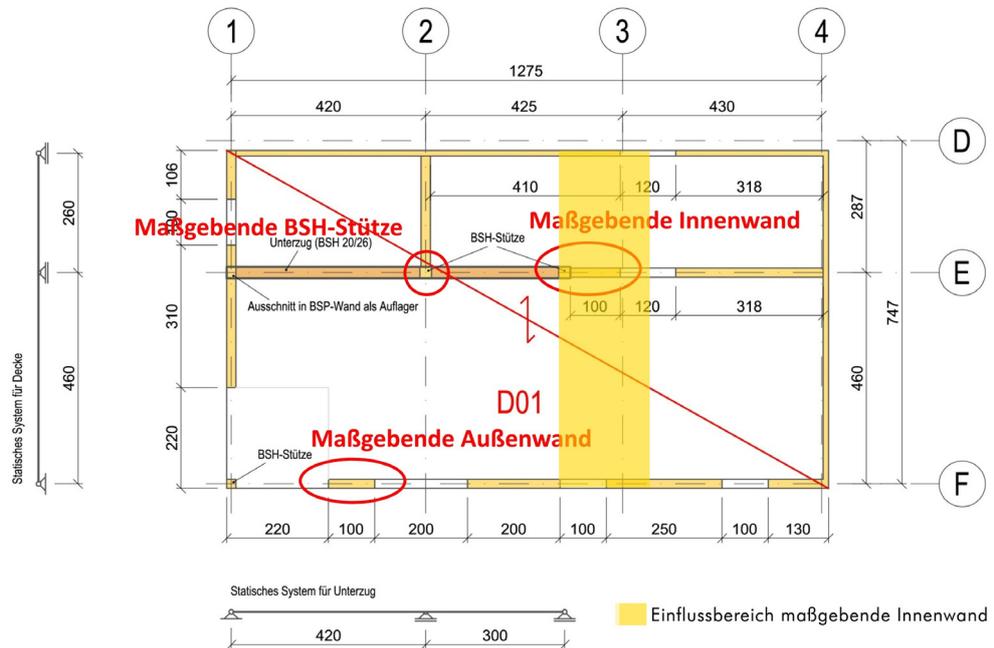


Abb. 4.6 Einflussbereich der Decke auf die Innenwand

Eigengewicht Wand

$$N_{gW} = A \cdot g_k = 2,84 \cdot 1,0 = 2,84 \text{ kN}$$

von Decke

$$N_{gD} = 4,8 \cdot 1,6 \cdot 4,5 = 34,56 \text{ kN}$$

$$N_{qD} = 4,8 \cdot 1,6 \cdot 2,5 = 19,20 \text{ kN}$$

von Dach

$$N_{qD\alpha} = 4,8 \cdot 1,6 \cdot 1,0 = 7,36 \text{ kN}$$

$$N_{sD} = 4,8 \cdot 1,6 \cdot 1,56 = 11,48 \text{ kN}$$

## 4.3 Bemessungsschnittgrößen

### 4.3.1 Grundkombination

Nutzlast führend

$$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k + 1,5 \cdot 0,5 \cdot s_k$$

Schnee führend

$$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot s_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot q_k$$

Moment aus Exzentrizität vernachlässigt.

**maßgebende Innenwand (unterste Ebene, Nutzlast führend)**

$$N_d = 1,35 \cdot (34,56 + 2,84) + 1,5 \cdot 19,20 = 79,29 \text{ kN}$$

für 7 Geschosse + Dach

$$\begin{aligned} N_d &= 79,29 \cdot 7 + 1,35 \cdot (34,56 + 2,84) + 1,5 \cdot 7,36 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 11,48 = \\ &= 625,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

**maßgebende Innenwand (oberste Ebene, Schnee führend)**

$$N_d = 1,35 \cdot (34,56 + 2,84) + 1,5 \cdot 11,48 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 7,36 = 74,95 \text{ kN}$$

**maßgebende Außenwand (unterste Ebene, Nutzlast führend)**

$$N_d = 1,35 \cdot (24,49 + 3,9) + 1,5 \cdot 13,60 = 58,73 \text{ kN}$$

für 7 Geschosse + Dach

$$\begin{aligned} N_d &= 58,73 \cdot 7 + 1,35 \cdot (24,49 + 3,9) + 1,5 \cdot 5,44 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 8,49 = \\ &= 463,96 \text{ kN} \end{aligned}$$

**maßgebende Außenwand (oberste Ebene, Schnee führend)**

$$N_d = 1,35 \cdot (24,49 + 3,9) + 1,5 \cdot 8,49 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 5,44 = 56,77 \text{ kN}$$

**Geschossdecke (EG, Nutzlast führend)**

$$g_d = 1,35 \cdot 4,5 + 1,5 \cdot 2,5 = 9,825 \text{ kN/m (1m Streifen)}$$

$$M_d = 5,25 \cdot -1,99 = -19,55 \text{ kNm}$$

$$V_d = 5,25 \cdot -2,73 = -26,82 \text{ kN}$$

**Dach (7.OG, Schnee führend)**

$$g_d = 1,35 \cdot 4,5 + 1,5 \cdot 1,56 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 9,465 \text{ kN/m (1m Streifen)}$$

$$M_d = 5,25 \cdot -1,99 = -18,84 \text{ kNm}$$

$$V_d = 5,25 \cdot -2,73 = -25,84 \text{ kN}$$

#### 4. 3. 2 Außergewöhnliche Einwirkungskombination

$$1,0 \cdot g_k + 0,3 \cdot q_k$$

##### maßgebende Innenwand (unterste Ebene)

$$N_d = 1,0 \cdot (34,56 + 2,84) + 0,3 \cdot 19,20 = 43,16 \text{ kN}$$

für 7 Geschosse + Dach

$$N_d = 43,16 \cdot 7 + 1,0 \cdot (34,56 + 2,84) + 0,3 \cdot 7,36 = 341,73 \text{ kN}$$

##### maßgebende Innenwand (oberste Ebene)

$$N_d = 1,0 \cdot (34,56 + 2,84) + 0,3 \cdot 7,36 = 39,61 \text{ kN}$$

##### maßgebende Außenwand (unterste Ebene)

$$N_d = 1,0 \cdot (24,49 + 3,9) + 0,3 \cdot 13,60 = 32,47 \text{ kN}$$

für 7 Geschosse + Dach

$$N_d = 32,47 \cdot 7 + 1,0 \cdot 24,49 + 0,3 \cdot 7,36 = 253,99 \text{ kN}$$

##### maßgebende Außenwand (oberste Ebene)

$$N_d = 1,0 \cdot (24,49 + 3,9) + 0,3 \cdot 7,36 = 30,60 \text{ kN}$$

##### Geschossdecke (EG)

$$g_d = 1,0 \cdot 4,5 + 0,3 \cdot 2,5 = 5,25 \text{ kN/m (1 m Streifen)}$$

$$M_d = 5,25 \cdot -1,99 = -10,45 \text{ kNm}$$

$$V_d = 5,25 \cdot -2,73 = -14,33 \text{ kN}$$

##### Dach (7.OG)

$$g_d = 1,0 \cdot 4,5 + 0,3 \cdot 1,0 = 4,8 \text{ kN/m (1 m Streifen)}$$

$$M_d = 4,8 \cdot -1,99 = -9,55 \text{ kNm}$$

$$V_d = 4,8 \cdot -2,73 = -13,10 \text{ kN}$$

#### 4. 4 Bemessungskenngrößen

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0, \gamma_{M,fi} = 1,0, k_{fi} = 1,15$$

laut BSP-Handbuch

$$f_{m, \text{clt}, d, \text{fi}} = \frac{k_{\text{mod}, \text{fi}} \cdot f_{m, \text{clt}, k}}{\gamma_{M, \text{fi}}} \cdot k_l \cdot k_{\text{fi}} = \frac{1,0 \cdot 24,0}{1,0} \cdot 1,1 \cdot 1,15 = 30,36 \text{ N/mm}^2$$

Platte

$$f_{v, \text{clt}, d, \text{fi}} = \frac{k_{\text{mod}, \text{fi}} \cdot f_{v, \text{clt}, k}}{\gamma_{M, \text{fi}}} \cdot k_{\text{fi}} = \frac{1,0 \cdot 2,7}{1,0} \cdot 1,15 = 3,105 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{r, \text{clt}, d, \text{fi}} = \frac{k_{\text{mod}, \text{fi}} \cdot f_{r, \text{clt}, k}}{\gamma_{M, \text{fi}}} \cdot k_{\text{fi}} = \frac{1,0 \cdot 1,5}{1,0} \cdot 1,15 = 1,725 \text{ N/mm}^2$$

Scheibe

$$f_{v, \text{clt}, d, \text{fi}} = \frac{k_{\text{mod}, \text{fi}} \cdot f_{v, \text{clt}, k}}{\gamma_{M, \text{fi}}} \cdot k_{\text{fi}} = \frac{1,0 \cdot 5,2}{1,0} \cdot 1,15 = 5,980 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{T, \text{clt}, d, \text{fi}} = \frac{k_{\text{mod}, \text{fi}} \cdot f_{T, \text{clt}, k}}{\gamma_{M, \text{fi}}} \cdot k_{\text{fi}} = \frac{1,0 \cdot 2,5}{1,0} \cdot 1,15 = 2,875 \text{ N/mm}^2$$

## 4.5 Berechnungsbeispiele

### 4.5.1 Beispiel 1

Decke (unterste Ebene), KLH 5s 162 mm DL, Fugen bis 0,6 mm, K 30 Brandschutzbekleidung (A2), Klebstoff nicht temperaturbeständig

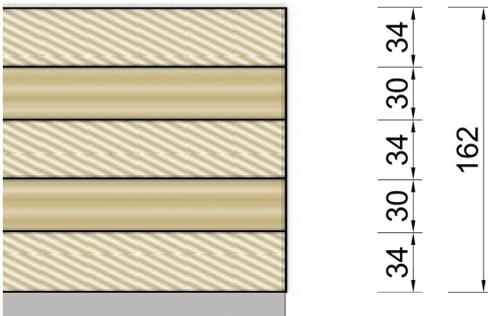


Abb. 4.7 Aufbau

Brandeinwirkung: 90 Minuten

Durch das Abfallen der Schichten wird mit einer Abbrandrate von  $\beta_0 = 1,6 \text{ mm/min}$  gerechnet.

Versagen der Brandschutzbekleidung: 30 min

Zeit, bis die einzelnen Schichten durchgebrannt sind:

$$t_1 = \frac{25}{1,6} + \frac{9}{0,8} = 26,9 \text{ min}$$



$$\tau_d = \frac{V_d \cdot \Sigma(S_m \cdot E_m)}{K_{clt} \cdot b_i} = \frac{14,33 \cdot 10^3}{2,665 \cdot 10^{11} \cdot 1000} \cdot \frac{27,78^2}{2} \cdot 1000 \cdot 12000 = 0,249 \text{ N/mm}^2$$

Nachweise:

$$\frac{\sigma_{Rand,d}}{f_{m,clt,d,fi}} \leq 1,0 \quad \frac{\sigma_{Rand,d}}{f_{m,clt,d,fi}} = \frac{21,27}{30,36} = 0,701 \leq 1,0$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,clt,d,fi}} \leq 1,0 \quad \frac{\tau_d}{f_{v,clt,d,fi}} = \frac{0,249}{3,105} = 0,080 \leq 1,0$$

$$\frac{\tau_{r,d}}{f_{r,clt,d,fi}} \leq 1,0 \quad \frac{\tau_{r,d}}{f_{r,clt,d,fi}} = \frac{0,249}{1,725} = 0,144 \leq 1,0$$

#### 4.5.2 Beispiel 2

Außenwand (unterste Ebene), KLH 5s 140 mm DL, Fugen bis 0,6 mm, K 60 Brandschutzbekleidung (A2), Klebstoff nicht temperaturbeständig

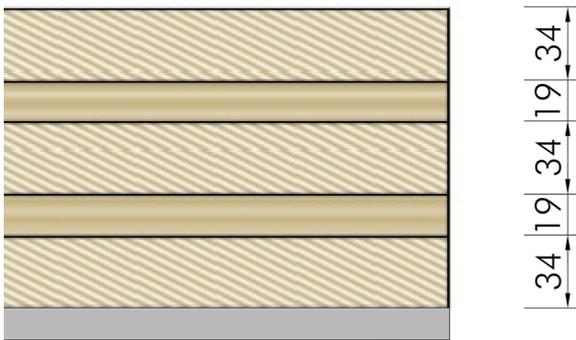


Abb. 4.9 Aufbau

Brandeinwirkung: 90 Minuten

Durch das Abfallen der Schichten wird mit einer Abbrandrate von  $\beta_0 = 1,6 \text{ mm/min}$  gerechnet.

Versagen der Brandschutzbekleidung: 60 min

Zeit, bis die einzelnen Schichten durchgebrannt sind:

$$t_1 = \frac{25}{1,6} + \frac{9}{0,8} = 26,9 \text{ min}$$

Abbrandtiefe:  $d_{char,n} = (30 - 26,9) \cdot 1,6 + 34 = 38,96 \text{ mm}$

Effektive Abbrandtiefe:  $d_{ef} = 38,96 + 7 = 46 \text{ mm}$

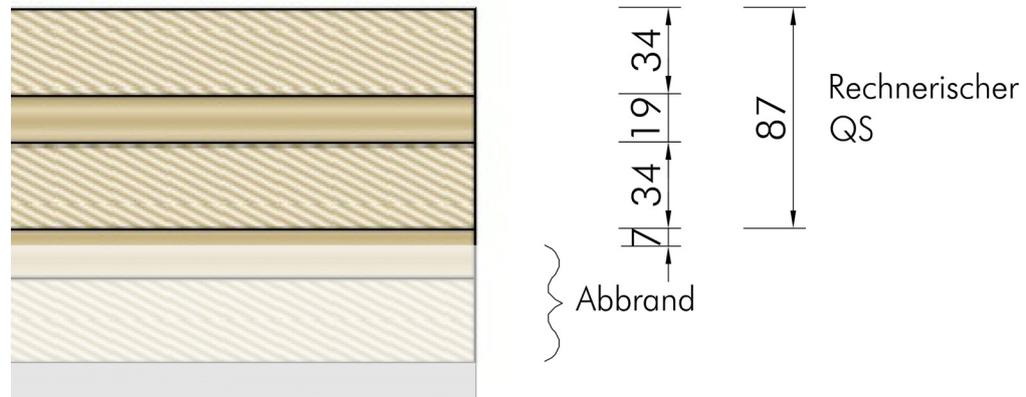


Abb. 4.10 Restquerschnitt

Trägheitsmoment:

$$J_{y, \text{clt}} = \frac{1000 \cdot 87^3}{12} - \frac{1000 \cdot 19^3}{12} = 5,43 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

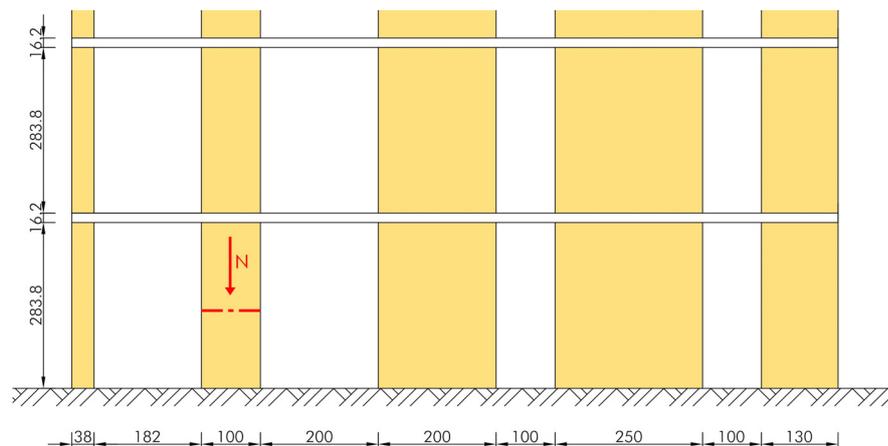


Abb. 4.11 Schnittlinie Wand

Bestimmung der elastischen Verzweigungsform für den Eulerfall II

Biegesteifigkeit

$$EJ = 2 \cdot \left( E_{0,05} \cdot \frac{0,034^3}{12} + E_{0,05} \cdot 0,034 \cdot 0,0265^2 \right) \cdot 1,0 =$$

$$\text{mit } E_{0,05} = \frac{5}{6} \cdot E_{0, \text{mean}} = 10^7 \text{ kN/m}^2$$

$$EJ = 2 \cdot (32,75 + 238,77) \cong 543 \text{ kNm}^2$$

Schubfestigkeit, mit  $\kappa = 0,20$  (Schubkorrekturfaktor)

$$\kappa \cdot \Sigma G_i A_i = S_{clt} = 0,20 \cdot (2 \cdot 34 \cdot 1000 \cdot 575,0 + 19 \cdot 1000 \cdot 41,67) =$$

$$= 7,978 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$G_{0,05} = \frac{5}{6} \cdot 690 = 575,0 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{90,0,05} = \frac{5}{6} \cdot 50 = 41,67 \text{ N/mm}^2$$

elastische, ideale Knicklast  $n_{cr}$ :

$$n_{cr} = \frac{EJ \cdot \pi^2}{l_k^2 \cdot \left(1 + \frac{EJ}{\kappa \cdot \Sigma G_i A_i \cdot l_k^2}\right)} = \frac{543 \cdot \pi^2}{3,0^2 \cdot \left(1 + \frac{543}{7,978 \cdot 10^3 \cdot 3,0^2}\right)} = 591,0 \text{ kN}$$

$$n_{cr} = \frac{EJ \cdot \pi^2}{l_k^2} = \frac{543 \cdot \pi^2}{3,0^2} = 595,47 \text{ kN}$$

$$k_c = \min \left[ \frac{1,0}{(k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2})} \right] \quad k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,30)) + \lambda_{rel}^2$$

$\beta_c = 0,1$  für Brettschichtholz

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_{c,k}}{n_{cr}}} = \sqrt{\frac{68000 \cdot 24}{591000}} = 1,662$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,662 - 0,30)) + 1,662^2 = 1,949$$

$$k_c = \min \left[ \frac{1,0}{1,949 + \sqrt{1,949^2 - 1,662^2}} \right] = \min \left[ \frac{1,0}{0,337} \right] = 0,337$$

$$\frac{n_{y,d}}{k_c \cdot A_{ef} \cdot f_{m,clt,d,fi}} = \frac{253990}{0,337 \cdot 68000 \cdot 27,6} = 0,402 \leq 1,0$$

## 4. 6 Übersicht Ergebnisse

Die restlichen Beispiele wurden mit dem CLT Designer der TU-Graz berechnet. Die ersten beiden Beispiele wurden händisch ermittelt. Es folgt eine Auflistung der Ergebnisse der Berechnungen.

	Aufbau	Feuerwiderstand	Bekleidung	Einwirkung					
				Md [kNm]		Vd [kN]		Nd [kN]	
					im Brandfall		im Brandfall		im Brandfall
1)	Decke (unterste Ebene) KLH 5s 162mm DL	REI 90	K30	-19,55	-10,45	-26,82	-14,33		
2)	Decke (unterste Ebene) KLH 5s 162mm DL	REI 90	K60	-19,55	-10,45	-26,82	-14,33		
3)	Decke (unterste Ebene) KLH 5s 182mm DL	REI 90		-19,55	-10,45	-26,82	-14,33		
4)	Decke (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 60	K30	-18,84	-9,55	-25,84	-13,1		
5)	Decke (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 60		-18,84	-9,55	-25,84	-13,1		
6)	Decke (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 90	K30	-18,84	-9,55	-25,84	-13,1		
7)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 90	K30					-463,96	-253,99
8)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 182mm DL	REI 90						-463,96	-253,99
9)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 182mm DL	REI 90	K30					-463,96	-253,99
10)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 90	K60					-463,96	-253,99
11)	Außenwand (oberste Ebene) KLH 5s 117mm DL	REI 60	K30					-56,77	-30,6
12)	Außenwand (oberste Ebene) KLH 5s 117mm DL	REI 60						-56,77	-30,6
13)	Außenwand (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 60						-56,77	-30,6
14)	Innenwand (unterste Ebene) KLH 5s 140mm DL	REI 90	K90/K60					-625,17	-341,73
15)	Innenwand (oberste Ebene) KLH 5s 117mm DL	REI 60	K60/K30					-74,95	-39,61

Tab. 4.2 Einwirkungen

	Aufbau	Ausnutzung [%]						
		ULS						SLS
		Biegung mit Normalkraft		Biegung		Schub		Durchbiegung
		im Brandfall	im Brandfall	im Brandfall	im Brandfall			
1)	Decke (unterste Ebene) KLH 5s 162mm DL			30,4	70,1	21,0	13,9	73,9
2)	Decke (unterste Ebene) KLH 5s 162mm DL			30,4	20,8	21,0	11,8	73,9
3)	Decke (unterste Ebene) KLH 5s 182mm DL			25,7	75,8	18,6	12,3	60,2
4)	Decke (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL			32,2	23,6	20,9	12,2	90,7
5)	Decke (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL			32,2	40,8	20,9	14,2	90,7
6)	Decke (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL			32,2	-	20,9	-	90,7
7)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 140mm DL	34,8	-					
8)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 182mm DL	28,7	94,4					
9)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 182mm DL	28,7	28,4					
10)	Außenwand (unterste Ebene) KLH 5s 140mm DL	34,8	40,2					
11)	Außenwand (oberste Ebene) KLH 5s 117mm DL	8,4	13,3					
12)	Außenwand (oberste Ebene) KLH 5s 117mm DL	8,4	-					
13)	Außenwand (oberste Ebene) KLH 5s 140mm DL	4,3	9,3					
14)	Innenwand (unterste Ebene) KLH 5s 140mm DL	54,5	46,9					
15)	Innenwand (oberste Ebene) KLH 5s 117mm DL	11,1	17,3					

Tab. 4.3 Auswirkungen

Die Ergebnisse zeigen, dass ein Großteil der tragenden Konstruktion bereits mit einer Brandschutzbekleidung über 30 Minuten ausreichend geschützt ist. Durch den Einsatz von stärkeren Massivholzelementen wäre es theoretisch auch möglich, im gesamten Bauwerk auf eine K 30 Beplankung zurückzugreifen. Mit entsprechender Dimensionierung sind natürlich auch sichtbare Elemente möglich. Diese würden aber der Auflage widersprechen, dass die tragende Konstruktion keinen nennenswerten Beitrag zur Brandmasse liefert.

## Baulicher und technischer Brandschutz

Die Brandschutztechnik hat bereits ein sehr ausgereiftes Sortiment für den aktiven (technischen) sowie für den passiven (baulichen) Brandschutz: Eine Vielzahl von Anlagen und Produkte für unterschiedliche projektspezifische Einsätze, von der Tiefgarage über die Lagerhalle bis hin zum Hochhaus.

Viele Unternehmen sind bereits in der Vermarktung, Produktion und der Entwicklung solcher Anlagen und Produkte tätig und bieten zweckdienliche Lösungen für die verschiedensten Anwendungsbereiche.

Auch planerische Aspekte und der Einsatz von nicht brennbaren Baustoffen fallen unter diese Kategorie. Eine besondere Form ist die Verwendung von brandhemmenden Systemen, die eigens entwickelt wurden, um die Tragstruktur eines Gebäudes zu schützen und das Risiko bei einem Brand zu minimieren.

Dazu zählen spezielle Verkleidungen, Vorsatzschalen und im Falle von Holz auch dementsprechend behandelte Holzwerkstoffe.

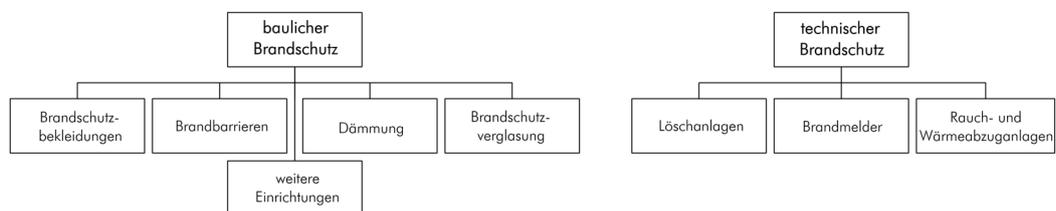


Abb. 0.1 Übersicht baulicher und technischer Brandschutz, nach [50]

# 1 Technischer Brandschutz

## 1.1 Brandmelder

### 1.1.1 Automatische Brandmelder

[27],[114],[127]

#### Ionisations-Rauchmelder



Abb. 1.1 Ionisationsmelder, aus [27]

Beim Ionisationsrauchmelder wird ein kleines Luftvolumen bestrahlt und dadurch ionisiert. Daraufhin wird die Leitfähigkeit der Luft zwischen zwei Elektroden gemessen. Durch Rauchpartikel werden die Ionen absorbiert und die Leitfähigkeit verringert sich je nach Rauchkonzentration. Oft wird mit zwei Kammern gearbeitet, einer geöffneten Messkammer und zum Vergleich eine geschlossene Referenzkammer mit einem langsamen Luftwechsel.

Ein Vorteil liegt bei der Erkennung von unsichtbaren Rauchpartikeln wie sie z.B. bei offenem Feuer entstehen.

Ein negativer Punkt ist jedoch die im Inneren vorhandene Strahlung, die bei der Entsorgung, vor allem nach einem Brand, problematisch ist.

#### Optische Rauchmelder



Abb. 1.2 optischer Rauchmelder, aus [117]

Die heute üblichere Variante, die optischen Rauchmelder oder auch Streulichtmelder, funktionieren mit lichtempfindlichen Fotozellen. Wenn Rauch eintritt und das Licht im Melder reflektiert oder streut, wird daraufhin eine Fotozelle angesprochen, die einen messbaren Strom erzeugt.

Da sie besonders gut den sichtbaren Rauch ansprechen, werden sie meist dort eingesetzt, wo bereits vor dem offenen Feuer Rauch entsteht. Dies ist in der Regel der Fall bei Objekten, in denen mit Schwelbränden oder Brand durch elektrische Anlagen gerechnet werden muss.

### Wärmemelder



Abb. 1.3 Wärmemelder, aus [119]

Wie der Name schon sagt, reagieren Wärmemelder auf den Anstieg der Umgebungstemperatur. Es gibt je nach Bauart drei verschiedene Varianten zur Messung.

- ein voreingestellter Höchstwert wird überschritten (Maximalmelder)
- die Differenz zwischen zwei Messpunkten übersteigt das normale Maß (Differenzmelder), oder
- ein ungewöhnlich schneller Temperaturanstieg

Der Einsatzbereich liegt hauptsächlich bei Betrieben, deren Arbeitsabläufe mit Rauch und Flammen zu tun haben. Zweckmäßigerweise auch dort, wo mit schnellen Bränden oder brennbaren Flüssigkeiten zu rechnen ist.

## Flammenmelder



Abb. 1.4 Flammenmelder, aus [120]

Flammenmelder reagieren auf die für offenes Feuer typischen Infrarot- oder Ultraviolettstrahlen. Da Störungen durch andere Lichtquellen und Reflexionen nicht auszuschließen sind, wird er meist nur in Kombination mit anderen Meldern oder in Sonderfällen verwendet.

Die Anwendung zielt eher auf Bereiche ab, bei denen mit einer ständigen Raumentwicklung zu rechnen ist, oder sie sich durch einen Brand nicht wesentlich verändert.

## Lineare Melder

Zwei Sonderformen stellen der lineare Rauchmelder und der Lineare Wärmemelder dar.



Abb. 1.5 linearer Rauchmelder, aus [121]

Der lineare Rauchmelder beruht auch auf dem Prinzip der Lichtschwächung und funktioniert ähnlich wie eine Lichtschranke. Oft verwendet wird er in hohen Hallen, Gängen, Industrieobjekten (z.B. Flughafen Frankfurt) und wegen seiner leichten Installation in historischen Gebäuden.



Abb. 1.6 linearer Wärmemelder, aus [122]

Der lineare Wärmemelder wird vor allem zur Überwachung von Tunneln oder Garagen eingesetzt. Mehrere Kilometer lange Sensorkabel können hier mit nur einer Auswerteeinheit kontrolliert werden.

### Rauchansaugsystem



Abb. 1.7 Rauchansaugsystem, aus [123]

Eine weitere spezielle Form zur Branderkennung ist das sogenannte Rauchansaugsystem. Es saugt in kontinuierlichen Abständen Luft aus dem Überwachungsbereich und transportiert diese zur Kontrolleinheit. Dort wird die Luft dann mit verschiedenen Sensoren auf Rauchpartikel untersucht und mit Luft aus einem rauchfreien Bereich verglichen. Bei besonders hochwertigen Anlagen erfolgt nach der ersten Alarmierung ein Freiblasen des Detektionsrohres. Danach wird erneut Rauch angesaugt und die verstrichene Zeit bis zum Eintreffen bei der Sensoreinheit gemessen. Auf diese Weise lassen sich mehrere (meist bis zu 5) Ansaugstellen einzeln auswerten. Typische Einsatzorte für solche Systeme sind Aufzugsschächte, Traforäume, Betriebshallen, Rechenzentren und dergleichen.

## Mehrkriterienmelder



Abb. 1.8 Mehrkriterienmelder, aus [124]

Diese Art von Melder vereint mehrere der oben bereits genannten Funktionsweisen. Meist werden Rauchsensoren und Wärmesensoren in einem Gerät vereint. Durch eine Verknüpfung der Signale kann eine höhere Immunität gegen Fehlalarme bei gleichbleibender Detektionssicherheit gewährleistet werden. Ihr Einsatz wird durch den geringen preislichen Unterschied immer häufiger.

## Sondermelder

Wobei eigentlich schon die linearen Brandmelder und das Rauchansaugsystem zu den Sondermeldern zählen, kommen vereinzelt auch noch andere Typen zum Einsatz. Sie sprechen bei ihren Messungen auf eher spezielle Wertveränderungen an. Dazu gehören zum Beispiel der CO- Gehalt oder die Luftfeuchtigkeit.

### 1. 1. 2 Nichtautomatische Brandmelder (Druckknopfmelder)



Abb. 1.9 Druckknopfmelder, aus [125]

Der häufigste nichtautomatische Brandmelder, der genormte Druckknopfmelder, ist ein Handmelder für den Innenbereich. Er verfügt über eine Status-LED und eine Gehtestfunktion, um den Auslösezustand zu überprüfen. Er ist standardmäßig in der Farbe Rot (RAL 3000) vorzufinden, andersfarbige Modelle dienen in der Regel für Zusatzbrand-schutzeinrichtungen und leiten keinen Alarm an die Feuerwehr oder die Polizei weiter.

Bestimmte Handmelder (meist orange) sind zum Beispiel zur manuellen Aktivierung von Brandbekämpfungseinrichtungen vorgesehen. Die Farbgebung für Modelle, die nicht der standardmäßigen Alarmierung dienen, ist aber nicht festgelegt und kann darum für unterschiedliche Einsatzformen variieren.

## 1.2 Brandmeldeanlagen (BMA)

[27],[35],[36]

Den weitestgehenden Schutz in Richtung Brandalarmierung stellt die sogenannte Brandmeldeanlage, kurz BMA, dar. Die grundlegenden Anforderungen an eine Brandmeldeanlage sind:

- ihre saubere Ausführung und Wartung
- ihre verlässliche Betriebsbereitschaft und
- die Fähigkeit, einen Brand selbsttätig festzustellen und zu signalisieren.

Weiters besteht ihre Aufgabe darin, gefährdete Personen und die Einsatzkräfte zu verständigen. Darüber hinaus können BMA's zur Ansteuerung von Brandschutzeinrichtungen verwendet werden.

Die Art und Anordnung orientiert sich an der Nutzung, den Umgebungsbedingungen, der Raumgeometrie und der Überwachungsfläche. Die Täuschungssicherheit sollte mehr Beachtung finden als eine übermäßige Ansprechempfindlichkeit, sie darf jedoch nicht in unzulässiger Weise verschlechtert werden, um die Personensicherheit zu gewährleisten. Brandmeldeanlagen müssen so gekennzeichnet sein, dass eine Identifizierung von Hersteller und ausführender Firma kein Problem ist. Es gibt Brandmeldeanlagen mit Vollüberwachung und Teilüberwachung:

- Vollüberwachung umfasst das gesamte Bauwerk und alle dazugehörigen Anlagen. Ausgenommen sind davon nur ausdrücklich befreite oder feuerwiderstandsfähig abgetrennte Bereiche.
- Teilüberwachung beinhaltet zumindest die Fluchtwege sowie Räume mit erhöhtem Brandrisiko. Sie erstreckt sich in der Regel über einen bestimmten Brandabschnitt, kann aber von den zuständigen Behörden auf weitere Abschnitte ausgedehnt werden.

Die in den unterschiedlichen Richtlinien verwendeten Formulierungen unterscheiden sich zwar ein wenig voneinander aber grundsätzlich können folgende Räume oder Bereiche von der Überwachung ausgenommen werden:

- *Sanitärräume wie Waschräume, Toiletten, wenn darin keine brennbaren Vorräte oder Abfälle aufbewahrt werden und die Umfassungswände nicht brennbar ausgeführt sind*

- *Kabelkanäle und Schächte, die für Personen nicht zugänglich und gegenüber anderen Bereichen abgeschottet sind*
- *Kabelschächte mit stockwerkweiser Abschottung, sofern diese keine elektrischen Schalt- oder Sicherungseinrichtungen aufweisen*
- *Sanitär- und Heizungs-Steigschächte, die für Personen nicht zugänglich und gegenüber anderen Bereichen abgeschottet sind*
- *Zivilschutzräume, die in Friedenszeiten nicht zu anderen Zwecken verwendet werden*
- *einzelne Räume mit Feuerwiderstand F 30, die durch eine selbsttätige Löschanlage geschützt sind*
- *Zwischenräume oberhalb Unterdecken und unterhalb Doppelböden mit einer lichten Höhe bis 30 cm oder einer Brandbelastung bis 50 MJ/m<sup>2</sup>*
- *sonstige kleine Bereiche wie Telefonkabinen, Liftschächte und geschlossene Nischen weniger als 50 cm tief, soweit wegen der Brandsicherheit keine Bedenken bestehen oder die Zustimmung der zuständigen Behörde im einzelnen gegeben ist. Diese Bereiche sind im Installations-Attest aufzuführen*
- *separate Heizöltankräume mit Feuerwiderstand F 60 bis 150 m<sup>2</sup>*
- *überdachte Laderampen und Lagerbereiche unter Vordächern, bei denen kein Brandrisiko durch Bauart oder Materiallagerung oder Motorfahrzeuge, Anhänger, Wechselcontainer, usw. besteht;*
- *Bereiche unter Galerien, welche nicht breiter als 3 m sind und eine Fläche unter 30 m<sup>2</sup> aufweisen*
- *Zwischenräume oberhalb Unterdecken und unterhalb Doppelböden mit einer Brandbelastung von weniger als 50 MJ/m<sup>2</sup> und keiner Aktivierungsgefahr wie Transformatoren, Vorschaltgeräten oder Motoren für Lüftungsklappen (in die Berechnung der Brandbelastung sind auch die den Zwischenraum begrenzenden Bauteile – mit Ausnahme der Böden - mit einzubeziehen).*
- *Wenn eine örtlich begrenzte Brandbelastung von weniger als 100 MJ/m<sup>2</sup> oder weniger als 100 MJ/Laufmeter und keine Aktivierungsgefahr vorhanden sind, wie z. B. durch eine Kabeltrasse und Vorschaltgeräte etc., ist keine Zonenüberwachung vorzusehen.*
- *Wohnbereiche, die als Brandabschnitt mit dem erforderlichen Feuerwiderstand abgetrennt sind. [36]*

Wichtig ist die Anordnung eines Bedien- und Anzeigeteils an einem sicheren Flucht - oder Rettungsweg, oder einem anderen für die Feuerwehr leicht zugänglichen Bereich.

Auch jedes Ansprechen muss einen internen und weiters einen externen Alarm auslösen. Ausschaltungen oder Störungen sind optisch sowie akustisch zu signalisieren sowie an die zuständige Stelle weiterzuleiten.

Die verzögerte Weiterleitung an die Feuermeldestelle ist nur zulässig falls eine ausreichend dotierte und instruierte Person anwesend ist. Die Verzögerung darf nur manuell aktiviert werden und findet in zwei Schritten statt:

- Anwesenheitsverzögerung, darf drei Minuten nicht überschreiten
- Erkundungsverzögerung, darf fünf Minuten nicht überschreiten

Die überwachten Bereiche sind in Brandmeldegruppen, wie z.B. Treppenhaus oder Liftschacht, zu unterteilen. Diese Einteilung ermöglicht eine rasche und eindeutige Lokalisierung des Brandes.

Die zugehörigen Handfeuermelder sind in den Fluchtwegen und in besonders gefährdeten Bereichen gut sichtbar zu installieren. Sie werden üblicherweise in einer Höhe von ca. 1,5 m montiert und sind so zu installieren, dass eine Verwechslung mit anderen Schaltern ausgeschlossen werden kann.

Weitere Punkte, die bei einer BMA berücksichtigt werden müssen, sind:

- die Orientierungspläne
- das Anlegen eines Kontrollbuches und
- die Raumkennzeichnung bzw. Raumanzeigelampen.

Die häufigsten Einsatzorte sind:

- große komplexe Bauten und Anlagen
- Industrie-, Gewerbe- und Bürobauten
- Bauten mit großen Personenbelegungen
- besondere Bauten (Hochhäuser, Atriumbauten, Bauten mit Doppelfassaden, Verkehrsanlagen), bei denen eine BMA von der Brandschutzbehörde verlangt wird.

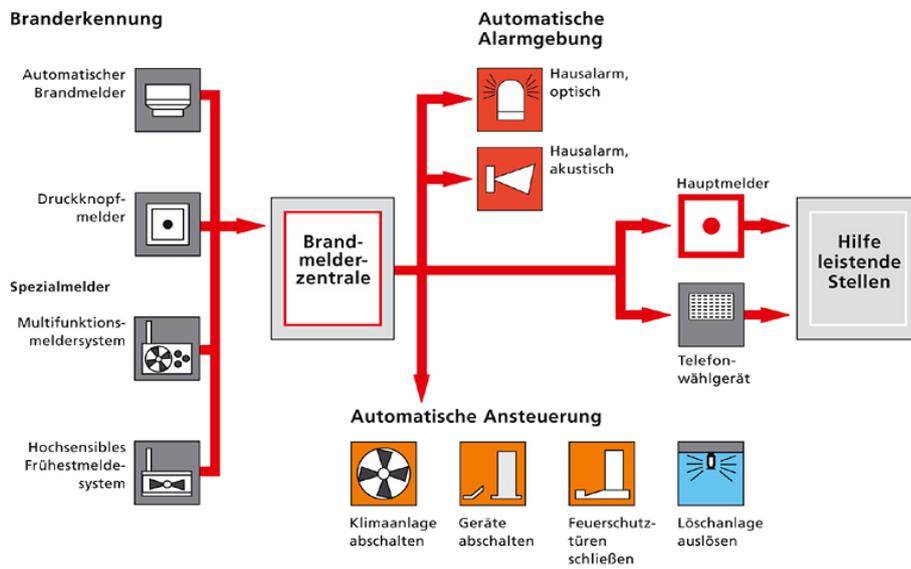


Abb. 1.10 Funktionsschema einer Brandmeldeanlage, aus [118]

## 1.3 Löschanlagen

### 1.3.1 Wasserlöschanlagen

[126],[28],[37],[31],[38]

#### Sprinkleranlagen



Abb. 1.11 Sprinklerköpfe, aus [28]

Die Aufgabe einer Sprinkleranlage ist in erster Linie das Eindämmen von Bränden, bis die Einsatzkräfte oder Gebäudenutzer den Brand unter Kontrolle haben. In vielen Fällen wird der Brand aber bereits durch die Einwirkung der Sprinkleranlage gelöscht.

Heutige Sprinklersysteme funktionieren mit an ihren Köpfen angebrachten Glasampullen, die je nach gewünschter Auslösetemperatur gefärbt sind. Im System herrscht ein konstanter Druck. Im Brandfall dehnt sich die gefärbte Spezialflüssigkeit aus und sprengt die Ampulle. Eine Sprinkleranlage ist nur für den punktuellen Einsatz ausgelegt, andernfalls sinkt der erforderliche Druck und damit die Leistung. Ein gleichzeitiges Entstehen von Feuer in mehreren Bereichen (Ausnahme in der Industrie) ist aber gänzlich unwahrscheinlich. Dies ist auch der Grund dafür, dass Sprinkleranlagen darauf abzielen den Entstehungsbrand einzudämmen, nicht aber einen Vollbrand zu löschen. Die Temperaturgrenze, die zum Auslösen einer Sprinkleranlage führt, liegt meist bei 30 °C über der zu erwartenden Raumtemperatur.

	57 °C	Orange
	68 °C	Rot
	79 °C	Gelb
	93 °C	Grün
	141 °C	Blau
	182 °C	Violett

Abb. 1.12 Sprinklerkapseln, aus [126]

Der aus dem Öffnen der Sprinklerköpfe resultierende Druckabfall wird erkannt und führt zum Öffnen spezieller Ventile (Alarmventilstation) und/oder zum Start eines Pumpsystems, dessen Aufgabe die Aufrechterhaltung des Leitungsdrucks ist. Das Ansprechen der Ventilstation und die weitere Alarmierung der Brandmeldezentrale

oder Feuerwehr erfolgt über die sogenannte Sprinklerüberwachungszentrale (SUZ)

Funktionsschema einer Sprinkleranlage

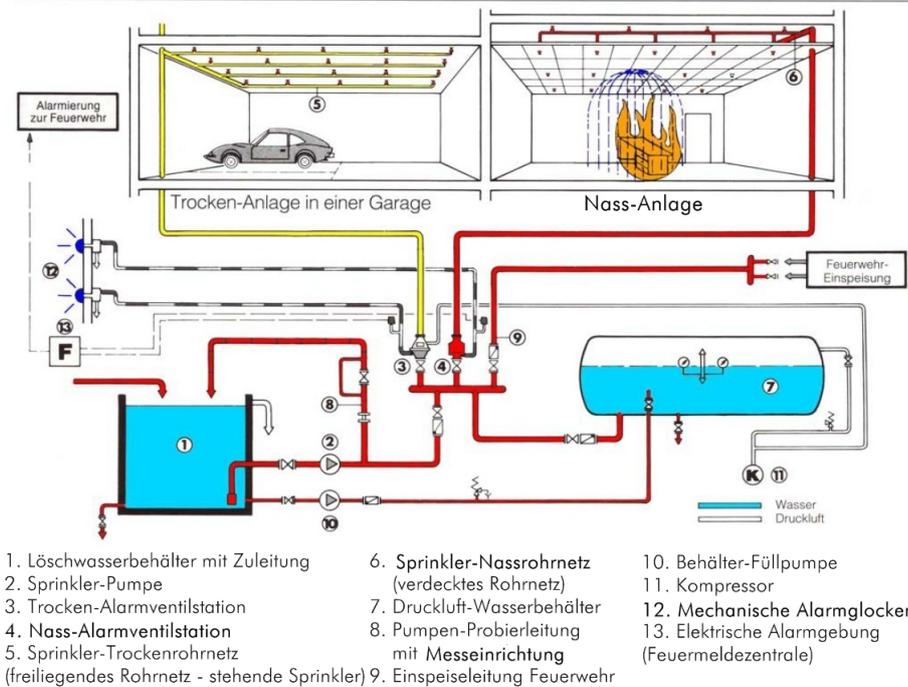


Abb. 1.13 Funktionsschema Sprinkleranlage, nach [28]

Es gibt mehrere Varianten von Sprinkleranlagen:

- Sprinkler-Nassanlage  
 Die typische Anlagenvariante, deren Leitungen unter einem ständigen Wasserdruck stehen.
- Sprinkler-Trockenanlage  
 Sie wird erst im Brandfall mit Wasser gefüllt. Eine Trockenanlage kommt vor allem dort zum Einsatz, wo mit Frostgefahr zu rechnen ist. Die Anlage wird vorerst nur mit Druckluft befüllt und erst beim Auslösen eines Sprinklerkopfes wird Wasser in die Rohrleitungen gepumpt.
- Sprinklertandemanlage  
 Sie verfügt sowohl über Nass- als auch Trockenbereiche.
- vorgesteuerte Sprinkleranlage  
 Die vorgesteuerte Sprinkleranlage ist ein besonders sensibles System. Hier kommen zwei verschiedene Systeme zum Einsatz. Bei beiden handelt es sich um Trockenanlagen.

Das erste System wird, auch nach dem Zerplatzen einer Glasampulle, erst mit Wasser geflutet, wenn ein zusätzlicher Brandmelder oder eine BMA ebenfalls Alarm schlägt.

Im Fall, dass der Brandmelder (oft Rauchmelder) reagiert, bevor eine Ampulle zer springt, werden die Leitungen zwar geflutet, aber das Wasser kann erst nach dem Auslösen eines Sprinklerkopfes austreten. Dieses System kommt zum Einsatz, wenn versehentliches Austreten von Wasser zu beträchtlichen Schäden führen würde.

Bei der zweiten Variante wird die Anlage beim Ansprechen einer der beiden Möglichkeiten ausgelöst (Sprinklerkopf oder Brandmelder). Sie findet dort Verwendung, wo mit einer raschen Ausbreitung von Feuer zu rechnen ist (z.B. Hochregallager).

Zur Wasserversorgung von Sprinkleranlagen stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- öffentliches Wassernetz
- öffentliches Wassernetz mit Druckerhöhungspumpe
- Vorratsbehälter mit Wassernachspeisung
- Hochbehälter
- unerschöpfliche Wasserquellen wie Seen, Flüsse
- Druckluft-, Wasserbehälter

### Sprühwasser-Löschanlage

Der wesentliche Unterschied einer Sprühwasserlöschanlage zu einem Sprinklersystem sind die offenen Löschdüsen. Im Fall eines Brandes kommt gleichzeitig die gesamte Anlage zum Einsatz. Ihr Ziel ist es, den Brand zu löschen. Sie wird in der Regel für Transformatoren, Maschinenräume, Gasturbinen, Chemielager, Objektschutz, Kabelkanäle oder für die Berieselung von Tankanlagen verwendet.

### Wassernebel-Löschanlage

Sprühwassernebel Löschanlagen bedienen sich der Verdampfungswärme und dem hohen Wärmebindungsvermögen von Wasser. Durch die Vergrößerung der Tröpfchenanzahl steigt gleichzeitig die Löschleistung. Durch das oft schlagartige Löschen von Entstehungsbränden wird der Wasserverbrauch dementsprechend reduziert. Je nach Einsatzort kann man auf Hochdruck (12 - 15 bar) oder Niederdruckanlagen (4 - 6 bar) zurückgreifen. Darauf ausgelegt wird ein spezielles Löschaggregat erforderlich.

Durch die erhöhte Effektivität und die dementsprechenden Mehrkosten beschränkt sich ihr Einsatz ebenfalls auf industrielle Zwecke.

## Schaum-Löschanlage

Für verschiedene Brandstoffe, wie z.B. brennbare Flüssigkeiten müssen spezielle Löschstoffe eingesetzt werden. Durch die schnelle Brandentwicklung und die Entstehung großer Mengen toxischer Gase ist ein schnelles Löschen erforderlich. Reines Wasser scheidet hier als Löschmittel aus. Der temperaturbeständige Schaum, ein Mittel aus Wasser und Löschmittelkonzentrat, breitet sich über die zu löschende Substanz aus und trennt den Brandstoff vom Sauerstoff.

Es gibt verschiedene Wege den Schaum freizusetzen:

- Schaumspinkler
- Schaumdüsen
- Generatoren (blasen zusätzliche Luft in das Schaummittelgemisch)
- Monitore (Schaumweitwurfdüsen)
- Schaumrohre (zum Einbringen des Schaumes in spezielle Bereiche z.B. Tankanlagen)

Je nach zu schützendem Stoff gibt es verschiedene Schaummittel. Einige Beispiele sind Proteinschaum, Fluorproteinschaum, synthetischer Schaum, wasserfilmbildender Schaum und alkoholbeständiger Schaum.

### 1. 3. 2 Gas-Löschanlagen

Wenn Wasser und das Zurückbleiben von Löschmitteln unerwünscht sind kommen Gas-Löschanlagen zum Einsatz. Dies ist der Fall in Lackbetrieben und bei der Schaumstoffherstellung.

#### CO<sub>2</sub>-Löschanlagen

Sie basiert auf dem Prinzip der Sauerstoffverdrängung. Je nach Anwendung wird eine Löschmittelkonzentration von 30-60 % verwendet. Da es sich bei CO<sub>2</sub> um ein lebensgefährliches Atemgift handelt, sind eine Verzögerungsvorrichtung zur Ermöglichung der Flucht und eine manuelle Stopvorrichtung vorzusehen. Eine optische und akustische Warnung für mindestens 30 Minuten ist ebenfalls erforderlich. Auf Gasdichtheit der verschiedenen Abschnitte ist zu achten.

#### Inertgas-Löschanlagen

Inertgase zielen ebenfalls darauf ab, den Sauerstoffanteil der Luft so weit zu reduzieren, dass das Feuer erstickt. Unter Inertgasen (inert = untätig, unbeteiligt) versteht man reaktionsarme Gase, die sich an den meisten chemischen Vorgängen, wie z.B. Brand, nicht beteiligen. Die gebräuchlichsten Gase sind Argon, Stickstoff, Gasgemische (Inergen, Ar-

gonite). Die Bedingungen aufgrund des niedrigen Sauerstoffanteils sind weniger kritisch wie bei einer CO<sub>2</sub> Löschanlage, trotzdem ist auch hier auf eine Verzögerung bzw. auf die Fluchtzeit der Gebäudenutzer zu achten. Findet oft Anwendung im Objektschutz.

Anmerkung: Manche Hersteller werben damit, dass sich bei gut abgestimmten Systemen durch den niedrigeren Sauerstoffanteil lediglich die Atmungsrate eines betroffenen Menschen erhöht und keine gesundheitlichen Schäden auftreten. Die Richtigkeit dieser Aussage sei aber dahingestellt.

### Chemische Löschanlagen (Halon, FM-200, Novec 1230)

Die Löschwirkung beruht auf der Kühlung der Flamme und der chemischen Reaktion. Für Menschen und elektronische Geräte eher unbedenklich, wirken sich manche dieser Löschstoffe sehr negativ auf unsere Umwelt aus. Das Mittel Halon, das nachweislich die Ozonschicht zerstört, ist bereits vielerorts verboten.

#### 1. 3. 3 Speziallöschanlagen

##### Explosionsschutzsysteme

Sie werden in der Industrie eingesetzt, wo die Gefahr einer Explosion durch Gas, Flüssigkeiten oder Staub besteht. Rund 80 % aller industriellen Stäube können explodieren. Solche Anlagen funktionieren, indem sie den Sauerstoffgehalt in Behältern herabsetzen, Druckentlastungsventile öffnen, den betroffenen Bereich entkoppeln oder eine HDR-Löschmittelsperre (HRD = High Rate Discharge) einsetzen.

##### Kleinlöschanlagen

Wenn eine Raumlöschanlage nicht präzise genug ist, kommt eine Kleinlöschanlage zum Einsatz. Verwendung für spezielle Maschinen oder Laborbereiche.

##### Pulverlöschanlagen

Kann bei Gas-, Flüssigkeits- und Metallbränden zum Einsatz kommen. In kürzester Zeit führt das durch Treibgase verströmte Pulver zum Erlöschen von Bränden.

##### Küchenschutzsysteme

In Küchen, in denen Fettbrandgefahr besteht, kommen spezielle flüssige Löschmittel zum Einsatz. Zum einen trennen sie die Brandmasse vom Sauerstoff und zum anderen kühlen sie die Oberfläche, um ein Wiederentzünden des Fetts zu verhindern.

##### Lackieranlagenschutz

Offt vollautomatisiert und mit einer elektrostatischen Auftragstechnik ausgestattet, wer-

den hier besonders empfindliche Flammendedektoren verwendet.

## 1. 4 Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA)

[7],[127],[31]

Wie in Kapitel 1 bereits erwähnt, stellt Rauch eine vernichtende Kraft bei den meisten Bränden dar. Eine effektive Belüftung, um der Verrauchung eines Gebäudes entgegen zu wirken, ist also ein sehr wertvoller Punkt in jedem Brandschutzkonzept.

Der Einsatz einer RWA hat folgende Ziele:

- Sicherung der Fluchtwege
- Reduktion von Schäden an Mensch und Gebäude
- ermöglicht besseren und gezielteren Einsatz der Feuerwehr
- verhindert oder verzögert die explosionsartige Entzündung (Flash over)
- thermische Entlastung des Gebäudes

Rauch- und Wärmeabzugsanlagen nutzen die bei einem Brand entstehende Thermik. An einem der höchstgelegenen Punkte des zu schützenden Bereiches werden automatische Lüfter angebracht. Hierfür stehen verschiedenen Typen -je nach Einsatzort- zur Auswahl. In jedem Fall ist zu beachten, dass die Wintertauglichkeit gewährleistet ist und eine Öffnung der Klappe von mindestens 90° eingehalten wird. Kleinere Winkel sind aufgrund möglicher negativer Windeinflüsse nicht mehr zulässig.

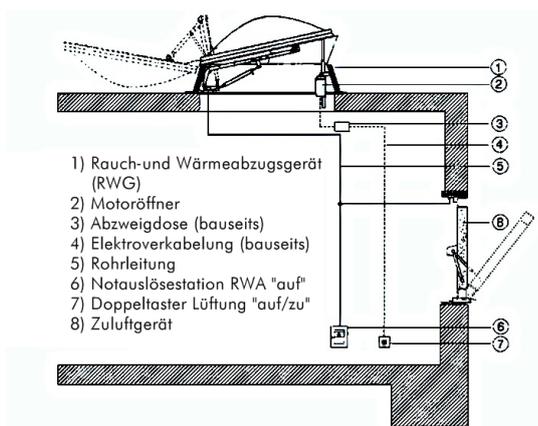


Abb. 1.14 Funktionsschema einer Rauch- und Wärmeabzugsanlage, nach [32]

Lüfterbeispiele:

- Doppelkanallüfter



Abb. 1.15 Doppelkanallüfter, aus [7]

- Lichtkuppeln



Abb. 1.16 Lichtkuppel, aus [7]

- Jalousienklappenlüfter



Abb. 1.17 Jalousienklappenlüfter, aus [7]

Damit kein Unterdruck entsteht, kommen verschiedene Zuluftöffnungen zum Einsatz.



Abb. 1.18 Zuluftöffnungen, aus [32]

Außerdem ist eine Rauchabschnittsbildung mit Hilfe von Rauchschürzen möglich.

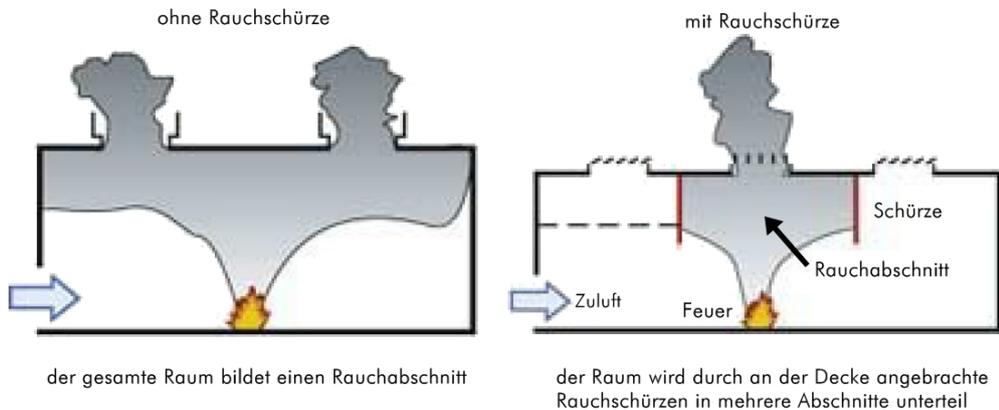


Abb. 1.19 Schema Rauchabschnittsbildung, aus [7]

Für das Auslösen der Öffnungen stehen grundsätzlich drei Arten zur Verfügung. Eine elektrische Variante, eine mit Druckluft und der Einsatz von CO<sub>2</sub> Patronen.

Um eine einwandfreie Funktion dieser sonst ruhenden Sicherheitseinrichtung zu gewährleisten, ist die fachmännische Wartung und Instandhaltung sicher zu stellen. Dies hat in regelmäßigen Zeitintervallen stattzufinden, mindestens jedoch einmal jährlich.

Neben den natürlichen Brandrauchentlüftungsanlagen (BRE) gibt es noch zwei weitere Varianten, die Brandrauchabsauganlage (BRA) und die Rauchverdünnungsanlagen (RVA). Zur Sicherung der Stiegenhäuser und Fluchtwege steht zusätzlich noch die Überdruckbelüftungsanlage (DBA) zur Verfügung.

#### 1. 4. 1 Brandrauchabsauganlage (BRA)

Bei diesen mechanischen Entrauchungsanlagen kommen Ventilatoren zum Einsatz um den Rauch aus dem betroffenen Bereich abzusaugen. Besondere Anforderungen werden hier an die elektrische Versorgung der Ventilatoren und Klappen und an die Ausführung der Lüftungskanäle gestellt. Es ist wichtig, dass die heißen Gase nirgends austreten oder die Funktionstüchtigkeit beeinflussen können. Die Berechnung der Nachströmöffnungen ist hier besonders wichtig, damit kein Unterdruck entsteht, der das Öffnen von Türen erschwert.

#### 1. 4. 2 Rauchverdünnungsanlagen (RVA)

Sie können im Gegensatz zu Brandrauchabsauganlagen keine rauchfreie Schicht erzeugen. Der geforderte 12 bis 30-fache Luftwechsel erleichtert aber vor allem in der Anfangsphase eines Brandes die Flucht von Personen und die Brandbekämpfung. Die Luftzufuhr kann mechanisch oder natürlich erfolgen. Wie bei den meisten RWA's ist hier die Vermeidung eines Unterdrucks zu beachten.

### 1. 4. 3 Druckbelüftungsanlagen (DBA)

Für Treppenhäuser und Flure bietet sich neben einer Rauchabzugseinrichtung auch eine Druckbelüftungsanlage (auch Rauchschutz- Druck - Anlage genannt) an. Der in Abbildung 3.7 beschriebene Druckunterschied hilft dabei, das Treppenhaus bzw. den Fluchtweg weitgehend rauchfrei zu halten.

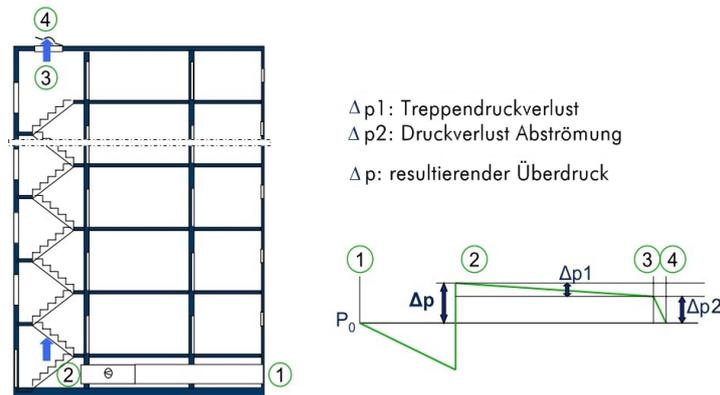


Abb. 1.20 Prinzip einer Druckbelüftungsanlage, nach [127]

Zusätzlich zwingt der Überdruck den Rauch entweder über ein Fenster oder über eine Entrauchungsanlage den Brandraum zu verlassen.

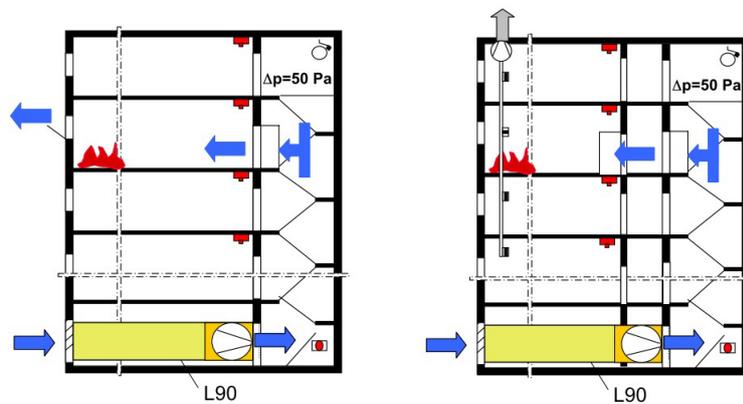


Abb. 1.21 Belüftungsstrom, nach [127]

## 2 Baulicher Brandschutz

[89]

Zum baulichen Brandschutz zählen alle Bekleidungen, Abschottungen und sonstigen Bauteile, die der Brandbildung und Weiterleitung im Wege stehen.

Die EN-13501-2 befasst sich in Punkt 7.4 mit Produkten und Systemen zum Brandschutz von Bauteilen und Gebäudeteilen.

Ihre Aufgabe besteht darin, Bereiche, die den geforderten Brandschutzauflagen alleine nicht gerecht werden, ausreichend vor Feuer und Rauchentwicklung zu schützen. Sie kommen auch zum Einsatz, wenn bestimmte Bauteile besonderen Schutz benötigen

Man unterscheidet zwischen:

- Art des Schutzmittels:
  - horizontale Membrane (Unterdecken)
  - vertikale Membrane (Wandscheiben als Abschirmung)
  - Brandschutzbeschichtung und Bekleidung
- Art der zu schützenden tragenden Bauteile:
  - Stahl
  - Beton
  - Stahl/Beton-Verbundbau
  - Holz
  - Aluminium

Die notwendigen Versuche für die Klassifizierung leiten sich aus den Eigenschaften des zu schützenden Stoffes, des Schutzmittels und der Art der Schutzfunktion ( Unterdecke, Beschichtung etc.) ab.

Im Holzbau verwendet man auch den Begriff BA-Bauweise. Im Gegensatz zur AB-Bauweise, die auf einer nicht brennbaren Konstruktion (A) beruht und mit einer brennbaren Dämmung (B) versehen werden kann, lässt die BA-Bauweise eine Tragkonstruktion aus Holz (brennbar,B) zu. Voraussetzung ist, je nach Anforderung, die Verkleidung mit einem nicht brennbaren Material (A). In welchem Ausmaß eine Brandschutzbekleidung erforderlich ist, wird durch die geltenden Brandschutzbestimmungen geregelt.

## 2.1 Brandschutzbekleidungen

[89],[39],[17]

### 2.1.1 Allgemeines

Die EN 13501-2 sieht folgende Klassen für Brandschutzbekleidungen vor:  
K 10, K 30, K 60

Anmerkung: Die fälschlicherweise manchmal verwendete K 90 Klasse ist so noch nicht in der Norm erfasst.

Das Kriterium „K“ (Brandschutzfunktion) befasst sich mit dem Schutz, den eine Bekleidung bietet, den dahinterliegenden Bauteil vor Entzündung, Verkohlung und anderen Schäden zu schützen.

In der Musterbauordnung (MBO) wird die sogenannte Kapselung als eine allseitige Verkleidung von brennbaren Bauteilen mit nicht brennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) beschrieben. Es wird keine Aussage über die Qualität, die Fugen oder Installationen getroffen. In den österreichischen Richtlinien wird keine konkrete Aussage darüber getroffen.

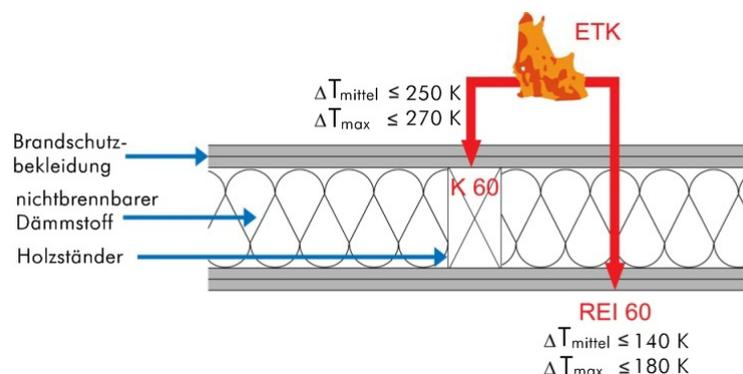


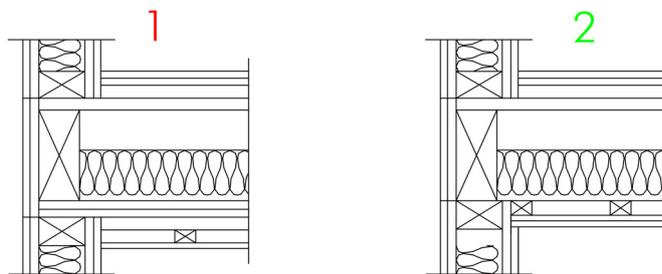
Abb. 2.1 Unterschied zwischen dem Kriterium „K“ und dem Feuerwiderstand eines Bauteiles, aus [33]

Wie man sieht, weist die Wand in Abb. 2.1 im Bereich der Dämmung einen Feuerwiderstand von REI 60 auf. Auf den sich in der Wand befindlichen Holzständer bezogen, gilt jedoch das K 60 Kriterium: Die Zeit, bis die Brandschutzbekleidung versagt und der Ständer maßgeblich durch das Feuer beeinflusst wird. Für einen K 60 Bauteil kann sich somit ein Feuerwiderstand von 90 bis 120 Minuten ergeben.

Ungleich der Prüfung des Feuerwiderstands, bei dem die Temperatur auf der feuerabgewandten Seite der Wand gemessen wird, ist beim Erfüllen der Brandschutzfunktion (K) die Temperatur direkt hinter der Bekleidung maßgebend (In Abb. 4.1 durch die roten Pfeilspitzen dargestellt).

### 2. 1. 2 Fugenausbildung

Zum Thema „Kapselung“ finden sich bereits eine Reihe von Ausführungsdetails und Tests. Sehr interessant äußert sich zum Beispiel ein Versuch über die Fugenausbildung.



Anschluss  
OHNE  
Fugenversatz

Anschluss  
MIT  
Fugenversatz

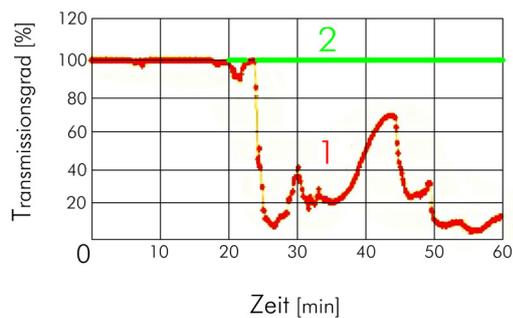


Abb. 2.2 Vergleich der Transmission zweier Eckausbildungen mit und ohne Fugenversatz, nach [17]

Man sieht, dass sich bei der Ausbildung mit versetzten Fugen im Eckbereich 2 über 60 Minuten keine Transmission von Rauch ergibt.

### 2. 1. 3 Nutzen der Kapselung

Der Bericht „Sicher hoch hinaus im Holzbau, Spinnerei oder Notwendigkeit?“ [45] weist darauf hin, dass die immobilen Brandlasten in mehrgeschossigen Holzbauten bei konsequenter Kapselung (BA-Bauweise) für den Personenschutz keine Bedeutung haben. Hinsichtlich der Risikoabschätzung von Bränden verliert die Materialität weiter an Bedeutung, wenn man die toxischen Verbrennungsprodukte der Einrichtung (mobile Brandlast) mit berücksichtigt. [45]

In der „Machbarkeitsstudie eines mehrgeschossigen Holzbaus der Gebäudeklasse 5 (Holzforschung Austria)“ [33] wurde die äquivalente Branddauer eines beispielhaften

Wohngebäudes im 7. Obergeschoss mit 27,1 Minuten bestimmt.

Nutzung/Lage	Brandlastdichte $q_{f,k}$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	$\alpha_v$	Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	äquivalente Branddauer $t_{e,d}$ [min]
Büro rechts	511	0,25	323	16,2
Büro rechts	420	0,25	323	13,32
Büro links	511	0,25	217	15,78
Wohnung a 7.OG	948	0,25	47	23,5
Wohnung a 6.OG	948	0,23	95,73	27,09
<b>Wohnung b 7.OG</b>	<b>984</b>	<b>0,21</b>	<b>61,6</b>	<b>27,1</b>
Wohnung b 7.OG	780	0,21	61,6	22,3

Tab. 2.1 äquivalente Branddauer, nach [33]

Dadurch kann bei einer Konstruktion REI 90 (brennbar) mit einer K 30 Bekleidung das erwünschte Schutzniveau der OIB-Richtlinie 2 eingehalten werden. Die Kapselung stellt sicher, dass sich das dahinterliegende Holz nicht entzünden kann bzw. eine mittlere Temperatur von 250°C nicht überschritten wird.

Die Durchgängigkeit der Kapselung und der Ausschluss von Beschädigungen sind sicherzustellen. [33]

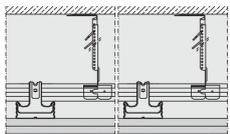
#### 2. 1. 4 Gipsplatten

[129],[47]

Oft Verwendung als Brandschutzbekleidungen finden Gipskarton- oder Gipsfaserplatten. Bei der Verkleidung mit Gipsplatten ist eine vollflächige Spachtelung aus brandschutztechnischen Gründen nicht zwingend. Erforderlich ist aber das Füllen der Plattenfugen und das Überspachteln der Befestigungsmittel.

Es gibt verschiedene Lösungen mit unterschiedlichen Plattentypen und Schichtstärken der einzelnen Hersteller. Auch die Art der Dämmung oder das Vorhandensein von Hohlräumen spielt eine wesentliche Rolle.

Das Beispiel in Tab. 2.2 soll nur zur Orientierung dienen welche Plattendicken (hier Feuerschutzdecke) Anwendung finden. Genaue Systemangaben lassen sich leicht auf den Informationsseiten der Hersteller nachschlagen.

Konstruktionsskizze (Metallkonstruktion abgehängt)	Bepankungs- dicke RF(DF) RFI(DFH2) Rlgidur, Rigidur H mm	Rigips- system Nr.	Achsabstand			Feuer- wider- stands- klasse nach EN 13501-2
			Abhänger mm	Trag- lattung mm	Montage- lattung mm	
	2x12,5	4.10.13	750	850	400	EI 30 (b→a)
	2x15	4.10.13	750	850	400	EI 60 (b→a)
	3x15	4.10.22	600	750	400	EI 90 (b→a)
	2x20					

Tab. 2.2 Beispiel: Rigips Feuerschutzdecke, aus [47]

Zu beachten ist hier, dass sich diese Schichtstärken auf den Feuerwiderstand des gesamten Bauteils beziehen. In diesem Fall unbedenklich da hier (abgehängte Decke) ohnehin nur der Feuerwiderstand von unten betrachtet wird. Wenn es sich aber um eine Wandkonstruktion handelt, gilt der Feuerwiderstand (EI) für die gesamte Konstruktion..

Bepankung der vorhandenen Wand je Seite	auf EI30 einseitig	auf EI60		auf EI90	
		einseitig	beidseitig	einseitig	beidseitig
≥ 1x12,5 GKB	15 mm Glasroc F	20 mm Glasroc F	12,5 mm Glasroc F	30 mm Glasroc F	15 mm Glasroc F
≥ 2x12,5 GKB	-	12,5 mm Glasroc F	-	15 mm Glasroc F	12,5 mm Glasroc F
≥ 1x12,5 GKF	-	15 mm Glasroc F	12,5 mm Glasroc F	20 mm Glasroc F	12,5 mm Glasroc F

Tab. 2.3 Feuerschutztechnische Ertüchtigung, Rigips, aus [47]

In Tab. 2.3 ist die feuerschutztechnische Ertüchtigung einer Wand (erste Spalte) mit zusätzlichen Platten jeweils einseitig oder beidseitig aufgeführt. Wird also nun ein tragender Holzbauteil verkleidet und die Anforderungen verlangen z.B. eine K 60 Bekleidung, kann man mit einem Aufbau von 2x12,5 GKB+12,5 Glasroc F bzw. 1x12,5GKF+15 Glasroc F für jede zu schützende Seite rechnen.

Wie man anhand des Beispiels in Tab. 2.3 erkennen kann, spielen auch die Platteneigenschaften eine wesentliche Rolle. Man kann bereits auf ein großes Angebot an verschiedenen Feuerschutzplatten zurückgreifen. Neben dem Einsatz von Gipsplatten als

typische Wand oder Deckenverkleidung nimmt ihre Verwendung als Brandschutzbekleidung, vor allem im Holz- und Stahlbau, immer mehr zu.

- Rigips Bauplatte RB (GKB), A2-s1, d0 (B)  
normaler Gipskern mit Karton ummantelt
- Rigips Feuerschutzplatte RF (GKF), A2-s1, d0 (B)  
spezieller, verstärkter Gipskern mit Karton ummantelt
- Rigidur H, A1  
Gipsfaserplatte aus Gips, Papierfasern und mineralischen Zuschlagstoffen
- Glasroc F (Ridurit), A1  
vliesarmierte Brandschutzplatte für höheren Gefügezusammenhalt

## 2. 1. 5 Fire Retardant Treated Wood (brandhemmend behandeltes Holz)

[29],[30],[18]

### Einleitung

Fire Retardant Treated Wood oder brandhemmend behandeltes Holz ist eine besondere Art der Brandschutzbekleidung. In Kanada ist dieses System bereits unter FRTW im NBCC ( National Building Code of Canada) vorzufinden. Auch im IBC (International Building Code) der USA ist FRTW bereits vertreten. Die erste Patentanmeldung von FRTW ist auf Max Bachert im Jahre 1893 zurückzuführen. In der Zeit des zweiten Weltkrieges wurden bereits die ersten großen Bauprojekte mit brandhemmendem Holz verwirklicht. Die Wahrzeichen der „World’s Fair“ 1939 in New York, eine riesige Kugel, der dazugehörige Pylon (ca. 210 m) und der damit verbundene Hochsteg besaßen bereits eine Struktur aus FRTW. Außerdem noch einige Flugzeughangars, die eine Höhe von bis zu 64m erreichten, sowie der „Trestle Electromagnetic Pulse Simulator“, der als größtes Holz-Leimbauwerk der Welt galt. Über die Jahre hinweg hat sich FRTW in Nordamerika zu einem konkurrenzfähigen Prdukt in vielen Einsatzbereichen entwickelt.

Im europäischen Raum konnte es erst in den letzten 20 Jahren und hauptsächlich im nördlichen Teil, wie Skandinavien, den Niederlanden und England Fuß fassen. Mit dem zunehmenden Anteil an Holzbau und dem Wunsch, die Bauweise zur Geltung zu bringen, stehen die Chancen gut, dass auch in Europa der Einsatz von FRTW weiter zunimmt.

### Herstellung und Klassifizierung

Es gibt bereits verschiedenste Herstellungsverfahren, wodurch dem Planer eine Auswahl zwischen:

- druckimprägniertem Holz,
- verschiedenen Anstrichen und

- Produkten auf natürlicher Basis (Wasseremulsionen)

zur Verfügung steht. Nicht alle Verfahren erzielen den gleichen Effekt, doch viele Behandlungen verringern die Feuerausbreitung (flame spread index) auf einen Wert von 25 oder weniger und beeinflussen das Holz so, dass sich über einen bestimmten Zeitraum keine maßgeblichen Zeichen von Verkohlung einstellen.

Im „International Building Code (USA)“ erfolgt eine Klassifizierung der Materialien in folgende Gruppen:

IBC	rating
A	0-25
B	26-75
C	76-200

Tab. 2.4 „IBC“ Materialklassifizierungen anhand des „flame spread index“, aus [130]

Das behandelte Holz besteht die in Nordamerika und Kanada üblichen Standardtests (z.B. Steiner Tunnel) bezüglich der Ausbreitung von Feuer, der Rauchentwicklung und der Vermeidung von Brandmasse über eine Periode von mind. 30 Minuten.

Verschiedene Hersteller werben mit einer Lebensdauer von 50 Jahren oder sogar der gesamten Nutzungsdauer des Gebäudes. Langzeittests über mindestens 20 Jahre sind bei den meisten Produkten bereits vorhanden.

Auszug aus dem „International Building Code“ (USA):

IBC 2303.2

Fire-retardant-treated wood

*Fire-retardant-treated wood is any wood product which, when impregnated with chemicals by a pressure process or other means during manufacture, shall have, when tested in accordance with ASTM E 84, a listed flame spread index of 25 or less and show no evidence of significant progressive combustion when the test is continued for an additional 20-minute period. In addition, the flame front shall not progress more than 10.5 feet (3200 mm) beyond the centerline of the burners at any time during the test. [128]*

In Europa sind die Einsatzmöglichkeiten von FRTW noch kaum ausgereizt bzw. in den Richtlinien erfasst. Ungleich den nordamerikanischen Klassifizierungen, schafft es FRTW in der EN 13501-1 nur in die Kategorie B1-s1,d0, da sobald die erhöhte Brandwiderstandsdauer aufgebraucht ist, das Holz wieder seine normalen Brandeigenschaften aufweist und somit als brennbarer Stoff zu betrachten ist.

In Schweden ist FRTW bereits als sichtbare Holzbekleidung zulässig, sofern es die erforderlichen Kriterien EI 30 - 90 erfüllt.

	Fassade		Wand- und Deckenbekleidung				Bodenbelag	
	kein Sprinkler	Sprinkler	Wohnung		Fluchtwege		Wohnung	Fluchtwege
			kein Sprinkler	Sprinkler	kein Sprinkler	Sprinkler		
Holz	2	∞	2	8	0	0	∞	∞
FRT	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

Tab. 2.5 zulässige Geschossanzahl für die Verwendung von Holz an sichtbaren Oberflächen, aus [33]

Das Potential für FRTW als Brandschutzbekleidung könnte durchaus auch im restlichen Europa auf Befürworter stoßen und GKF-Verkleidungen in manchen Bereichen als Standardlösung ablösen. Die Auflage in vielen Bereichen, zwingend die Brennbarkeitsklasse A2 zu verwenden, scheint hier nicht zweckdienlich. Ob ein Material nach einer bestimmten Zeit brennbar wird oder eine nicht brennbare Bekleidung einen brennbaren Stoff freigibt, macht brandschutztechnisch keinen relevanten Unterschied.

Ein weiterer Grund für die eher zögerliche Verbreitung von FRTW ist die Angst vor dem gesundheitsschädlichen Einfluss von Chemikalien. Laut Herstellerangaben sind die Produkte nicht giftig, führen aber bei Kontakt in flüssiger Form zu Irritation von Haut und Augen. Da dies auf die meisten Anstriche zutrifft und der Stoff ausreichend im Holz gebunden und verteilt ist, kann man von einer problemlosen Anwendung ausgehen.

## 2. 1. 6 Prüfung von Brandschutzbekleidung lt. EN 13501-2

[89]

In der EN 13501-2 wird, um Bauteile mit schützender Funktion zu prüfen, auf die ÖNORM EN 13381-2 bis -7 und auf die ÖNORM EN 14135 „Brandschutzbekleidungen - Bestimmung der Brandschutzwirkung“ verwiesen. Außerdem wird darauf hingewiesen, dass die schützende Schicht (Beschichtungen, Bekleidungen und Membrane) keine eigene Feuerwiderstandsfähigkeit besitzt, sondern erst in Verbindung mit dem zu schützenden Bauteil wirksam wird. Darum gelten für sie die selben Klassen wie für das zu schützende Bauteil.

Offt wird nur das Kriterium R angestrebt, falls aber auch E und I verlangt werden, kann die Prüfung nach den Eurocodes ÖNORM EN 1992-1-2, EN 1993-1-2, EN 1994-1-2, EN 1995-1-2, EN 1996-1-2 und EN 1999-1-2 erfolgen.

In der ÖNORM EN 1995-1-2, Eurocode 5, Anhang E wird die „Berechnung der raumabschließenden Funktion von Wand- und Deckenkonstruktionen“ beschrieben. Sie dient zur Feststellung des Temperaturanstiegs auf der dem Feuer abgewandten Seite (Kriterium E).

Die Prüfung für durch Beschichtung oder Bekleidung geschützte Holzbauteile hat nach der ÖNORM EN 13381-7 zu erfolgen und wird im Punkt 7.4.6.8 der ÖNORM EN 13501-2 kurz erläutert.

## 2. 2 Brandbarrieren

[1],[81]

### 2. 2. 1 Allgemeines

In einigen Bereichen eines Gebäudes, dazu zählen vor allem Fassaden und Schächte, befinden sich Hohlräume, die die Brandausbreitung ermöglichen bzw. beschleunigen. Um unentdeckte Brände und eine Ausbreitung auf andere Gebäudeteile über eben diese Schwachstellen zu verhindern, gibt es verschiedene Ansätze für feuerstoppende Barrieren. Der folgende Ausschnitt aus den „National Building Regulations (England)“ zeigt eine sehr übersichtliche Darstellung über die mögliche Anordnung von Brandbarrieren in einigen Gebäudeteilen.

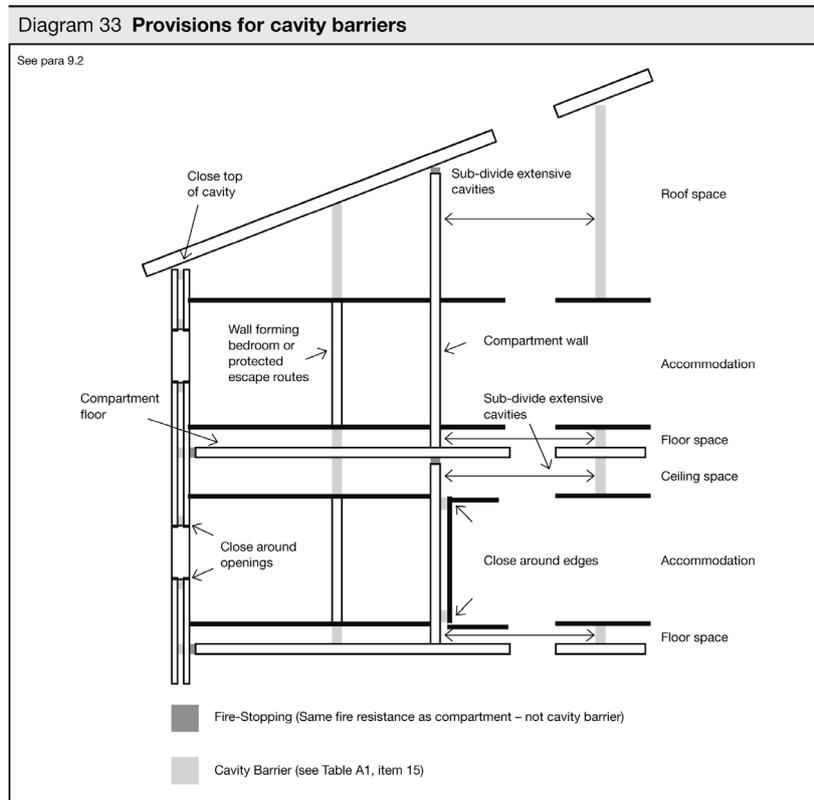


Abb. 2.3 Ausschnitt aus den „National Building Regulations 2010, Part B- Fire Safety Volume 2“ über die Anordnung von Brandbarrieren, aus [81]

## 2. 2. 2 Fassaden

[40]

Die Ausbreitung von Feuer auf der Außenseite einer Fassade kann mit relativ geringen Maßnahmen unterbunden werden. Da die 1,2 m vertikaler Abstand (laut OIB Richtlinie 2) zwischen den Gebäudeöffnungen meist der Gestaltung im Wege stehen, kommen hier Brandschürzen zum Einsatz. Auch bei Holzfassaden ist das Verhindern der Brandausbreitung durch einen horizontalen Überstand an der Fassade effektiv zu unterbinden.

In der folgenden Bildreihe ist ein Versuch des IBS "Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung" [131] über das Verhalten einer brennenden Holzfassade und die zugehörige Brandschürze dargestellt.

Bereits 20 cm reichen hier aus, um den Überschlag auf ein darüberliegendes Geschoss zu verhindern. Dabei kann die Brandschürze durchaus selbst aus Holz mit einer Blechabdeckung gegen Witterungseinflüsse sein.



Abb. 2.4 Brandschürze vor dem Brandtest, aus [40]



Abb. 2.5 Während und nach der Beflammung, aus [40]

Laut OIB muss bei der Begrenzung zweier Brandabschnitte durch eine Decke ein Außenwandstreifen von 1,2 m Höhe in EI 90 zwischen zwei Öffnungen vorhanden sein. Sofern dies nicht der Fall ist, muss eine horizontale Auskragung von mind. 0,8 m die brandabschnittbildende Decke erweitern.

Bei einem Gebäude der Gebäudeklasse 5 ist ab 6 oberirdischen Geschossen ebenfalls

ein Streifen von 1,2 m Höhe in EI 30-ef und A2 bzw. in EW 30 und A2 vorzusehen. Ausgenommen sind Gebäude mit einer horizontalen Auskrägung in REI 30 und A2 bzw. EI 30 und A2, oder wenn eine geeignete Brandschutzeinrichtung vorhanden ist (z.B. Löschanlage).

Fassaden können aber auch im Inneren Brände übertragen. Um die Ausbreitung in hinterlüfteten oder vertikalen Konstruktionsebenen zu verhindern, gibt es eine Reihe von Lösungsansätzen.

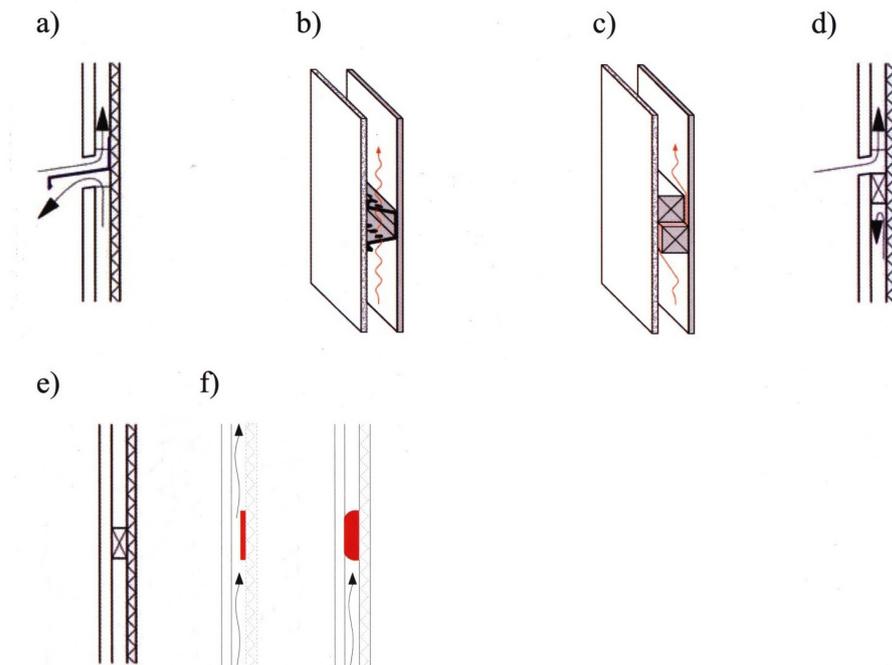


Abb. 2.6 Möglichkeiten, um die Brandausbreitung über einen Hohlraum in einer Fassade bzw. Wand zu verhindern, aus [1]

- a) Brandschutzschürze
- b) nicht brennbares Lochprofil
- c) zwei versetzte Profile mit minimalem Durchgang
- d) Unterteilung der hinterlüfteten Ebene
- e) versperrter Hohlraum
- f) selbst expandierendes Material

### 2. 2. 3 Decken

Decken müssen neben dem Feuerwiderstand noch ein paar andere Voraussetzungen erfüllen. Die Ausführung und Anordnung von Durchbrüchen und Hohlräumen ist zu be-

achten. Bei einer Decke mit Hohlräumen (z.B. abgehängte Decke mit Installationsebene oder Decke gegen Außenluft mit einer Dämmschicht, die nicht beidseitig anliegt) sind zusätzliche Brandbarrieren, die eine versteckte Brandausbreitung verhindern, vorzusehen.

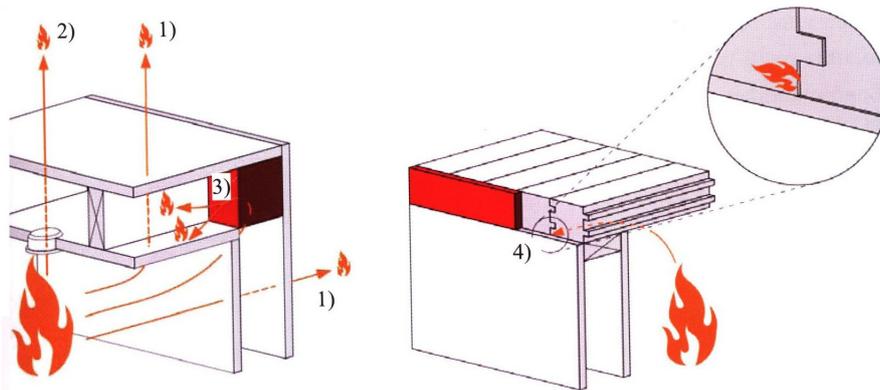


Abb. 2.7 Durchgangsmöglichkeiten von Feuer, aus [1]

- Weg 1:  
Der Feuerwiderstand von trennenden Wänden oder Decken, der von kalkulatorischen Methoden gemäß EN 1995-1-2 und von der Art der äußeren Schicht abhängig ist.
- Weg 2:  
Der Weg durch Öffnungen in den Gebäudeteilen. Sie sollten den Brandwiderstand nicht wesentlich beeinflussen. Darum ist der fachgerechten Ausführung besondere Aufmerksamkeit zu schenken.
- Weg 3:  
Die tragenden Elemente sollen so lang wie möglich vor Brandeinwirkung geschützt werden. Zudem gilt die Luftdichtheit, um den Eintrag von Kondensation zu unterbinden. Dichtmaterialien verlieren ihre Eigenschaften ab einer Temperatur von 100°C.
- Weg 4:  
Verbindungsstellen bzw. Stöße bieten heißen Gasen noch vor einem Versagen der Bauteilschichten die Möglichkeit, benachbarte Räume zu erreichen. Um einen Durchgang zu verhindern, bieten sich folgende Möglichkeiten an:
  - durchgehende Stöße vermeiden
  - Anschlüsse bündig ausführen
  - abgestufte Verbindungen verwenden

- Wände wenn möglich kraftschlüssig mit anliegenden Bauteilen verbinden
- Hohlräume, die durch Verbindungen entstehen, sollten z.B. mit Mineralwolle geschützt werden
- Das Schwind- und Quellverhalten sollte diesbezüglich berücksichtigt werden.

## 2. 2. 4 Schächte und Leitungen

[1], [42]

Schächte und Leitungen sind ein sensibler Bereich, da sie oft mehrere oder alle Geschosse durchdringen und damit eine rasche Brandausbreitung begünstigen könnten. Um dem entgegenzuwirken, sollten sie als eigener Brandabschnitt ausgeführt werden und die Durchbrüche bzw. Verbindungen zu den einzelnen Geschossen dementsprechend gesichert werden.

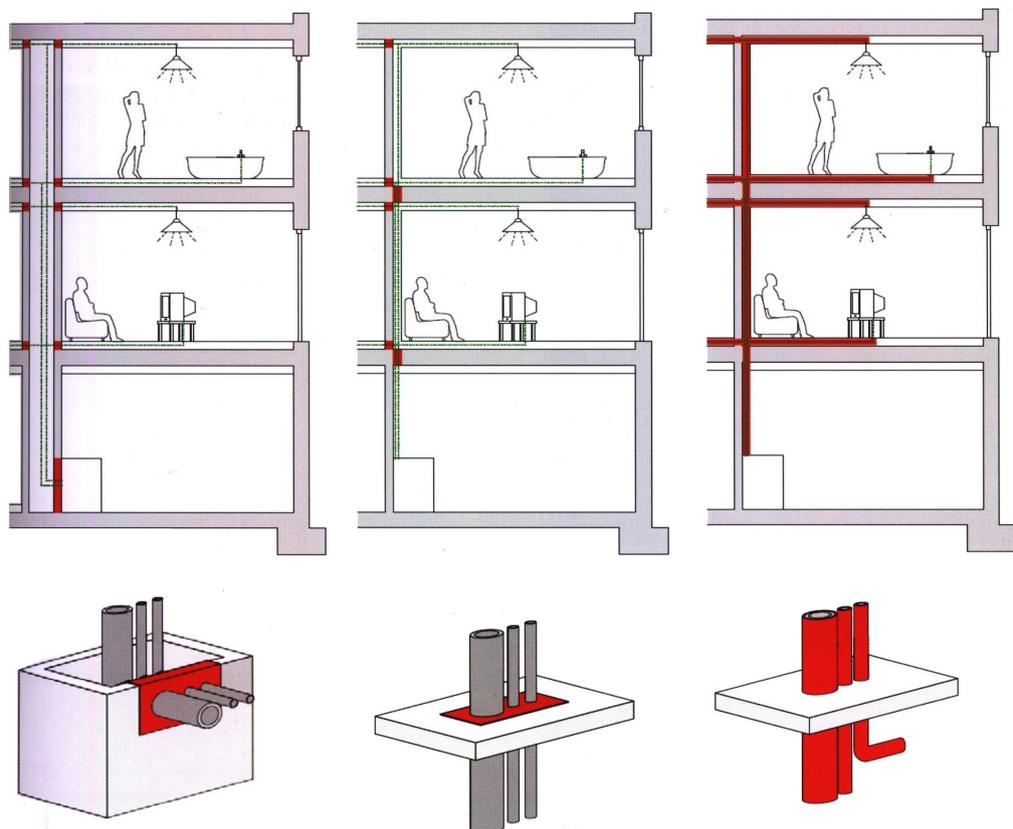


Abb. 2.8 Schutzmöglichkeiten für Schächte und Leitungen, aus [1]

Von links nach rechts:

- Installationsschacht mit Abschottung beim Durchbruch
- Abschottung bei jedem Brandabschnitt

- Einhüllen der Installationsleitungen

Verschiedene Varianten stehen für die Ausbildung von Rohrabschottungen zur Verfügung:

- Weichschott
- Mörtelschott
- Kombinationsschott
- Polsterschott
- Modulschott
- Bausteinschott

## 2.3 Brandversuch von bekleideten und unbekleideten Brettsperrholzplatten

[46]

Die Arbeit „Fire resistance of Laminated Veneer Lumber (LVL) and Cross-Laminated Timber (XLAM) elements“ [46] beschreibt mehrere Brandversuche zum Thema Brettsperrholz.

Ein sehr interessanter Versuchsaufbau zeigt einen Vergleich zwischen 3 verschiedenen Varianten zur Bekleidung des selben BSP-Elements.

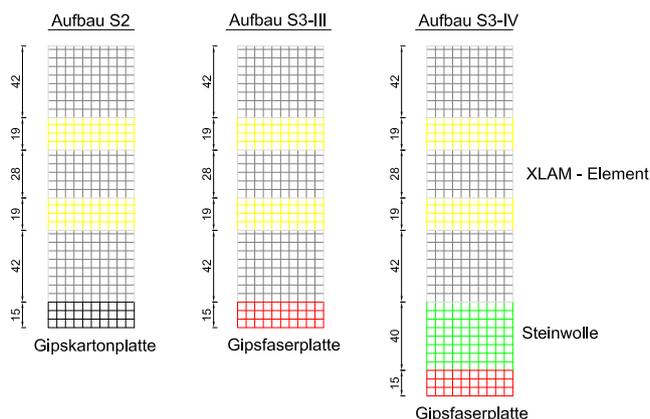


Abb. 2.9 Modelle für die Vergleichsstudie, nach [46]

In den Diagrammen wurden neben den realen Temperaturkurven auch eine Reihe von numerisch ermittelten Kurven dargestellt. Die Berechnung der Modelle wurde mit dem Programm „Abaqus“ durchgeführt.

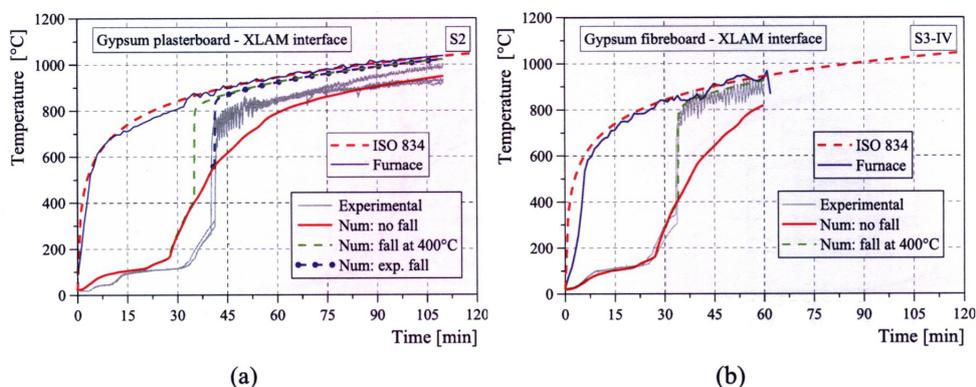


Fig. 7.5 - Experimental and numerical temperatures at gypsum plasterboard-XLAM interface of specimen S2 (a) and gypsum fibreboard-XLAM interface of specimen S3-IV (b).

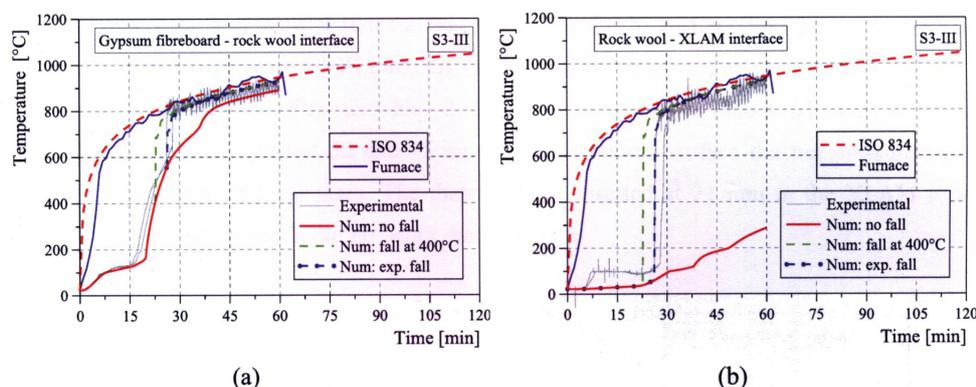


Fig. 7.6 - Experimental and numerical temperatures at gypsum fibreboard-rock wool interface (a) and gypsum fibreboard-XLAM interface (b) of specimen S3-III.

Abb. 2.10 Versuchsverlauf der Realbrände (Experimental) und die Verläufe aus den numerischen Verfahren, aus [46]

Drei Dinge fallen bei der Auswertung auf:

- Die numerischen Verläufe passen sich unter der Berücksichtigung des Abfallens der Schichten sehr gut an den realen Verlauf an. Mit dem Ansatz, das Ablösen der Bekleidung bei einer Temperatur von 400°C anzusetzen, kann man von einem konservativen Ergebnis ausgehen.
- Die Variante mit der direkten Gipskartonbeplankung hält über den längsten Zeitraum stand.
- Bei der Verbindung zwischen der Gipsfaserplatte und der Steinwolle kommt es schneller zum Versagen beider Baustoffe als bei der Variante mit direkter Gipsfaserbeplankung am BSP-Element. Diese Tatsache bekräftigt unter anderem den im nächsten Punkt (4.3), beschriebenen Test verschiedener Dämmmaterialien.

## 2.4 Dämmung

[132]

Da Anforderungen an die verwendeten Dämmstoffe oft mit der geforderten Brennbarkeit der Bekleidung zusammenwirken, sollten auch diesbezüglich Überlegungen angestellt werden. Speziell im Holzbau, wird durch die nicht brennbare Bekleidung oft auch die Anforderung nach nicht brennbarer Dämmung gestellt. Meist wird deshalb auf Mineralwolle mit einem Schmelzpunkt von  $\geq 1000\text{ °C}$  zurückgegriffen.

Ein Versuch mit vier gängigen Dämmstoffen von der „Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe“ zeigt deutlich, dass die Brennbarkeitsklasse für Dämmungen nicht immer von gutem Brandverhalten zeugt.

Beschreibung des Versuchsaufbaus:

Vier Sparrenfelder wurden mit 12,5mm Gipskartonplatten beplankt und der Zwischenraum mit den Dämmstoffen:

- Mineralwolle (A2)
- Polystyrol (B1)
- Zelluloseplatte (B2)
- Einblasdämmung aus Zellulose (B2)

gefüllt (von links nach rechts).



Abb. 2.11 Versuchsaufbau

Der Aufbau wurde rückseitig mit Gasbrennern auf eine Temperatur von ca.  $800\text{ °C}$  erhitzt. Eine Wärmebildkamera hielt die Temperaturverläufe im 10 Sekundentakt fest.

- Nach 340 Sekunden brennt das Polystyrol unter starker Raumentwicklung durch und muss gelöscht werden.



Abb. 2.12 Versagen der Polystyrolschicht

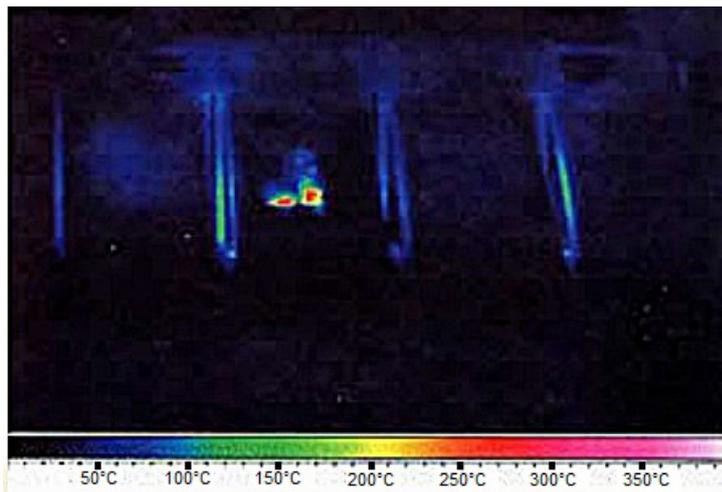


Abb. 2.13 Wärmebild

- Nach 440 Sekunden ist die Mineralfaser geschmolzen und die Flammen dringen durch
- Nach dem Löschen der beiden anderen Schichten wurde versucht, die „brennbaren“ Öko-Dämmstoffe durch zusätzliche direkte Beflammung von oben zu entzünden. Durch die sich einstellende Verkohlungsschicht von ca. 5 mm wurde das darunterliegende Zellulosematerial aber hervorragend geschützt.



Abb. 2.14 Schichten nach dem Versuch

- Der Versuch wurde nach 8 Minuten abgebrochen.

Fazit:

Im Resultat der Prüfung wird darauf hingewiesen, dass die Untersuchungsmethoden der DIN nicht immer praxisgerecht sind. Brandversuche mit den Verantwortlichen sind oft die beste Lösung für die Überprüfung eines bestimmten Aufbaus.

Erfahrungsgemäß entstehen Brände meist im Innenraum, darum ist eine Beplankung für den Brandschutz logischerweise wichtig. Darauf aufbauend basiert auch die sogenannte BA-Bauweise, d.h. die tragenden Bauteile und Dämmstoffe können entflammbar sein, sofern sie durch eine nicht brennbare Bekleidung geschützt sind.

Wenn auf Grund der Größe oder Komplexität des Gebäudes die Nichtweiterleitung von Brand und die Nichtbrennbarkeit der Oberfläche gefordert werden, sind BA-Konstruktionen leistungsfähige Bauteile. Diese Form der Konstruktion gibt brennbaren Baustoffen in Verbindung mit A-Plattenbaustoffen die Möglichkeit, auch bei hohen Brandschutzanforderungen Anwendung zu finden. [132]

## 2.5 Brandschutzverglasung

[41]

Für den Brandschutz kann Glas, den Anforderungen entsprechend, mit der zugehörigen Rahmenkonstruktion, in drei Hauptgruppen gegliedert werden:

- nur Raumabschluss

Der Feuerschritt zur unbeflammten Seite muss verhindert werden. Die Temperatur und Strahlung wird nur sporadisch reduziert. Die Oberflächentemperatur liegt bei ca. 650°C

- Raumabschluss und reduzierte Wärmestrahlung

Der Feuerschritt wird verhindert und die Oberflächentemperatur auf 300°C reduziert.

- Raumabschluss und maximal zulässige Oberflächentemperatur

Der Feuerschritt wird verhindert und die Strahlung und Temperatur werden stark reduziert. Die Oberflächentemperatur liegt bei max. 180°C.

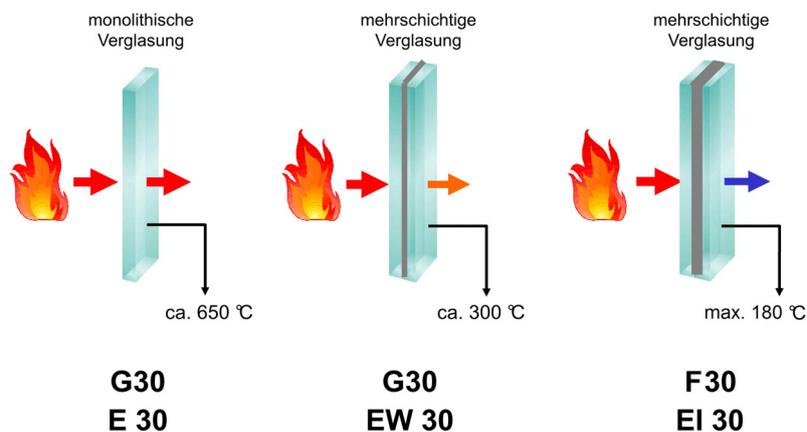


Abb. 2.15 Die drei Anforderungsbilder an Brandschutzverglasungen, aus [40]

Mehrschichtiges Glas kann mit einer dazwischenliegenden Gelschicht ausgeführt werden, die im Brandfall expandiert und eine wärmedämmende Schicht entstehen lässt. Das kann vor allem bei Türen die einen Brandabschnitt begrenzen sinnvoll sein kommen

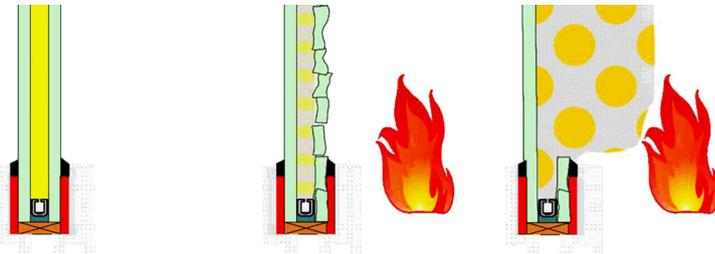


Abb. 2.16 Reaktionsbild 1, aus [41]

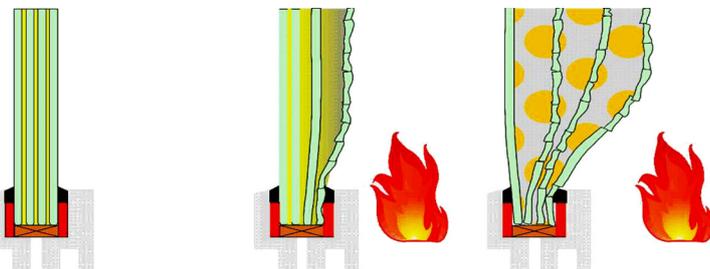


Abb. 2.17 Reaktionsbild 2, aus [41]



Abb. 2.18 Restglasquerschnitt, aus [41]

## 3 Weitere brandschutztechnische Einrichtungen

[31]

### 3.1 Einleitung

Neben den in den vorangegangenen Abschnitten aufgeführten Anlagen und Maßnahmen gibt es noch einige andere erwähnenswerte Einrichtungen. Einige davon kommen sehr häufig zur Anwendung (Wohnhäuser und öffentliche Gebäude):

- Steigleitung
- Feststellanlagen
- Brandabschottungen und
- Blitzableiter

Andere sind eher für spezielle Einsatzorte gedacht (Betriebe und Lagerräume):

- Sauerstoffreduktionsanlagen
- Schlüsselbox und Schlüsselsafe

### 3.2 Steigleitungen

Sie sind die fest verlegten Leitungen, die der Feuerwehr in mehrgeschossigen Gebäuden eine Schlauchanschlusseinrichtung zur Verfügung stellen. Dadurch wird das zeitraubende Verlegen von Feuerwehrschläuchen unterbunden.

#### 3.2.1 Nasse Steigleitung

Die nasse Steigleitung ist direkt an das Ortswassernetz angeschlossen. Sie steht ständig unter Druck und ist auch für den Anschluss von Wandhydranten geeignet. Im obersten Geschoss ist eine Löschwasserversorgung von 600 Liter/min und einem Druck von 3 bar, falls erforderlich, mit Hilfe einer Drucksteigerungsanlage zu gewährleisten.

#### 3.2.2 Trockene Steigleitung

Diese Leitungsart wird erst von der Feuerwehr über eine Einspeisestelle mit Wasser versorgt und unter Druck gesetzt.

### 3.3 Feststellanlagen für Brandschutz- und Rauchabschlüsse

Feststellanlagen haben die Aufgabe, Bereiche, die im Normalfall offen sind im Alarmfall selbstständig zu schließen. In der Regel befinden sich auf beiden Seiten der Tür automa-

tische Brandmelder. Bei Alarmierung löst sich die elektromagnetische Halterung und die Tür fällt zu. Ein Verstellen, Verklemmen, Festkeilen oder Festbinden ist zu vermeiden.

### 3. 4 Brandabschottungen

Diese Brandschutzrollos oder Vorhänge werden im Brandfall automatisch geschlossen. Sie trennen oder schließen bestimmte Räume, um einen eigenen Brandabschnitt zu erzeugen (z.B. Stiegenhaus).

### 3. 5 Sauerstoffreduktionsanlagen

Sie funktionieren ähnlich wie Gaslöschanlagen. Durch die sauerstoffarme Atmosphäre wird bereits das Entstehen eines Brandes erschwert. Kommt vor allem in Lagerräumen zum Einsatz. Die Beimengung von Stickstoff reduziert den Sauerstoffgehalt der Luft auf 15 - 16 %. Der Aufenthalt in solchen Bereichen ist deshalb nur mit Atemschutzgerät erlaubt.

### 3. 6 Blitzschutzanlagen

Wenn ein Blitz einschlägt, kommt es oft zu mechanischen Schäden oder zur Entzündung, für Mensch und Tier ist ein Zusammentreffen meist tödlich.

Um dem entgegen zu wirken gibt es äußere Blitzschutzanlagen, sie fangen einschlagende Blitze auf und leiten sie weiter ins Erdreich, und innere Blitzschutzanlagen, das sind Einrichtungen, die elektrische Anlagen vor Überspannung schützen.

### 3. 7 Schlüsselbox und Schlüsselsafe

Die Schlüsselbox oder der Schlüsselsafe soll der Feuerwehr die Möglichkeit geben, an betriebsfreien Tagen ungehinderten Zugriff zum Betrieb zu erlangen. Zweck ist ein rascher Zugriff ohne Beschädigung der Einrichtungen. Beide, die Box und der Safe, können mit einem Feuerwehrschlüssel geöffnet werden, der Safe jedoch erst, nachdem eine Brandmeldung in der Zentrale eingegangen ist. Damit soll unbefugten Zugriffsversuchen vorgebeugt werden.

## Anwendungsbeispiele

Der moderne Holzwohnbau entwickelt sich ständig weiter. Die Systeme werden immer ausgereifter und bieten der Architektur und dem Ingenieurwesen immer mehr Möglichkeiten Gebäude zu optimieren und sie zu gestalten. In den letzten Jahren hat vor allem der Trend zur steigenden Geschossanzahl im Holz-Massivbau einen neuen Aufschwung erlebt. Die schnellen Errichtungszeiten und die saubere ökologische Bauweise sind nur ein paar der Aspekte, die für den Einsatz von Holz im Wohnbau sprechen. In diesem Kapitel werden verschiedene internationale Projekte dargestellt, die mit innovativen Lösungen von der Idee zur Umsetzung geführt wurden.

Da das Thema Brandschutz besondere Aufmerksamkeit erfordert, gleicht keine Lösungsvariante der anderen. Mit jedem realisierten Projekt verbessert sich das Know-how und man kommt einem standardisierten und optimierten Konzept immer näher. Das Projekt „Timber\_in\_Town“ gab Anstoß zu dieser Arbeit. In Graz entwickelt, und dort umgesetzt, soll das Konzept als Prototyp für eine erlebbare Form des vielgeschossigen Holz-Massivbaus in Österreich stehen.



# 1 Beispiele für den mehrgeschossigen Holzwohnbau

## 1.1 massive\_living

[49]



Abb. 1.1 massive\_living, Panorama und Planansicht, aus [49]

Fertigstellung: 2012

Bauzeit: Juni 2011 bis Oktober 2012

Gebäudetyp: 2 Wohnblöcke mit insgesamt 22 Mietwohnungen

Standort: Wittenbauerstraße 58, Graz, Österreich

Auftraggeber: Die Frohnleitner

Architektur: Architekturbüro Zinganel

Statik: Zivilingenieurbüro Spener, Andreas Ringhofer

Holzbau: Liebbau Weiz

Kosten: ca. € 3,3 Mio.

Wohnnutzfläche: 1884 m<sup>2</sup>

Geschossanzahl: 3 Geschosse in Holz-Massivbauweise

Dimensionen: ca. 23 x 18 m pro Block





Abb. 1.2 massive\_living, Blick Balkon Innenhof

Das Projekt „massiv\_living“ ist einer der Grundsteine für den modernen Holz-Massivbau in Graz und verdeutlicht ihren schnellen und effektiven Einsatz.

Das Brandschutzkonzept wurde vom Ziviltechnikerbüro „Rabl“ (Graz) erstellt. Das Gebäude fällt unter die Gebäudeklasse 3 und erfüllt die Bestimmungen der OIB Richtlinien 2 (Brandschutz) und 2.2 (Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks).

Von jedem Raum aus ist eines der beiden Stiegenhäuser innerhalb von 40 m Fluchtweglänge erreichbar. Das maximale Fluchtniveau beträgt 6 m.

Die Tiefgarage ist gemäß OIB Richtlinie 2 bzw. 2.2 als eigener Brandabschnitt ausgeführt. Die Brandabschnittsfläche der oberirdischen Gebäudeteile beträgt je Haus ca. 940 m<sup>2</sup>, jeweils über drei Geschosse hinweg. Die Stiegenhäuser wurden brandbeständig in REI 90 ausgeführt und mit Feuerschutztüren EI<sub>2</sub> 30 ausgestattet.

Die tragenden, aussteifenden und raumabschließenden Bauteile sind gemäß Tabelle 1 OIB Richtlinie 2 ausgelegt und erfüllen die Anforderungen der ÖNORM EN 13501-2.

„Homemelder“ sind als Frühwarnung in den Wohnungen vorzusehen. Eine RWA wurde zur Brandrauchentlüftung in den Stiegenhäusern installiert.

Zusätzliche Maßnahmen sind die Ausführung der Technikschächte als eigene Brandabschnitte, sämtliche Durchbrüche durch brandabschnittsbildende Bauteile sind mit Anschlüssen in EI 90 bzw. EI 60 versehen und die Küchenabfluffeitung wird in einem eigenen Kanal EI 90 über Dach geführt. Eine Blitzschutzanlage und erforderliche Notbeleuchtung in der Tiefgarage wurde ebenfalls installiert.

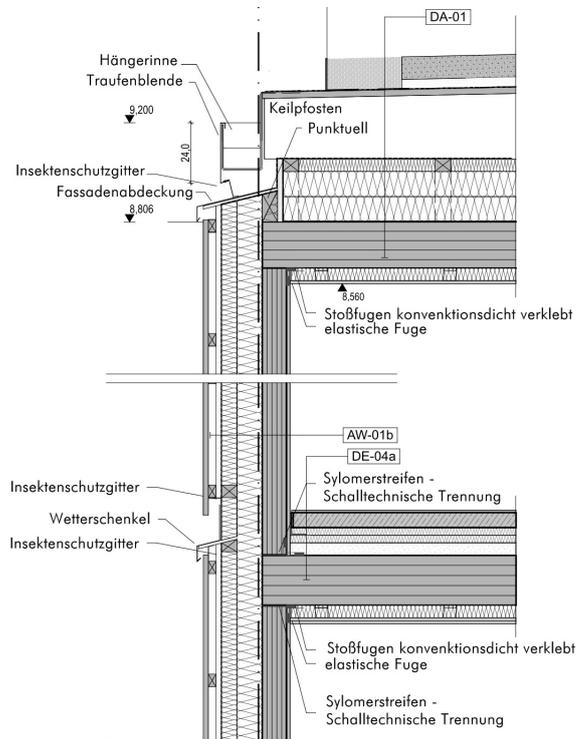


Abb. 1.3 Fassadeinschnitt, aus [49]

AW 1b		39,30 cm	<u>Außenwand Holz + VSS</u>
		1,25 cm	VSS:GKF
		5,0 cm	VSS: Heralan TW (5,0cm)
		9,5 cm	Brettsperrholz
		8,00 cm	MW-FP/Holz UK
		8,00 cm	MW-FP/Holz UK
		0,002cm	Windbremse diff. offen
		2,40 cm	Lattung/Hinterlüft.
		3,00 cm	Konterlattung (30x50)
DA-01			<u>Kaltdach:</u>
		0,00 cm	Gründach/kunst. Dachabdichtung/OSB
		0,00 cm	Keilpfosten/Hinterlüftung
		0,003 cm	Unterdachbahn diff. offen
		25,0 cm	Dämmung MW 3 lagig zw. UK
		0,40cm	Dampfbremse
		18,40 cm	BSP-Decke 18,4/19,8 cm
		5,0 cm	MW-Dämmung
		1,25 cm	GKF auf Federschielen
DE-04a		45,3 cm	<u>Wohnungstrenndecke Holzboden:</u>
		1,0 cm	Belag
		7,0 cm	Zementestrich
		0,002 cm	PE-Folie
		3,0 cm	MW-T (TDPS 30/30) (6,5 kPa)
		7,0 cm	Splittschüttung (+Rieselschutz)
		19,8 cm	Brettsperrholz-Decke
		5,0 cm	MW-Dämmung
		2,5 cm	2xGK auf Federschielen

Abb. 1.4 Aufbauten, aus [49]



## 1.2 Steinhausen

[48],[53],[54],[54]



Abb. 1.5 Steinhausen, aus [54],[52]

Fertigstellung: 2006

Bauzeit: 17. Oktober 2005 (Spatenstich) - August 2006 (Bezugstermin)

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus

Standort: Zugerstraße 20, 6312 Steinhausen, Schweiz

Auftraggeber: Dölf und Maria Gubser-Furrer, Steinhausen

Architektur: Architekturbüros Scheitlin\_Syfrig + Partner Architekten AG, Luzern

Generalunternehmer: Rengglie AG, Sursee LU

Holzbau: Makiol und Wiederkehr (Holzbauingenieure), Makiol und Felten (Konstruktion)

Wohnnutzfläche: 1647 m<sup>2</sup>

Geschossanzahl: 6 Geschosse in Holz-Leichtbauweise

Dimensionen: ca. 30m x 14m

Mit der Reform der Schweizer Brandschutzbestimmungen im Jahr 2005 wurde erstmals die Errichtung eines sechsgeschossigen Mehrfamilienhauses in Holzbauweise ermöglicht. Das System ist eine Hozrahmenkonstruktion, die eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten aufweist. Das Fluchttreppenhaus wurde in Stahlbetonbauweise ausgeführt und alle Verkleidungen sind nicht brennbar. Die Holzfassade ist mit Blechschürzen segmentiert, die den Feuerüberschlag sowie die Ausbreitung des Feuers über die Hinterlüftung verhindern sollen.

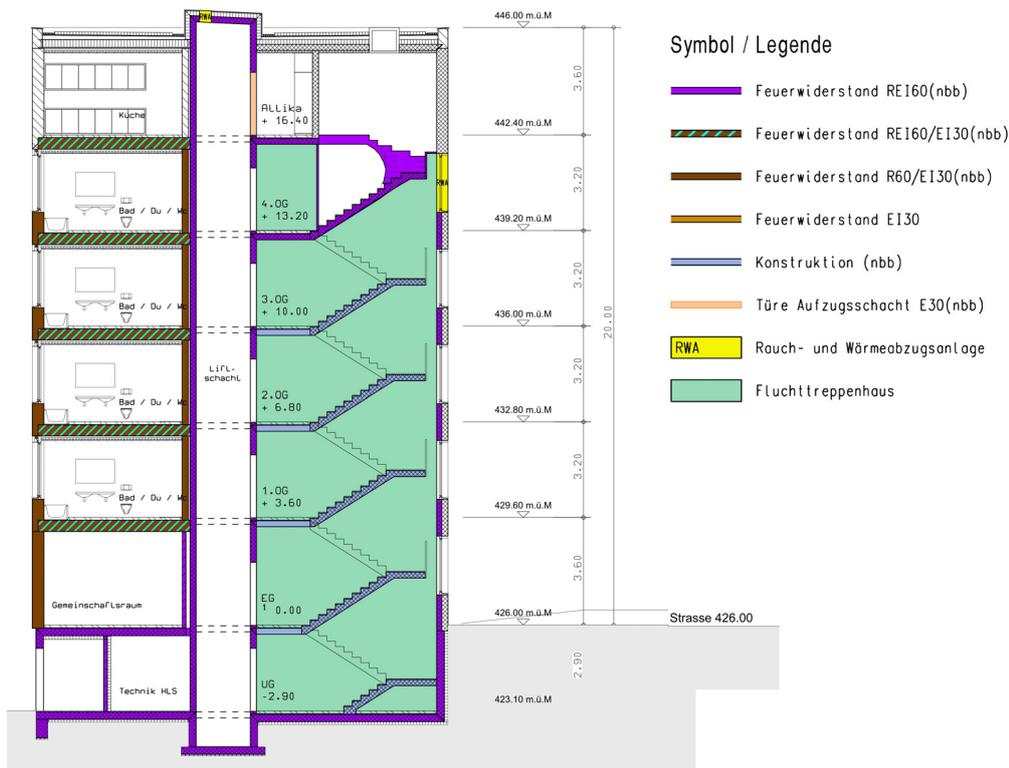


Abb. 1.6 Brandschutzplan, aus [76]

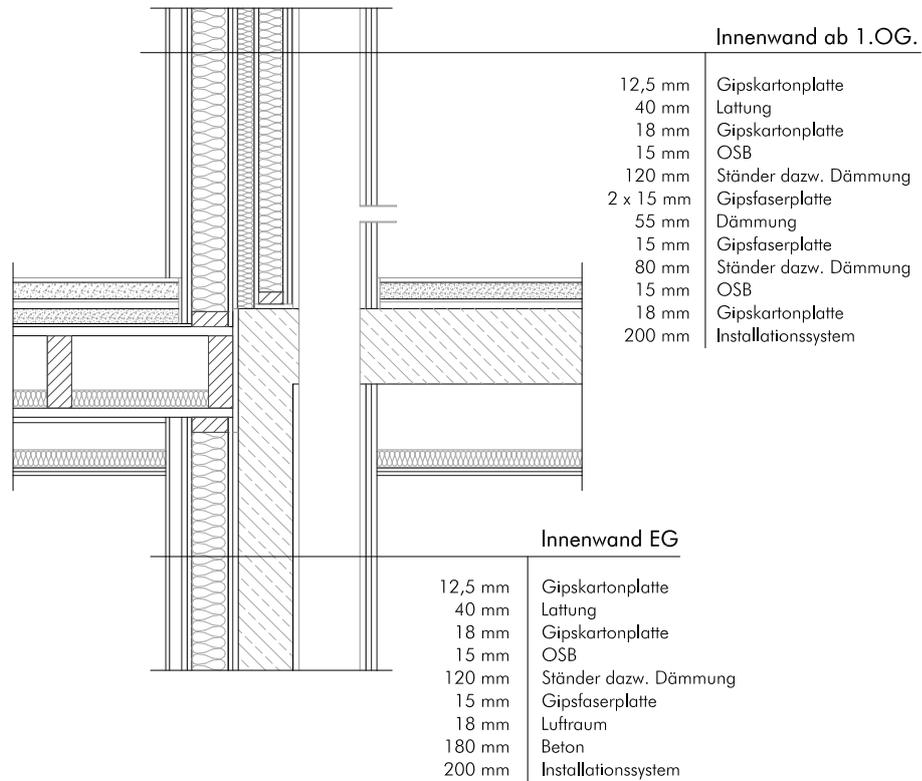


Abb. 1.7 Detailschnitt, aus [48],[55]

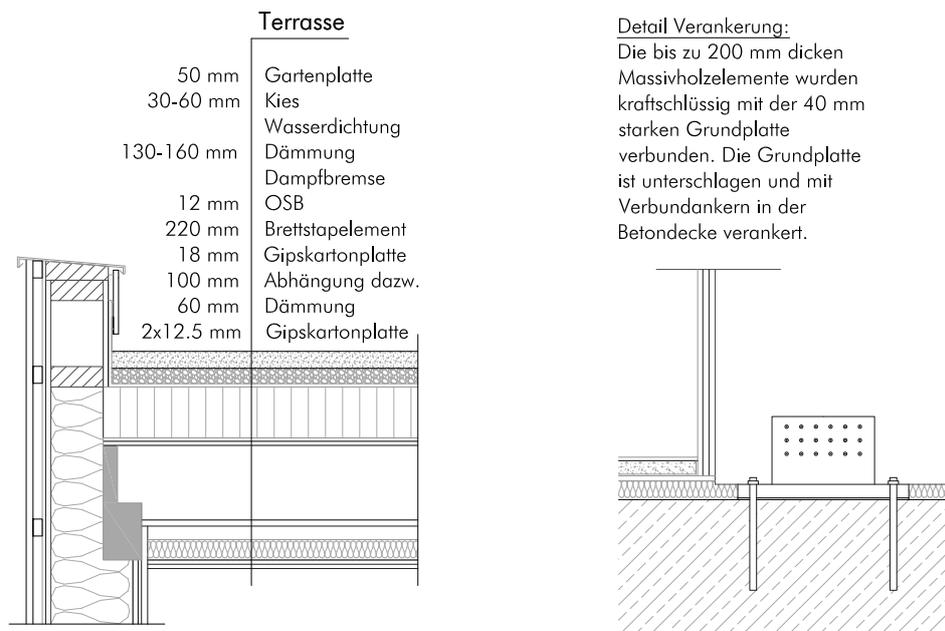


Abb. 1.8 Ausführungsdetails, aus [48],[55]

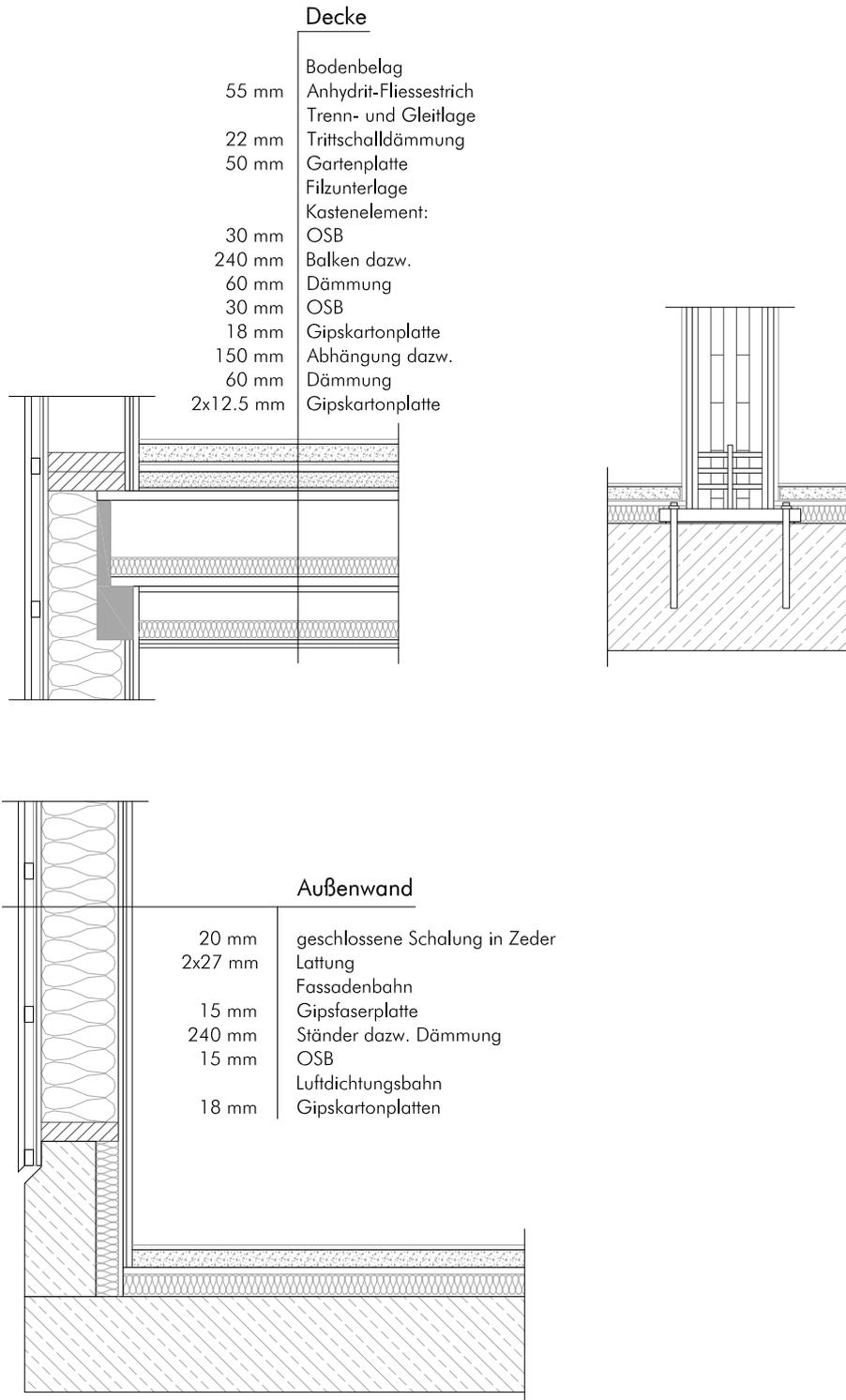


Abb. 1.9 Ausführungsdetails, aus [48],[55]

## 1. 3 Wagramer Straße

[56],[57],[58]

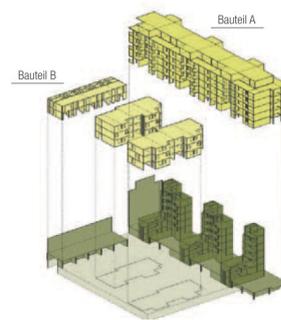


Abb. 1.10 Wagramer Straße, aus [56],[133]

Fertigstellung: 2012

Bauzeit: September 2011 - Juli 2012

Gebäudetyp: Wohnanlage

Standort: Wagramer Straße/Eipeldauer Straße, 1220 Wien, Österreich

Auftraggeber: Sozialbau AG

Architektur: Hagemüller Architekten, Schluder Architektur

Konstruktiver Ingenieurbau: RWT Plus ZT GmbH

Brandschutz: BrandRat ZT GmbH

Kosten: ca. € 15 Mio.

Wohnnutzfläche: 8.440 m<sup>2</sup>

Geschossanzahl: 3-7 Geschosse, davon bis zu 6 in Holz-Massivbauweise

Das Projekt Wagramer Straße ist das erste österreichische Projekt in Holzbauweise, das es bereits auf 7 Geschosse bringt und somit einen Anschluss an den internationalen Trend von „high rise“ - Holzbauten einleitet. Die Wandelemente sind bis auf den mineralisch massiven Baukörper im EG aus BSP-Elementen hergestellt. Die Decke besteht aus einer Holz-Beton-Verbundkonstruktion und die Stiegehäuser wurden in Stahlbeton ausgeführt.

Was den Brandschutz betrifft, wurden folgende bauliche Maßnahmen getroffen:

- Tragende brennbare Bauteile wurden in R 90 ausgeführt und mit einer Kapselung (K 90) versehen.
- Trennwände, Trenndecken, Außenwände, Decken sowie Brandabschnittswände wurden in REI 90 bzw. EI 90 ausgeführt. Sofern es sich um brennbare Bauteile handelte, wurden sie ebenfalls mit einer Kapselung (K 90) versehen.
- Stiegenhauswände wurden mind. in EI 90 bzw. REI 90 ausgeführt. Bei brennbaren Bauteilen wurden zusätzliche Kapselungsmaßnahmen, wohnungsseitig K 90 und stiegenhausseitig K 30, vorgesehen.
- Im DG wurden die Bauteile in REI 60 bzw. EI 60 ausgeführt. Brennbare Teile wurden dementsprechend verkapselt (K 60).
- Wohnungseingangstüren wurden als Feuerschutztüren EI<sub>2</sub> 30-C ausgeführt
- Im Straßentrakt wurde jede Wohnung als eigener Brandabschnitt ausgeführt

Weiters wurden folgende anlagentechnische Vorkehrungen getroffen:

- In den Stiegenhäusern des Hoftraktes wurde eine Abluftöffnung mit 1 m<sup>2</sup> Fläche an oberster Stelle eingebaut. Die Öffnung erfolgt im Brandfall automatisch.
- In den Stiegenhäusern im Straßentrakt wurde eine Druckbelüftungsanlage (DBA) gem. TRVB S 112 installiert. Sie ist mit einem manuellen Handtaster sowie mit rauchempfindlichen Elementen versehen.
- Eine Rauchverdünnungsanlage in den Schleusen und der Tiefgarage wurde vorgesehen.
- Eine Rauchableitungsanlage, ebenfalls in der Tiefgarage und in Bereichen der Kellerabteile wurde ausgeführt.
- In jeder Wohnung und in Teilen der Tiefgarage befinden sich tragbare Feuerlöcher.
- Eine trockene Steigleitung sowie Fluchtwegsorientierungsbeleuchtungen im Straßentrakt und der Tiefgarage wurden installiert.

In diesem Fall wurden sehr hohe Anforderungen an den Brandschutz gestellt. Das erforderliche Schutzziel wurde so ausgelegt, dass die Massiv-Holzkonstruktion die selben Brandschutzeigenschaften wie eine nicht brennbare Konstruktion aufweisen muss. Die Folge dieser Interpretation war eine K 90 Bekleidung der tragenden Bauteile, um den Brandmasseeintrag der Konstruktion über 90 Minuten zu unterbinden.

## 1.4 E3

[59],[60],[61]

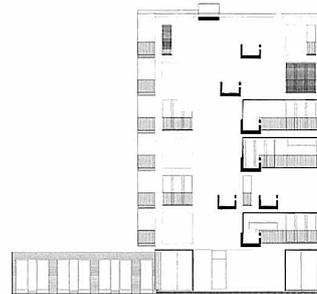


Abb. 1.11 Esmarchstraße 3, aus [59],[61]

Fertigstellung: 2008

Bauzeit: August 2007 - Mai 2008

Gebäudetyp: Apartmentgebäude

Standort: Esmarchstraße 3, Berlin, Deutschland

Auftraggeber: Bauherrengemeinschaft „e3“

Architektur: Kaden + Klingbeil Architekten, Tom Kaden und Tom Klingbeil

Konstruktiver Ingenieurbau: Prof. Julius Natterer mit Tobias Linse

Holzbau: Projekt Holzbau Merkle.k.o.m.GmbH

Kosten: ca. € 1,6 Mio.

Wohnnutzfläche: 941 m<sup>2</sup>

Geschossanzahl: 7 Geschosse in Holz-Leichtbauweise

Das Tragwerk besteht aus einer Holzriegelkonstruktion mit aussteifenden Holzmassivwänden. Decke und Dach wurden als Holz-Betonverbundkonstruktion ausgeführt.

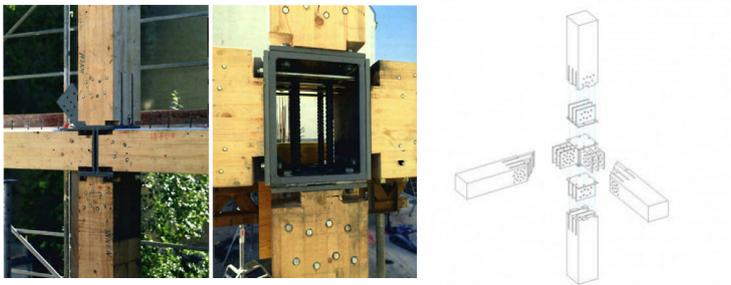


Abb. 1.12 Knotenkonstruktion, aus [60]

Vor der Novelle der deutschen Musterbauordnung war das Errichten eines Holzbaues auf maximal 3 Geschosse beschränkt. Obwohl die Berliner Bauordnung nur bis zu 5 Geschosse in Holzbauweise vorsieht, konnte dieses Projekt, abgesehen von den zentralen Zu- und Ableitungsschächten ganz in Holz errichtet werden.



Abb. 1.13 fertige Ausführung, aus [61],[134]

Was den Brandschutz betrifft, wurde eine Rauchmeldeanlage installiert, eine trockene Steigleitung angelegt und die tragenden Bauteile hochfeuerhemmend (K 60) verkapselt. Weiters besitzt das Gebäude ein frei stehendes Treppenhaus aus Stahlbeton. Jede Wohnung hat von dort aus ihren eigenen Zugang und die Fluchtwege sind auf maximal 20 m begrenzt.

## 1.5 Limnologen

[62],[63],[135],[67]



Abb. 1.14 Limnologen, aus [63],[62]

Fertigstellung: 2009

Bauzeit: Oktober 2006 - Juli 2009 (2 Etappen)

Gebäudetyp: 4 mehrgeschossige Wohntürme

Standort: Sjöbagen in Växjö, Schweden

Auftraggeber: Midroc Property Development

Architektur: Arch. Ola Malm, Architektenteam Kronoberg

Konstruktiver Ingenieurbau: Martinsons Byggsystem (Holzbau), Tyréns (Betonbau)

Kosten: ca. SEK 320 Mio. (ca. € 36,2 Mio.)

Wohnnutzfläche: 10.700 m<sup>2</sup>, 134 Apartments

Geschossanzahl: 8 Geschosse, 7 in Holz-Massivbauweise, EG aus Beton

Limnologen ist ein Teil des Projekts "modern wooden city" in Schweden. Initiiert und begleitet wurde das Projekt von Mitgliedern des CBBT (Center for Construction and Housing with Wood). Darunter befinden sich die Universität in Växjö und die Gemeinden von Växjö Södra, und SP Trätek.



Abb. 1.15 Während des Bauprozesses, aus [135]

Dem Brandschutz wurde hier schlicht mit dem Einsatz einer Sprinkleranlage im Wohnbereich und der Verkleidung der Decken und Wände mit einer Lage GKF-Platten Genüge getan. Durch diese Maßnahme konnte auch der Aufzugsschacht in Holzbauweise errichtet werden.

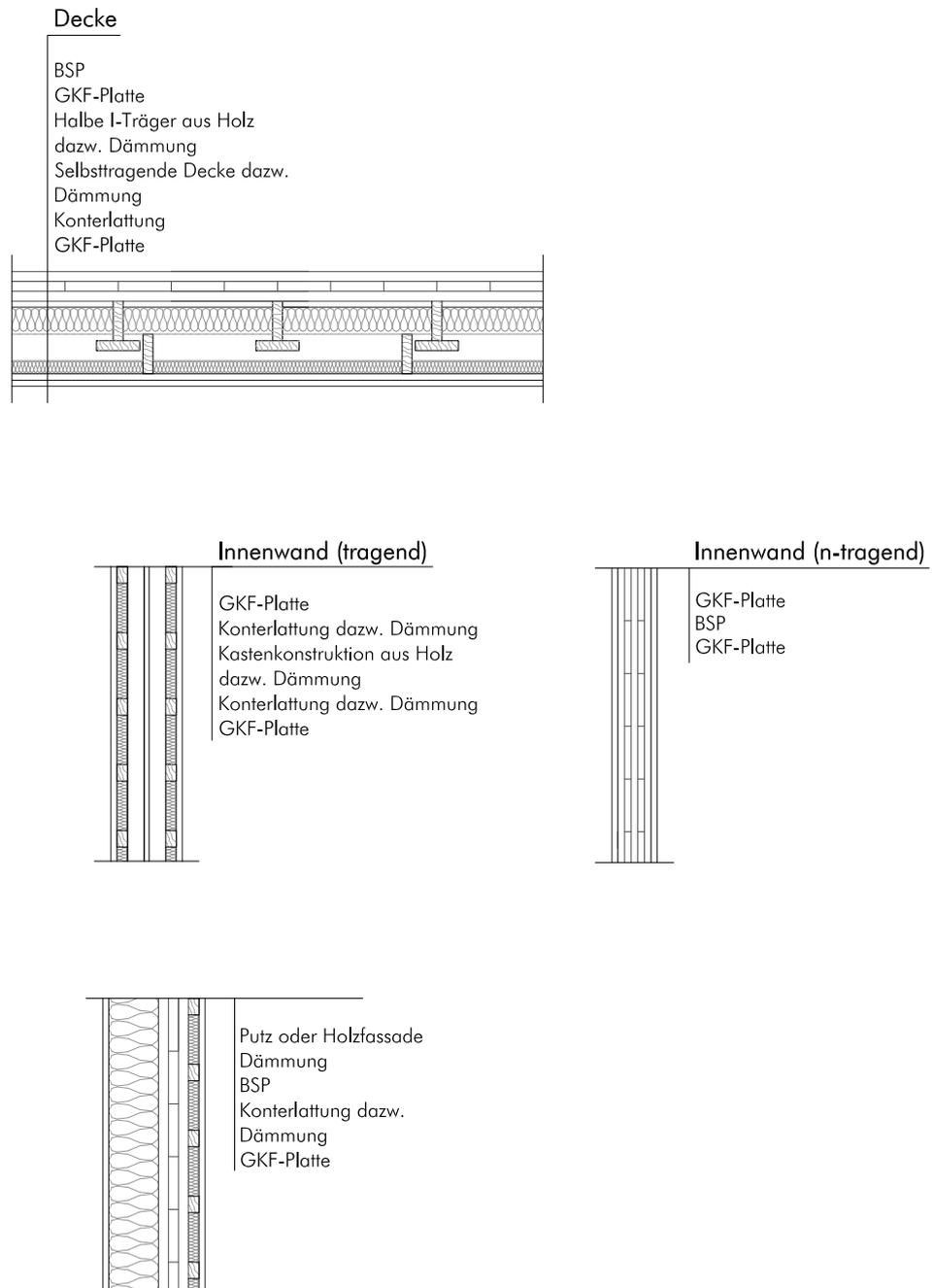


Abb. 1.16 Aufbauten, aus [67]



## 1. 6 Bridport House

[68],[69],[136]



Abb. 1.17 Bridport House, aus [136]

Fertigstellung: 2011

Bauzeit: Oktober 2010 - Februar 2011, 10-12 Wochen für den Rohbau (Schätzung 21 Wo. in Betonbauweise)

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus

Standort: Bridport Place, Hackney, London, England

Auftraggeber: Willmott Dixon

Architektur: Karakusevic Carson Architects

Konstruktiver Ingenieurbau: Peter Brett Associates

Holzbau: Eurban, Stora Enso Wood Products

Kosten: ca. £ 3,4 Mio. (ca. € 4,2 Mio.)

Bruttogeschossfläche: 1067 m<sup>2</sup>

Geschossanzahl: 5 - 8 Geschosse in Holz-Massivbauweise

Das „Bridport House“ ist das erste Gebäude, dessen gesamte Konstruktion aus BSP errichtet wurde. Die Gründe dafür sind die saubere und schnelle Errichtung im innerstädtischen Bereich und speziell bei diesem Projekt die leichtere Bauweise. Durch die naheliegenden Flutkanäle kam das Mitwirken von Beton auf Grund des hohen Gewichts nicht in Frage.

Was den Brandschutz betrifft, wurden alle Wände und Decken mit einer Beplankung aus Gipsplatten geschützt. Jede Wohnung bildet einen eigenen Brandschutzabschnitt für die Mindestdauer von 1 Stunde. Im Falle von Fluchtwegen von über 9 m zum nächsten Brandabschnitt wurden die Gänge als 30 minütiger Brandabschnitt mit Brandschutztüren für min. 20 Minuten ausgeführt. Die übrigen Fluchtwege von einer Wohnung zum Stiegenhaus überschreiten keine 4,5 m, falls es sich um einen unbelüfteten Gang handelt, bzw. keine 7,5 m, falls eine automatische Rauchentlüftungsanlage vorhanden ist. Die Stiegenhäuser sind auf eine Widerstandsdauer von mindestens einer Stunde ausgelegt und verfügen über eine Rauchentlüftung am obersten Punkt. Die Fassade ist ohnehin brandbeständig, da sie mit vorgehängten Klinkersteinen verkleidet ist. Grund dafür war einerseits das Stadtbild, andererseits das Bedürfnis einer robusten Oberfläche, die Einwirkungen wie Vandalismus oder ähnlichem standhalten kann.



Abb. 1.18 Ansicht während der Bauphase, aus [68]

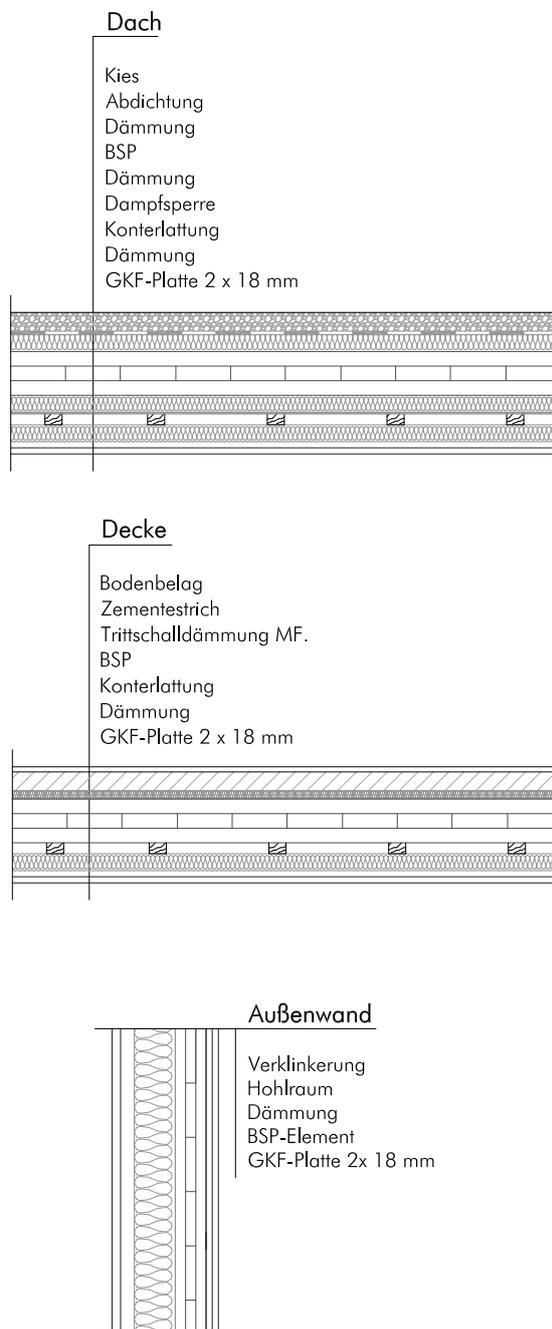


Abb. 1.19 Aufbauten, aus [68],[136]



## 1.7 Bad Aibling

[64],[65]



Abb. 1.20 Bad Aibling, aus [138],[65]

Fertigstellung: 2011

Bauzeit: April 2011 - September 2011

Gebäudetyp: Apartmentgebäude

Standort: Dietrich-Bonhoeffer-Straße 14, Bad Aibling, Deutschland

Auftraggeber: B&O Parkgelände GmbH

Architektur: Karakusevic Carson Architects

Holzbau: Huber & Sohn und Binderholz als Lieferant von Brettsperrholzelementen

Kosten: ca. € 2,5 Mio.

Nutzfläche: 970 m<sup>2</sup> Wohnen, 340m<sup>2</sup> Büro

Geschossanzahl: 8 Geschosse in Holz-Massivbauweise

In den beiden unteren Geschossen befinden sich Büros, in den oberen sechs verschiedene Wohnungstypen mit einem, zwei oder drei Zimmern, sowie einem Penthouse mit Dachterrasse.

Das äußere Erscheinungsbild wird geprägt von der Holzschalung, die nur zum Teil verputzt ist. Durch die an den Decken verankerten Stahlbalkone wird den Wohnungen Freifläche geboten.

Der konstruktive Brandschutz sieht folgende Maßnahmen vor:

Alle Geschosse werden über die Betontreppe erschlossen. Ein offener Laubengang verbindet die Treppe mit den einzelnen Wohnungen, was eine Verrauchung des Treppenhauses im Brandfall verhindert. Diese Kompensationsmaßnahme erlaubte eine teilweise Sichtbarkeit der Holzkonstruktion, wodurch der wesentliche Baustoff des Gebäudes erlebbar bleibt.

Auszug aus Baukonzept [137]:

*EG bis 1.OG*

*Die tragenden und nicht tragenden Wände werden in Holz-Massivbauweise ausgeführt, gekapselt mit Gipsfaserplatten zur Erreichung von  $K_2 60$ .*

*Die Decken werden in „binderholz“ Brettsperrholz BBS Nichtsichtqualität ausgeführt, gekapselt mit Gipsfaserplatten zur Erreichung von REI 90  $K_2 60$ .*

*2.OG bis 6.OG*

*Die tragenden und nicht tragenden Wände werden in Holz-Massivbauweise ausgeführt, gekapselt mit Gipsfaserplatten zur Erreichung von  $K_2 60$ .*

*Die Decken werden in „binderholz“ Brettsperrholz BBS Nichtsichtqualität ausgeführt, gekapselt mit Gipsfaserplatten zur Erreichung von REI 90  $K_2 60$ .*

*Ein Teil der Decken wird in „binderholz“ Brettsperrholz BBS Sichtqualität, Fichte, ausgeführt. Die nicht verkleidete BBS Decke erreicht dabei einen Brandwiderstand von REI 90.*

*7.OG*

*Die Außenwände werden in „binderholz“ Brettsperrholz BBS Sichtqualität, Fichte, ausgeführt. Die tragenden Innenwände werden in Holz-Massivbauweise ausgeführt. Das Dach wird ebenfalls in „binderholz“ Brettsperrholz BBS Sichtqualität, Fichte, ausgeführt [137]*

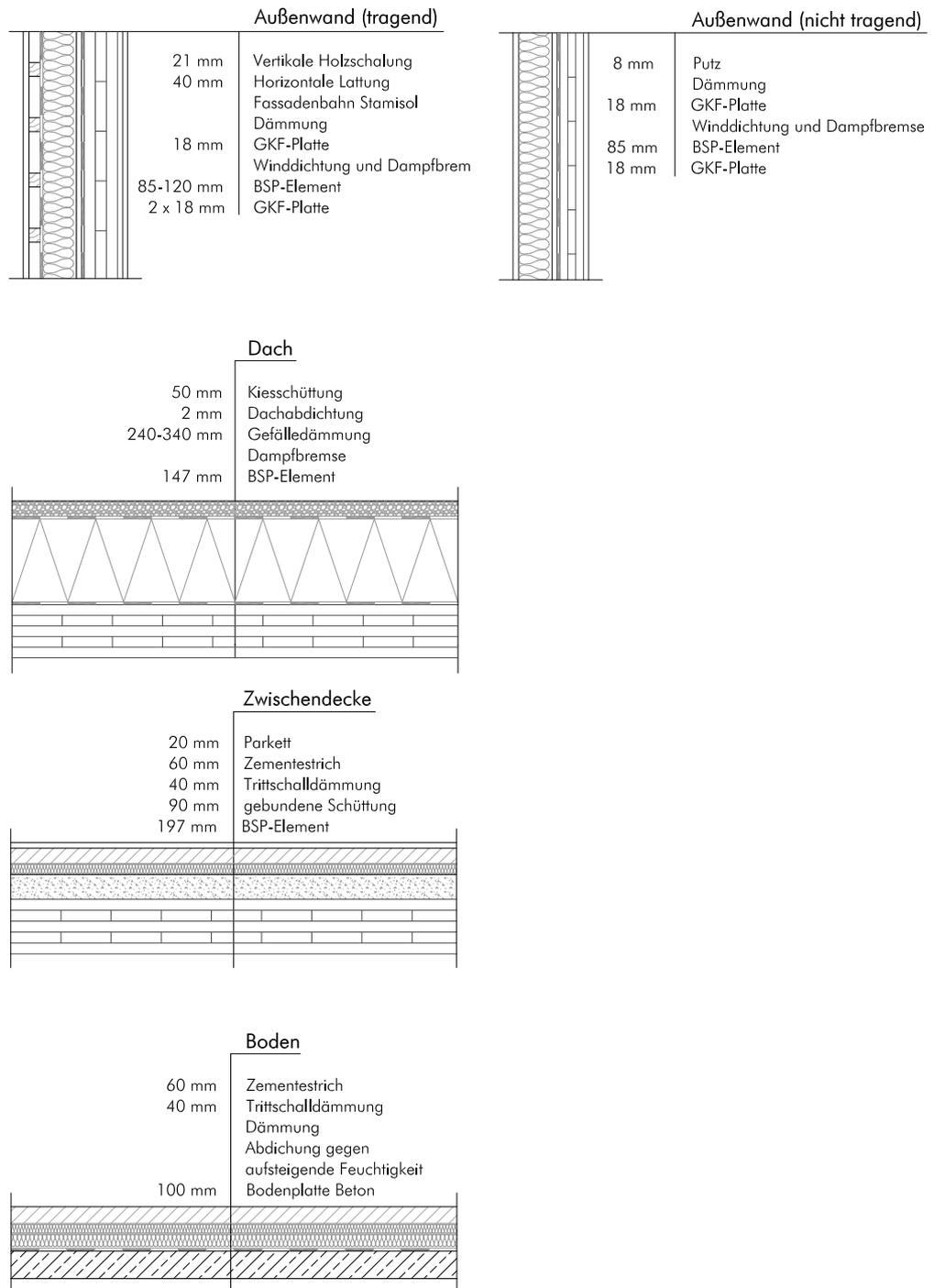


Abb. 1.21 Aufbauten, aus [64]



## 1.8 LCT-ONE

[73],[72]

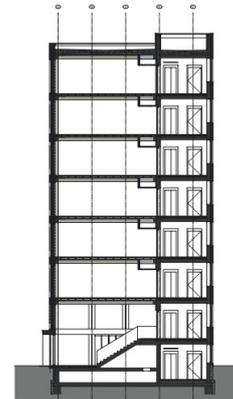


Abb. 1.22 LCT-ONE, aus [73]

Fertigstellung: 2012

Bauzeit: Juni 2011 - Juni 2012

Gebäudetyp: Apartmentgebäude

Standort: Dornbirn, Österreich

Auftraggeber: Cree GmbH

Architektur: Hermann Kaufmann

Tragwerksplanung: Merz Kley Partner GmbH

Brandschutz: IBS, A-Linz

Geschossanzahl: 8 Geschosse in Holz-Leichtbauweise mit Betonverbunddecke

Nettogeschossfläche: 1765 m<sup>2</sup>

Dimensionen: ca.13 x 24 m, 27 m Höhe

Der LCT-One ist der erste von möglicherweise vielen Holz-Massivwohntürmen, der nach den Studienvorlagen des LifyCycle Towers realisiert wurde. 8 Geschosse liegen zwar noch unter dem vollen Potential des Systems, jedoch wurde damit zum Ersten die Grenze der Gebäudeklasse 5 ausgereizt und zum Zweiten das System in einem vollwertigen Prototypen dieser Bauweise getestet.

Für den Brandschutz ist der wesentliche Schlüssel die Holz-Beton-Verbundrippendecke. Mit ihrer Hilfe gelingt es, eine Trennung der einzelnen Geschosse mit einer nicht brennbaren Schicht zu erstellen. Durch diese Maßnahme wurden der Einsatz von Holz als Tragstruktur und die teilweise Sichtbarkeit des Materials kompensiert.

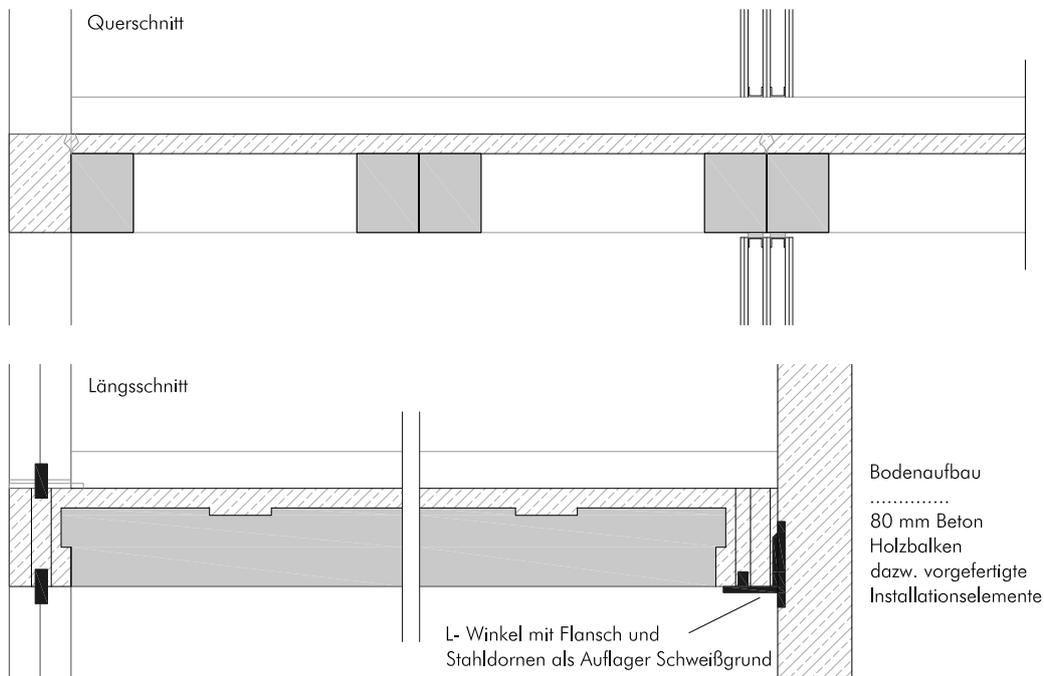


Abb. 1.23 Deckenstruktur, aus [73]

## 1. 9 Stadthaus, 24 Murray Grove

[70],[139],[71]



Abb. 1.24 Stadthaus (24 Murray Grove), aus [70],[71]

Fertigstellung: 2008

Bauzeit: 2007 - Oktober 2008, 49 Wochen (Schätzung 72 Wo. in Betonbauweise)

Gebäudetyp: Mehrgeschossiges Apartmentgebäude

Standort: 24 Murray Grove, Hackney, London, England

Auftraggeber: Telford Homes PLC and Metropolitan Housing Trust

Architektur: Waugh Thistelton Architects

Konstruktiver Ingenieurbau: Techniker Ltd

Holzbau: KLH UK

Kosten: ca. £ 3 Mio. (ca. € 3,75 Mio.)

Geschossanzahl: 9 Geschosse, 8 in Holz-Massivbauweise, EG aus Beton

Das Stadthaus in London kann mit vielen Aspekten eines modernen Wohnbaues überzeugen. Eine gut durchdachte BSP-Struktur, die Anordnung der Verbindungsmittel und der Einsatz von schwimmendem Estrich sowie abgehängten Decken sorgen dafür, dass die in England geforderten akustischen und wärmedämmtechnischen Eigenschaften ohne Probleme eingehalten werden.

Was den Brandschutz betrifft, sind die tragenden Bauteile auf eine Brandeinwirkung von 60 Minuten ausgelegt. Um die geforderten 90 Minuten Brandwiderstand zu erreichen, sind ein bis zwei Lagen Gipsfaserplatten verwendet worden. Selbst das Treppenhaus und der Liftschacht sind mit einer BSP-Tragstruktur errichtet worden.

Strukturschema des Gebäudes mit einem Detail der Außenwand und der Liftschachtwand:

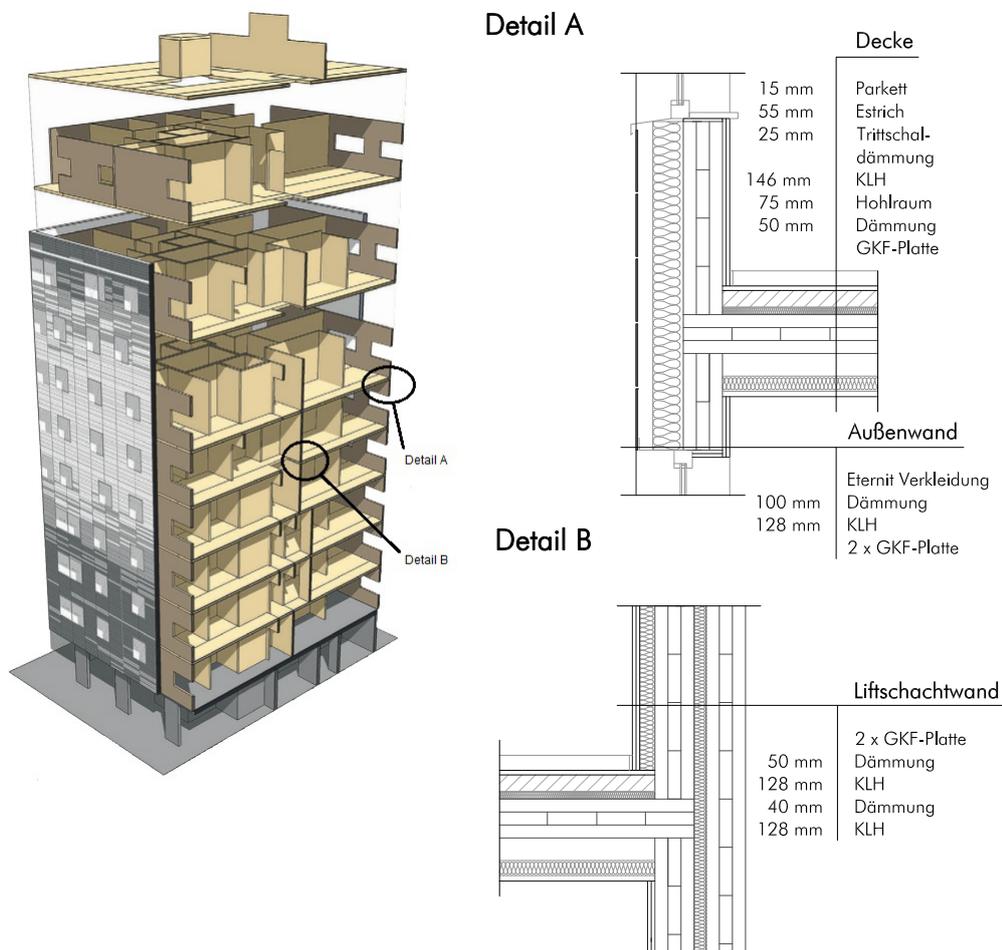


Abb. 1.25 Strukturschema des Gebäudes, Aufbauten, aus [70],[66]

## 1. 10 Via Cenni

[141],[74]

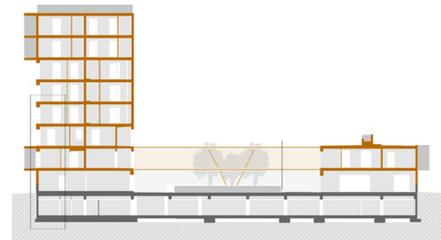


Abb. 1.26 Via Cenni

Fertigstellung: in Bau

erwartete Bauzeit: ca. 15 Monate, 26. Jänner 2012 - April 2013

Gebäudetyp: Apartmentgebäude mit 124 Wohneinheiten

Standort: Mailand, Italien

Auftraggeber: Polaris Investments Italia SGR Spa

Architektur: Prof. Arch. Fabrizio Rossi Prodi, Arch. Simone P. G. Abbado, Arch. Marco Zucconi - Rossiprodi Associati S.R.L.

Holzbau: Prof. Ing. Andrea Bernasconi, Ing. Cristina Zanini Barzaghi, Ing. Maria Rosaria Pes - Borlini e Zanini SA

Kosten: ca. € 17 Mio.

Nutzfläche: ca. 17.000 m<sup>2</sup>

Geschossanzahl: 9 Geschosse in Holz-Massivbauweise

Das Projekt „Via Cenni“ umfasst vier Türme mit je 9 oberirdischen Geschossen sowie mehrere längliche Zubauten mit je zwei oberirdischen Geschossen, die zum Teil als Verbindungsbauten dienen. Der Standort weist ein eher geringes Erdbebenrisiko auf, dennoch erfahren die Eckbereiche unter Erdbebenbelastung die größte Ausnutzung. Die Reibung wurde als positiver Einfluss komplett vernachlässigt, da es im Extremfall durchaus zum vollständigen Reibungsverlust kommen kann.

Für den Brandschutz wurden die Wände je nach Anforderung einfach oder doppelt mit GF-Platten beplankt. Treppen und Liftschacht sind vollbeplankt mit EI 60. Die Notwendigkeit der vollständigen beidseitigen Beplankung wurde auch durch den Schutzbedarf der Verbindungsmittel begründet. Der Abbrand des Holzes wurde als Bestandteil der Nachweiserbringung mit berücksichtigt.

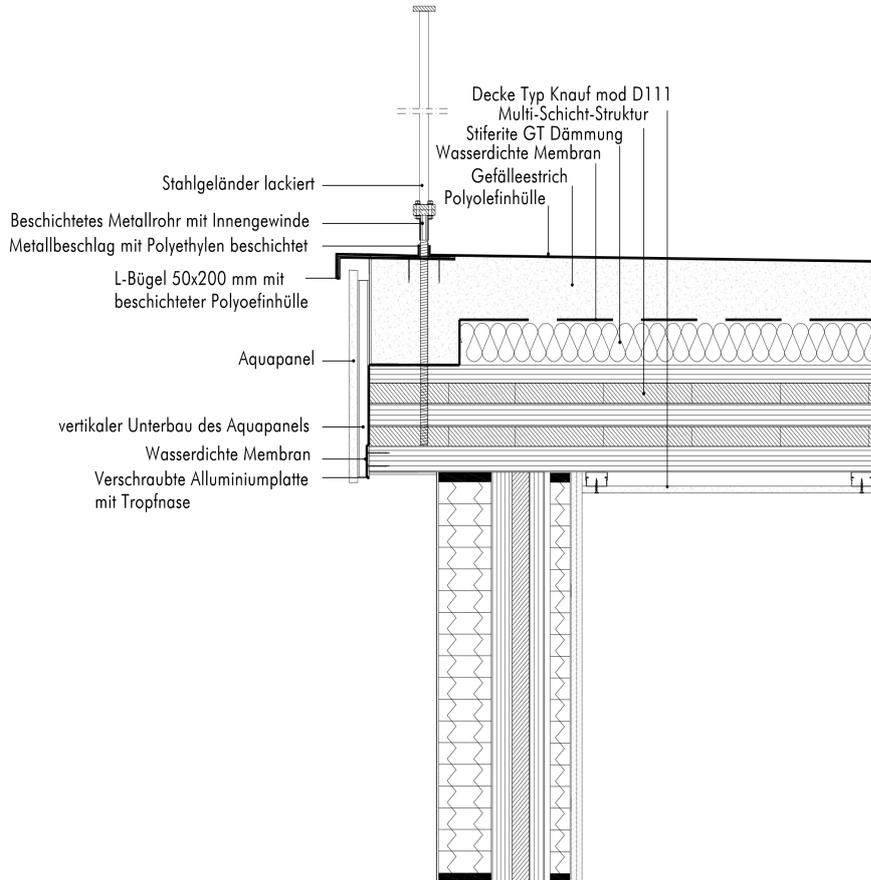


Abb. 1.27 Detailschnitt, aus [49]

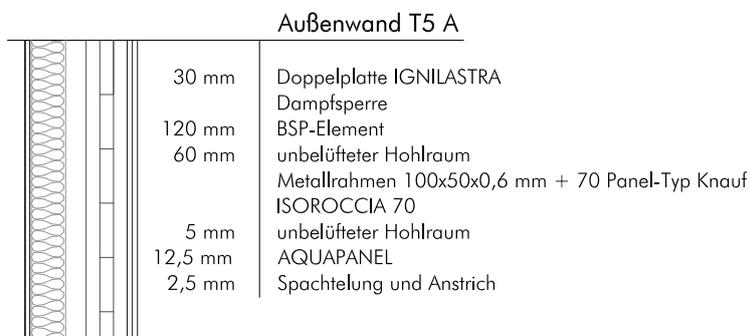
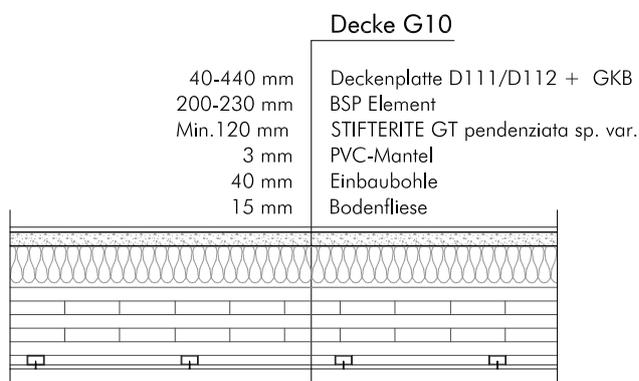
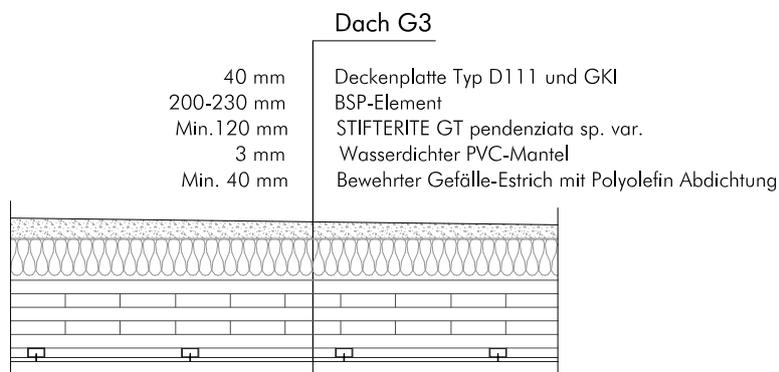


Abb. 1.28 Aufbauten, aus [49]



## 1. 11 Life Cycle Tower

[72]



Abb. 1.29 Life Cycle Tower, aus [140]

Fertigstellung (Konzept): 2010

Gebäudetyp: Hochhaus mit bis zu 20 Geschossen

Entwicklungsort: Bregenz, Österreich

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft.

Entwickler: Mag. Michael Zangerl, H. Kaufmann, C. Hein et al.

Konzept:

Ziel des Projekts LifeCycle Tower ist es, ein Gebäude zu entwerfen, das aus flexiblen Holzfertigteilen bis zu 20 Geschosse erreichen kann. Die Nutzung kann sich in Richtung Büro, Wohnung oder Hotel bewegen, wobei immer ein effizientes Energiekonzept bzw. eine positive Energiebilanz im Vordergrund steht.

Ein wesentlicher Aspekt bei der Entwicklung war neben der Akustik, dem Brandschutz und der Tragfähigkeit die Wiederholbarkeit des Projektes. Genauer genommen die Möglichkeit, die Ergebnisse so zu verwirklichen, dass einem Projekt die rechtlichen Bestimmungen nicht im Wege stehen.

Was die Genehmigungsfähigkeit angeht, ist oft der Brandschutz im Mittelpunkt. Darum folgen nun die im Endbericht vorgesehenen Maßnahmen für ein erfolgreiches Brandschutzkonzept.

Tragwerkskonzept des LifeCycle Towers:

- Einen zentralen Massivholzkern mit einer Kapselung aus nicht brennbarem Material über 90 Minuten
- Geschossdecken mit einer Holz-Beton-Verbundkonstruktion, dienen als geschossweise Abschottung
- Fassadenstützen aus BSH in nicht gekapselter Form
- Brüstung für den Schutz vor geschossweisem Brandüberschlag

Kompensationsmaßnahmen, um eine Kapselung zu vermeiden:

- eine Erhöhung der Wirksamkeit bzw. der Verfügbarkeit der eingesetzten Löschanlage
- eine Erhöhung der Wirksamkeit der Rauchgasdruckanlagen
- die Einführung eines Qualitätsmanagementsystems für den Betrieb des Gebäudes
- eine Verkleinerung der brandschutztechnisch abgetrennten Bereiche

Für das Verbunddecken-Element wurde am 16.02.2010 bereits ein Brandversuch in der Brandversuchsanstalt PAVUS durchgeführt, bei dem das Erreichen der Brandschutzklasse REI 90 sichergestellt wurde.



Abb. 1.30 Deckenansicht, aus [72]

Die Geschossdecke soll eine Spannweite von bis zu 9,45 m erreichen können. Statisch wirkt die Decke wie ein Holz-Verbundquerschnitt, mit einer 18 cm starken Betondecke und den darunter liegenden Holzunterzügen mit einer Dimension von 18/ 36 cm. Dies ergibt eine Konstruktionshöhe von insgesamt 36 cm, mit einem lichten Abstand der Holzquerschnitte von 31,5 cm.

## 1. 12 „Tall Wood“ Machbarkeitsstudie eines 30 Geschossers

[71]

Fertigstellung (Konzept): Februar 2012

Gebäudetyp: Hochhaus mit bis zu 30 Geschossen

Entwicklungsort: Kanada

Auftraggeber: Canadian Wood Council (CWC)

Entwickler: Architecture + Design, Equilibrium Consulting, LMDG Ltd, BTY Group

Konzept:

Die „TallWood“ Studie ist ein sehr umfangreiches Werk über die mögliche Zukunft von Holzhochhäusern. Es werden alle wesentlichen Aspekte zur Entwicklung eines Gebäudes mit bis zu 30 Geschossen behandelt oder zumindest angeschnitten. Ein besonderes Augenmerk sei auf die erarbeiteten Leitdetails gelegt, die sowohl eine Variante mit als auch ohne Kapselung bieten. Außerdem wurde eine Kostenschätzung für die verschiedenen Studien gemacht, mit einem Vergleich zur herkömmlichen mineralischen Bauweise.

Zum Thema Brandschutz findet sich folgendes:

Die Einstufung des Gebäudes fällt unter die Kategorie C, ein Gebäude mit 12 - 30 Geschossen. Klassifizierung „high building“ Subsection 3.2.6 laut kanadischem Recht. Dies würde eine vollautomatische Sprinkleranlage, einen Feuerwehraufzug, einen Notstromgenerator für 2 Stunden Betriebszeit, ein Feueralarmsystem mit Kommunikationsmöglichkeit, einen 2 stündigen Schutz der Noffallelektronik und zusätzliche Maßnahmen zur Kontrolle von Rauch bzw. Lüftung erfordern.

Das Projekt folgt den rechtlichen Auflagen der Stadt Vancouver (VBBL 2007) mit der Ausnahme, dass die Tragstruktur aus brennbarem statt nicht brennbarem Material erfolgt.

Project Characteristics Summary Table	
Applicable Part of Division B	3
Number of Buildings	1; no firewalls
Building Area	Approx.500 m <sup>2</sup>

Tab. 1.1 Projektcharakteristika, nach [71]

Project Characteristics Summary Table	
Building Height	12-30 storeys
Number of Streets Facing	1
Sprinkleres	Yes-per NFPA 13 (and additional sprinkler criteria outlined in the report)
Major Occupancies	Group C residential (above-grade dwelling units) Group F3 industrial (below-grade parking)
Article	3.2.2.42.(Group C), Any Height, Any Area, Sprinklered) - see below for details
Construction Type	Non-combustible prescribed (Mass Timber system „alternative“ proposed) Fire assemblies and supporting structures to have 2-hour-fire-resistance rating (floors constructed as „fire separations“)
Highrise Requirements	Applicable -> 18 m and therefore, in accordance with Sentence 3.2.6.1.(1), the Project is a „high building“

Tab. 1.1 Projektcharakteristika, nach [71]

Code Requirement	Objectives and Functional Statements
3.1.5.(1) Non-combustible materials	[F02-OP1.2], [F02-OS1.2]
3.2.2.42. (2) Group C, Any Height, Any Area	[F02-OP1.2] applies to the portion of the Code text:“...the building referred to in Sentence (1) shall be of non-combustible construction...”

Tab. 1.2 Projektcharakteristika, nach [71]

Objectives and Functional Statements	Description
F02	To limit the severity and effects of fire and explosions
OP1.2	To limit the probability that, as a result of it’s design or construction, the building will be exposed to an unacceptable risk of damage due to fire addressed in this Code are those caused by fire or explosion impacting area beyond its point of origin.

Tab. 1.3 Projektcharakteristika, nach [71]

Objectives and Functional Statements	Description
OS1.2	To limit the probability that, as a result of the design or construction of the building, a person in or adjacent to the building will be exposed to an unacceptable risk of injury due to fire. The risks of injury due to fire addressed in this Code are those caused by fire or explosion impacting areas beyond its point of origin.

Tab. 1.3 Projektcharakteristika, nach [71]

Die Studie bringt viele interessante Gesichtspunkte zum Vorschein. Ein interessantes aber eher nebensächliches Detail ist die Aufarbeitung von Studien unter Schaffer (1984). Er hat sich bereits mit dem Thema auseinandergesetzt, dass ein ungeschützter Holzträger einen Feuerwiderstand von 45-60 Minuten aufweisen kann, wobei ein vergleichbarer Stahlträger bereits nach ca. 10 Minuten die geforderte Tragfähigkeit verliert.

Abgesehen von einigen allgemeinen Informationen zum Brandschutz und den bereits erwähnten Leitdetails werden noch die Punkte des Stiegenhaussystems, der Sprinkleranlage und der Brandmeldeanlage genauer beschrieben.

In Vancouver bieten sich zwei Möglichkeiten zur Umsetzung des Stiegenhauses im Holz-Massivbau an. Eine Ausführungsvariante mit zwei Stiegenschächten und mit zwei getrennten Ausgängen, hergestellt aus Holz-Massivbauelementen. Die zweite Variante, ebenfalls mit zwei Stiegenschächten und separaten Ausgängen, die sich auf einer Hybrid-Scherenkonstruktion aus Beton- und Holz-Massivbauelementen befindet. Für mittlere bis hohe Gebäude wird jedoch, wenn man von einer reinen Betonkonstruktion absieht, die zweite Variante unumgänglich. Um den Einsatz zu verwirklichen, muss bereits zur Entwurfsphase eine Vielzahl von Details geklärt sein. Dazu zählen die Anschlussdetails, die Integrität und Durchgängigkeit der Trennung zwischen den beiden Stiegenschächten und die Verfügbarkeit eines Schutzsystems, das die Ausbreitung von Rauch verhindert. In vielen Teilen Kanadas wird ein Rauchttest gefordert, der die Dichtheit zwischen den beiden Stiegenschächten garantiert.

Ein erweitertes Sprinklersystem wird gefordert, das folgende Eigenschaften erfüllt:

- Installation von schnell wirkenden Sprinklerköpfen in allen Brandabschnitten, Räumen, Schränken und Balkonen über das gesamte Gebäude, ohne Ausnahme. Dies soll das Entstehen eines Feuers in einem schwach genutzten Bereich verhindern, über den es sich dann weiter ausbreitet.
- Alle Bereiche wie Balkone, Auskragungen und ähnliche Außenbauteile werden von einer Sprinkleranlage geschützt, um die vertikale Ausbreitung eines Feuers zu minimieren.
- Die für Hochhäuser typische Installation von zwei vertikalen Löschleitungen (eine pro Stiegenschacht) wird mit dem Gebäudesystem geschlossen, damit, falls das

gebäudeeigene Wassersystem ausfällt, die Feuerwehr die Möglichkeit hat, Wasser in das Sprinkler- bzw. Löschleitungssystem zu pumpen.

- Per Hand zugängliche, isolierte Armaturen für das gesamte Brandschutzsystem werden an strategisch wichtigen und leicht zugänglichen Punkten installiert.
- Alle Armaturen, einschließlich den Anschlüssen zum öffentlichen Netz, werden elektronisch überwacht. Dies soll verhindern, dass es zu kritischen Ereignissen kommt, z.B. während einer Reparatur. Außerdem wird Fehlalarmen durch die Sprinkleranlage vorgebeugt.

Weiters wird auch eine intelligente Brandmeldeanlage vorausgesetzt. Das System soll in zwei Stufen funktionieren. Die erste Stufe beinhaltet das akustische und visuelle Alarmieren der Bewohner. In den Wohnbereichen ist eine schnelle Alarmierung besonders wichtig, da hier die Brandmasse zur Erzeugung toxischer Gase am höchsten ist. Die zweite Stufe, in der Regel nach 5 Minuten eingeleitet, soll das Gebäude in einen allgemeinen Alarmzustand versetzen. Dies bewirkt, dass alle brandtechnischen Anlagen aktiviert werden und gegebenenfalls eine automatische Verständigung der Einsatzkräfte erfolgt. Durch dieses Zeitintervall wird den Bewohnern die Möglichkeit gegeben, einen Fehlalarm zu lokalisieren bzw. zu melden.

## 1. 13 „Timber\_in\_Town“ oder „Wohnen am Fluss“

[49],[51]



Abb. 1.31 3D Ansicht und Schnitt eines Wohnturmes, aus [51]

Projektentwicklung: 1. bis 3. Quartal 2012

Gebäudetyp: Mehrgeschossiger Wohnbau

Standort: Österreich, Graz, Seifenfabrik und Umgebung

Auftraggeber: Kovac Immobilien

Architektur: Architekturbüros Hohensinn, Strobl, Zinganel

Holzbau: KLH, Mayr-Melnhof Kaufmann, Stora Enso

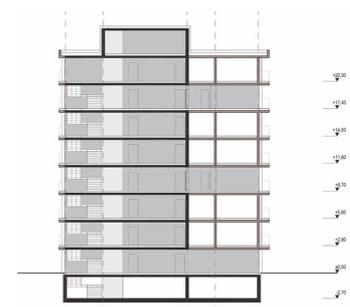
Geschossanzahl: bis zu 8 Geschosse

Geschätzte Bruttogeschossfläche: ca. 46.500 m<sup>2</sup>

Anzahl der Wohneinheiten: ca. 380 WE

Dimensionen: Grundfläche Wohnturm ca. 22x22 m, höchstes Fluchtniveau 22 m

Bebauungsdichte: 0,95 - 1,2 ( durchschnittl. 1,0)



Das Projektziel war die Erstellung eines funktionierenden Konzepts für die Entwicklung einer mehrgeschossigen Wohnsiedlung auf den Gründen um die Grazer Seifenfabrik. Dabei sollten insgesamt 14 bis zu 8 geschossige Holz-Massivbautürme und in den Randbereichen ein paar langgezogene Baukörper entstehen. Es wurden verschiedene Grund-

risstudien erarbeitet, die unterschiedliche Wohnsituationen bzw. Wohnraumverteilungen miteinbeziehen. Durch die direkte Lage des Grundstücks am Wasser wurde eine besondere Gelegenheit geboten, dieses in die Gestaltung miteinzubeziehen. Die unter Denkmalschutz stehende Seifenfabrik und der anliegende betroffene Grund befinden sich im Besitz von Kovac Immobilien.

Ein besonderes Augenmerk galt der gemeinsamen Arbeit der beteiligten Architekten und Firmen. Es wurden drei Architekturbüros mit der Masterplanerstellung beauftragt, die ihre Ideen und Wünsche zum Ausdruck brachten und zum Abschluss eine überzeugende gemeinsame Lösung präsentieren konnten.

Über den Entwicklungsverlauf war es die Aufgabe der Firmen, ihr Know-how in die Konstruktionsgestaltung miteinzubringen und mit fachlichen Hilfestellungen zur Verfügung zu stehen.

Begleitet und initiiert wurde das ganze Projekt von der TU-Graz unter der Aufsicht und Betreuung von Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerhard Schickhofer und Dipl.-Ing. Andreas Ringhofer.

Die Resultate sind die Basis für die Gestaltung einer qualitativ hochwertigen Wohngegend, die die zukünftige Entwicklung der Stadt Graz auf eine ganz besondere Art und Weise prägen könnte.

### 1. 13. 1 Brandschutzkonzept

[75]

Das erarbeitete Brandschutzkonzept des Ziviltechnikerbüros „Rabl“ beschreibt 3 Varianten zur Erfüllung der Schutzziele, speziell um der Anforderung der Brennbarkeitsklasse „A2“ gemäß OIB Richtlinie 2 Tab.1b gerecht zu werden.

- Variante 1

Bei der ersten Variante werden die tragenden Holzbauteile auf R 90 bemessen. Das Treppenhaus wird in mineralisch massiver Bauweise ausgeführt und erfüllt die Anforderungen gemäß OIB Richtlinie 2 Tab.2b (Fluchtwege). Als Kompensationsmaßnahme wird eine Hochdruckvernebelungsanlage angeführt.

- Variante 2

Für das Treppenhaus sowie die tragenden Holzbauteile gelten die selben Auflagen wie in Variante 1. Als Kompensation für die Anforderung „A2“ wird hier eine Kapselung (K90) vorgeschlagen. Außerdem wird auf eine Bestätigung der Aufbauten durch eine akkreditierte Prüfstelle verwiesen.

- Variante 3

Neben der Ausführung des Treppenhauses und der Bemessung der tragenden Holzbauteile (R90) gemäß OIB Richtlinie 2 wird eine Brandmeldeanlage mit Vollschutz gemäß TRV S 123 vorgesehen. Als Kompensationsmaßnahme der Brennbarkeitsklasse „A2“ wird eine Vorsatzschale mind. EI30/45 angeführt. Darauf

aufbauend wird jede Wohnung als eigener Brandabschnitt ausgeführt und eine geschossweise Brandabschnittsbildung ist vorzusehen.

Neben den variantenspezifischen Lösungen kommen auch noch standardmäßige Brandschutzvorkehrungen zur Anwendung. Dazu zählen:

- tragbare Feuerlöscher
- Fluchtwegsorientierungsbeleuchtung
- eine Blitzschutzanlage
- und Rauchmelder in den Aufenthaltsräumen der Wohnungen

### 1. 13. 2 Beurteilung des Konzeptes

- Variante 1

Das Anbringen einer Hochdruckvernebelungsanlage scheint prinzipiell sinnvoll, um dem Brandschutz auch bei sichtbaren Holzelementen Genüge zu tun. Sprühwassernebelanlagen sind sehr effektiv und benötigen auch nur sehr wenig Wasser, was dem Gebäude nach einem Löscheinsatz zugute kommen würde. Gegen diese Anlage sprechen aber die Kosten der Anlage selbst und die Höhe des Gebäudes. Die Höhe des Gebäudes insofern, als beim Einsatz einer Löschanlage bereits der Schritt in Richtung kleines Hochhaus denkbar wäre.

#### Alternative

Als alternative Anlage wäre zum Beispiel eine vorgesteuerte Sprinkleranlage zu empfehlen. Es ist eine trockene Anlage, das heißt, im Falle einer Leitungsbeschädigung oder einem zerstörten Sprinklerkopf tritt kein Wasser sondern nur Druckluft aus. Erst durch einen zusätzlichen Alarmierungsmechanismus (Brandmelder, Brandmeldeanlage) wird die Anlage geflutet.

Gleich wie beim Einsatz einer Hochdrucknebelanlage besteht jedoch die Frage nach dem Kostenpunkt und dem Ausnutzen des Potentials einer solchen Anlage.

- Variante 2

Das Kapseln aller Holzbauteile und die damit verbundene Prüfung der Aufbauten durch eine akkreditierte Prüf stelle scheint, was den Aufwand betrifft, eher unge rechtfertigt. Der Ansatz, Gebäudeteile mit einer K 90 Bekleidung zu versehen, obwohl in der EN 13501-2 eine K 60 Bekleidung die höchste Klasse darstellt, wirkt übertrieben. Bei einem Feuer, das über 60 Minuten hinaus dauert, kann man davon ausgehen, dass die Gefahr durch den Brandmasseeintrag der Konstruktion eher nebensächlich ist. Falls das Feuer bis dahin noch nicht unter Kontrolle gebracht wurde, wird das Gebäude höchstwahrscheinlich ausbrennen. Die Gefahr eines plötzlichen Einsturzes ist zudem fast gänzlich auszuschließen, da die Feuerwiderstandsklasse auf R 90 bemessen wurde.

### Alternative

Als Alternative sollte man genauer über den Einsatz von K 30 bis K60 Bekleidungen diskutieren. Eine Überprüfung des Unterschiedes in der Rauchentwicklung bzw. in der Entwicklung des Brandes durch eine Kapselung wäre interessant. Wenn man davon ausgehen könnte, dass eine K 30 bzw. eine K 60 Bekleidung genügt, um die Personensicherheit zu gewährleisten, wäre doch die Frage der dahinterliegenden Konstruktion eher irrelevant. Egal ob Holz, Beton oder Stahl, nach genügend Hitzeeinwirkung verlieren alle drei Konstruktionsarten ihre Stabilität. Den Personenschutz betreffend wird sich auch ohne Brand der Konstruktion nach kurzer Zeit genug Rauch bilden, um ohne entsprechende Maßnahmen zur Gefahr zu werden.

- Variante 3

Die in dieser Variante aufgeführte Brandabschnittsbildung (Wohnungen, Geschosse) mit der zusätzlichen Überwachung einer BMA wirkt sehr vernünftig. In Verbindung mit dem mineralisch massiven Treppenhaus, das ebenfalls einen eigenen Brandabschnitt und durch den Einsatz einer Druckbelüftungsanlage einen gesicherten Fluchtweg bildet, sollten diese Maßnahmen ausreichen, eine schnelle und sichere Flucht zu ermöglichen. Der Einsatz einer Vorsatzschale EI30/45 kann ähnlich dem Einsatz einer K 30 Bekleidung betrachtet werden. Vorsicht ist geboten, da sich die Bekleidung etwas schlechter verhält, wenn sie nicht direkt am zu schützenden Bauteil angebracht ist (siehe auch Kapitel 5, 4.3 Brandversuch von bekleideten und unbekleideten Brettsper Holzplatten).

### Anmerkung

Für den Holzbau und für die Personensicherheit wohl die beste Variante, wenn man nicht auf eine Löschanlage zurückgreifen will. Die Brandmeldeanlage sorgt für eine rechtzeitige Alarmierung der Bewohner und der Einsatzkräfte. Die kleinen Brandabschnitte stellen sicher, dass sich das Feuer nicht zu stark ausbreitet und leichter unter Kontrolle zu bringen ist. Die tragbaren Holzbauteile leisten zumindest für 30 Minuten keinen Beitrag zum Brand, wodurch keine zusätzliche Rauchentwicklung entsteht. Trotzdem bleiben dem Holzbau gegenüber gewisse Freiheiten.

## 1.14 Zusammenfassung

	Nationalität	Geschossanzahl	sichtbare Holzoberflächen <sup>2</sup>	Holz-fassade	höchste Feuerwiderstandsklassen	besondere Brandschutzvorkehrungen
massive living	AT	3	ja	ja	REI 90	RWA
Steinhausen	DE	6	nein	ja	REI 90, K 30	-
Wagramer Straße	AT	3-7	nein	nein	REI 90, K 90	DBA
Esmarchstraße	DE	8	ja	nein	REI 90, K 60	BMA
Limnologen	SE	8	ja	teilweise	REI 90	Sprinkleranlage
Bridport house	UK	5-8	nein	nein	REI 90, K 60	RWA
Bad Aibling	DE	8	ja	ja	REI 90, K 60	-
LCT-One	AT	8	ja	nein	REI 90, K 60	Betonverbunddecke
Stadthaus	UK	9	nein	nein	REI 90, K 60	-
Via Cenni	IT	9	nein	nein	REI 90, K 60	-
Life Cycle Tower <sup>1</sup>	AT	bis zu 20				
Tall Wood <sup>1</sup>	CA	bis zu 30				
Timber in Town <sup>1</sup>	AT	bis zu 8				

Tab. 1.4 Gegenüberstellung

<sup>1</sup> Baukonzepte

<sup>2</sup> Beläge (z.B. Parkett) werden nicht berücksichtigt

Im Überblick sind die Unterschiede der beschriebenen Beispiele hinsichtlich des sichtbaren Holzbaus und den damit verbundenen Brandschutz gut erkennbar.

Eine sehr eindeutige Variante ist das schwedische Projekt „**Limnologen**“. Durch die Sprinkleranlage ist es problemlos möglich, den Holzbau in Szene zu setzen und nur bei Bedarf auf Verkleidungen zurückzugreifen. Der Kostenpunkt macht aber auch deutlich, dass diese Lösungsform oft nicht die erste Wahl sein wird.

Das Projekt „**Bad Aibling**“ stellt ein sehr schönes Beispiel für den modernen Holz-Massiv-

bau dar. Ohne besondere Maßnahmen, wenn man von dem mineralisch massiven Treppenhaus absieht, konnte sich hier eine Holzfassade sowie die teilweise Sichtbarkeit von Holzbauteilen im Inneren des Gebäudes durchsetzen.

Der „LCT-One“ bietet mit seiner Hybridkonstruktion zumindest einen guten Kompromiss zwischen den Vorteilen einer Holzkonstruktion und den brandschutztechnischen Vorzügen einer Betondecke.

Die beiden größten Projekte, das „Stadthaus“ in London und die „Via Cenni“ in Mailand setzen auf jeden Fall ein hohes Potential des Holz-Massivbaus um, ohne dabei auf erschwerte Auflagen zu treffen. Leider aber konnte oder wollte man hier nicht einen Blick auf das Grundmaterial ermöglichen.

Als sehr konservatives Beispiel sticht die „Wagramer Straße“ hervor. Mit der Auflage einer zum Teil umfassenden K 90 Bekleidung übertrifft sie jegliche Anforderungen an vergleichbare Projekte.

Das Projekt „Steinhausen“ ist zwar auf 6 Geschosse begrenzt, bringt aber mit seiner umfassenden Holzfassade den Baustoff sehr schön zur Geltung. Außerdem ist die benötigte Brandschutzbekleidung (hier K 30) bereits in anerkannten Konzepten geregelt. Somit können zukünftige Projekte dieser Art problemlos umgesetzt werden.

Als kleinstes Projekt kann „massive\_living“ durch die geringeren Anforderungen der Gebäudeklasse die Möglichkeit nutzen, den Holzbau im Inneren als auch am Äußeren des Gebäudes zu präsentieren.

Als Kernpunkte für brandschutztechnische Verbesserungen in Österreich stehen für mich drei Punkte im Vordergrund:

### 1) Die Überarbeitung der Erschwernisse in den OIB-Richtlinien

Es sollten bessere Definition für Brandschutzbekleidungen und deren Eigenschaften geschaffen werden, speziell was die Auflagen für die erforderlichen Brennbarkeitsklassen betrifft.

### 2) Das Streben nach anerkannten Brandschutzkonzepten

Standardisierte Brandschutzkonzepte würden eine schnellere und gezieltere Umsetzung von Folgeprojekten ermöglichen.

### 3) Besserer Umgang mit Rauchmeldern

Auch bei Bestandsgebäuden sollte zumindest im nicht privaten Wohnbau eine Rauchmelderpflicht herrschen. Außerdem würden Informationen in den Medien das Bewusstsein der Bevölkerung erhöhen.

	Nationalität	Geschossanzahl	Konstruktion <sup>1</sup>	Nutzfläche [m <sup>2</sup> ]	Kosten [in Mio. EUR]	Bauzeit <sup>2</sup> ca. in Monaten
massive living	AT	3	HMB	1.884	3,3	16-17
Steinhausen	DE	6	HLB	1.647		10-11
Wagramer Straße	AT	3-7	HMB	8.440	15,0	10-11
Esmarchstraße	DE	8	HLB	941	1,6	9-10
Limnologen	SE	8	HMB	10.700	36,2	33-34 (2 Etappen)
Bridport house	UK	5-8	HMB	1.067	4,2	4-5
Bad Aibling	DE	8	HMB	1.310	2,5	5-6
LCT-One	AT	8	HLB		3,7	12-13
Stadthaus	UK	9	HMB	1.765	3,75	11-12
Via Cenni	IT	9	HMB	17.000	17,0	15-16
Life Cycle Tower*	AT	bis zu 20	HLB	-	-	
Tall Wood*	CA	bis zu 30	-	-	-	
Timber in Town*	AT	bis zu 8	HMB	-	-	

Tab. 1.5 Kostenvergleich

<sup>1</sup> HM = Holz-Massivbauweise, HS = Holz-Ständerbauweise

<sup>2</sup> Bauzeiten sind inklusive Stehzeiten, d.h. Winterpausen, Feiertage und dergleichen wurden nicht abgezogen. Sie erstrecken sich soweit bekannt über die gesamte Bauphase.



## Bücher/ Fachartikel/ Publikationen

- [1] Fire safety in timber buildings, Technical guideline for Europe, Erich Wiesner, 2010
- [2] Brandstatistik als Informationsmedium, Dir. Ing.Dr. Kurt Giselbrecht
- [3] Fire Death Rate Trends: An International Perspective, TFRS (Topical Fire Report Series) Volume 12, Juli 2011
- [4] The Rural Fire Problem in the United States, United States Fire Administration, August 1997
- [5] Fire Death Rate Trends, United States Fire Administration, Mai 1997
- [6] Fachverband Lichtkuppel, Lichtband und RWA e.V., Rauch- und Wärmeabzugsanlagen
- [7] IBS\_RWA\_Infolder, Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung Ges.m.b.H.
- [8] National fire regulations limit the use of wood in buildings, Birgit Östman
- [9] Statistik des ÖBFV, Statistik 2010 und 2011
- [10] Brandschutzleitfaden für Gebäude des Bundes, Deutsches Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2006
- [11] Brandsicherheit und Holzbau, VKF-Brandschutzvorschriften, 2003
- [12] Sweden Country Report, PRC, 2011
- [13] Brandschutzbemessung nach den Eurocodes, Prof. Dipl. Ing. Jens-Uwe Schulz
- [14] Prevention of fires and other incidents, report and recommendations, Swedish Rescue Service Agency, 2000-2004
- [15] Removing inconsistency in local fire protection standards, Final impact assessment, Communities and Local Government, Jänner 2012

- [16] Andrea Bernasconi, Dr. Sc. Tecn. - Dipl. Bauing. ETH/SIA, Prof. costruzione e tecnologia del legno heig-vd / HES-SO
- [17] Informationsdienst Holz, Spezial: Brandschutzkonzepte für mehrgeschossige Gebäude und Aufstockungen in Holzbauweise, Dezember 2005
- [18] Presentation Hoover Treated Wood Products 2011, FRTW (Pyro-Guard)
- [19] Österreichischer Brandschutzkatalog 2003, Überblick Brandschutznormung Europa und Österreich, Dipl. Ing. Dr. Christian Pöhn, Ing. Kurt Danzinger, Dipl. Ing. Dieter Werner, MA 39-VFA-Physikalisch-Technisches Labor
- [20] IBS Austria, Brandverhalten von Stahl-, Holz- und Betonbauteilen
- [21] Brandverhalten von BSP, Diplomarbeit Stefan Lahner, TU-Graz April 2009
- [22] Holzbau Nachweisführungen für Konstruktionen aus Holz, Gerhard SCHICKHOFER, Institut für Holzbau & Holztechnologie, Technische Universität Graz, 2009
- [23] Holzbau, Der Roh- und Werkstoff Holz, Gerhard SCHICKHOFER, Institut für Holzbau & Holztechnologie, Technische Universität Graz, 2006
- [24] Frangi A, Fontana M., E. Hugli, R. Jöbstl: Experimental analysis of cross-laminated timber panels, Fire Safety Journal 44 (2009) 1078-1087.
- [25] BSP-Handbuch, Holz-Massivbauweise in Brettsper Holz, Augustin, Blaß, Bogensperger, Ebner, Ferk, Fontana, Frangi, Hamm, Jöbstl, Moosbrugger, Richter, Schickhofer, Thiel, Traetta, Uibel
- [26] FIRE-EXPOSED CROSS-LAMINATED TIMBER – MODELLING AND TESTS, Joachim Schmid, Jürgen König, Jochen Köhler, WCTE (World Conference on Timber Engineering) 2010
- [27] ISBA Institut für Sicherheits- und Brandschutzausbildung, Aufbau, Funktion, Wirkungsweise von Brandmeldeanlagen
- [28] IBS \_Sprinkleranlagen\_ Infolder, Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung Ges.m.b.H.
- [29] Research Paper, Marvin Products, 2009
- [30] Application and Uses of FRTW in the NBCC, 2005
- [31] BM.I Bundesministerium für Inneres, Vorbeugender Brandschutz
- [32] Essmann Zuluftgeräte für Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

- [33]       Holzforschung Austria, Machbarkeitsstudie eines Holzbaus der Gebäudeklasse 5 Endbericht, Di Dr. Martin Teibinger , Thomas Busch, Dezember 2007
  
- [34]       Das Rigips Leichtbausystem, Technische Kurzinformation
  
- [35]       IBS\_BMA\_Infofolder, Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung Ges.m.b.H.
  
- [36]       Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF AEAI, Brandschutzrichtlinien Brandmeldeanlagen
  
- [37]       Total Walther, Wasser- und Schaumlöschanlagen, Infofolder
  
- [38]       CO2 Löschanlagen Hinweise für den Einsatzdienst, Landes Feuerwehrverband - NRW
  
- [39]       Baugespräche 10, HAWK, Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, 2010
  
- [40]       IBS Präsentation, Brandverhalten von Holzfassaden
  
- [41]       IBS Präsentation, Brandschutzverglasungen, Prok. Dipl.-Ing. Thomas Trauner
  
- [42]       IBS Präsentation, Einbau von Bauteilen in brandabschnittsbildende Trennelemente, Prok. Dipl.-Ing. Thomas Trauner
  
- [43]       IBS Präsentation, Brandsimulationen im Hochbau, Prok. Dipl.-Ing. Thomas Trauner
  
- [44]       IBS Präsentation, Top aktuell: OIB Richtlinien, Dipl.-Ing. Dr. Arthur Eisenbeiss
  
- [45]       Versuchsanstalt für Holz und Trockenbau, Darmstadt, Mehrgeschossiger Holzbau – warum? ,Sicher hoch hinaus im Holzbau Spinnerei oder Notwendigkeit?, Prof. Karsten Tichelmann
  
- [46]       Fire resistance of Laminated Veneer Lumber (LVL) and Cross-Laminated Timber (XLAM) elements, März 2012, Doktorarbeit: Agnese Menis, Betreuung: Prof.Ing. Gaetano Ranieri, Prof.Ing. Barbara De Nicolo, Prof.Ing. Massimo Fregiancomo
  
- [47]       Rigips Katalog, „Rigips. Planen und Bauen. Kompakt.“, 3.Auflage Dezember 2011
  
- [48]       14.Schweizerisches Status-Seminar, Energie -und Umweltschutz im Bauwe-

sen, Martin Jordi, Erstes sechsgeschossiges Holzhaus der Schweiz, September 2006

- [49] Projektunterlagen der TU-Graz, 2012, Institut für Holzbau und Holztechnologie Technische Universität Graz
- [50] Grafische Zusammenfassung der Kapitelstruktur, Andreas Wabl
- [51] Konzeptunterlagen timber\_in\_town, Architekturbüros Hohensinn, Strobl, Zinganel, 2012
- [52] Objektbibliothek SVGG: Datenblatt, MHF Holzhausen, Steinhausen/ZG
- [53] RENGGLI Holzbauweise, MFH Holzhausen - Allg. Gebäudeinformation, Juli 2006
- [54] Minergie, Mit dem Baustoff Holz in die Höhe, Dezember 2006
- [55] Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, www.lignum.ch, Holzbulletin, März 2008
- [56] Case Study Wagramer Straße, Binderholz
- [57] Brandschutzkonzept für das Projekt Wohnanlage Wagramer Straße, Dipl. Ing. Frank Peter, Dipl. Ing. (FH) Kirstin Jacobs, Oktober 2010
- [58] Proholz Austria, Höchster Wohnbau Österreichs in massiver Holzbauweise kurz vor Dachgleiche, Wagramer Straße, März 2012
- [59] Holzbau aktuell, Hoch Hinaus, 34 5/2008
- [60] Deutsches Ingenieurblatt, Technik, 11/07
- [61] Baugemeinschaft, Wohnen in der Gemeinschaft, Dipl. Ing. Andreas Rietz, Arch. BDB, Dipl. Ing. Heidemarie Schütz, Doris Meyer, Hannes Müller, Dezember 2008
- [62] The Limnologen Project - Sustainable 8-storeys wood apartment building
- [63] Limnologen in Växjö / Nachdruck von der Zeitschrift Architektur nr 8/2008 (Kv Limnologen i Växjö /Särtryck ur tidskriften Arkitektur nr 8/2008)
- [64] Bericht, Holzhaus Bad Aibling, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Deutschland
- [65] Binderholz, 8 geschossiges Holzgebäude, Bad Aibling
- [66] Murtaler Zeitung, Werbung/20, März 2008

- [67] Documentation of the Limnologen Project, Växjö University, Erik Serrano, 2009
- [68] Pirmin Jung Ingenieure für Holzbau, Bridport Place London
- [69] Bridport House 8-Storey Residential Block, Urban, Philipp Zumbrunnen, September 2011
- [70] Trada, Stadthaus, 24 Murray Grove, London, Case Study
- [71] THE CASE FOR Tall Wood BUILDINGS, Architecture+Design Equilibrium Consulting LMDG Ltd BTY Group, Februar 2012
- [72] Endbericht LifeCycle Tower/Energieeffizientes Holzhochhaus mit bis zu 20 Geschossen in Systembauweise, M.Zangerl, H.Kaufmann, C.Hein et al., 2010
- [73] LifeCycle Tower - LCT ONE, Hermann Kaufmann ZT GmbH, 10\_21
- [74] Projektunterlagen "Via Cenni" und Präsentation Grazer Holzfachtagung 2012, Dr. Andrea Bernasconi
- [75] Brandschutzkonzept Timber\_in\_Town, Ziviltechnikerbüro Rabl, 2012
- [76] Brandschutzplan MFH Gubser, Makiol+Wiederkehr Dipl. Holzbau-Ingenieure HTL/SISH, 2005

## Normen/ Richtlinien

- [77] TRVB A107 Brandschutzkonzepte
- [78] ÖNORM EN 1991-1-2 Eurocode 1 „Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1.2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke“
- [79] Leitfaden Abweichungen im Brandschutz und Brandschutzkonzepte, OIB, 2008
- [80] TRVB's, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband
- [81] The National Building Regulations 2010, Approved Document, Part B- Fire Safety Volume 2
- [82] Musterbauordnung, MBO, Fassung November 2002

- [83] EN 301 „Klebstoffe für tragende Holzbauteile - Phenoplaste und Aminoplaste - Klassifizierung und Leistungsanforderungen“
- [84] EN 15425 „Klebstoffe - Einkomponenten-Klebstoffe auf Polyurethanbasis für tragende Holzbauteile - Klassifizierung und Leistungsanforderungen“
- [85] EN 1995-1-2, Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessungen für den Brandfall
- [86] ÖNORM B3800-4 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen: Einreihung in die Brandwiderstandsklassen“
- [87] ÖNORM EN 1990 „Grundlagen der Tragwerksplanung“
- [88] ÖNORM EN 520 „Gipsplatten - Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren“
- [89] ÖNORM EN 13501-2 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten Teil 2“
- [90] ÖNORM EN 13501-1 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten Teil 1“
- [91] VKF-Brandschutzrichtlinie für Baustoffe und Bauteile, Klassierung
- [92] VKF-Brandschutzrichtlinie für Tragwerke
- [93] VKF-Brandschutznorm, 20.10.2008

## Internetquellen

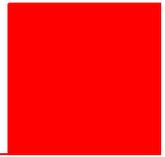
- [94] <http://www.bauordnung.at/>, Stand 26/09/2012
- [95] <http://www.as-search.at>, Stand 26/09/2012
- [96] <http://www.oib.or.at/>, Stand 26/09/2012
- [97] <http://www.trvb-ak.at/>, Stand 26/09/2012
- [98] <http://www.planningportal.gov.uk>, Stand 26/09/2012
- [99] <http://www.ris.bka.gv.at/Land/>, Stand 26/09/2012

- [100] <http://www.bauordnungen.de/html/schweiz.html>, Stand 26/09/2012
- [101] <http://www.praever.ch/de/bs/Seiten/default.aspx>, Stand 26/09/2012
- [102] <http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/2008/Building-Regulations-BBR/>, Stand 26/09/2012
- [103] World Fire Statistics, GAIN (Geneva Association Information Newsletter), Oktober 2011, Stand 26/09/2012
- [104] <http://www.pelastustoimi.fi/en/statistics/>, Stand 26/09/2012
- [105] <http://www.hs.fi/english/article/1076154337350>, Stand 26/09/2012
- [106] <http://www.baurecht.de/gesetze.htm>, Stand 26/09/2012
- [107] <http://www.din.de/>, Stand 26/09/2012
- [108] <http://www.communities.gov.uk/>, Stand 26/09/2012
- [109] [http://www.cslp.it/cslp/index.php?option=com\\_content&task=view&id=66&Itemid=20](http://www.cslp.it/cslp/index.php?option=com_content&task=view&id=66&Itemid=20), Stand 26/09/2012
- [110] [http://www.vigilfuoco.it/informazioni/uffici\\_territorio/GestioneSiti/downloadFile.asp?s=85&f=10982](http://www.vigilfuoco.it/informazioni/uffici_territorio/GestioneSiti/downloadFile.asp?s=85&f=10982), Stand 26/09/2012
- [111] <http://www.hs.fi/english/article/Record+number+of+fire+deaths+occurred+in+Finland+in+2004/1101978375862>, Stand 26/09/2012
- [112] <http://www.nfpa.org/categoryList.asp?categoryID=953&URL=Research/Fire%20statistics/The%20U.S.%20fire%20problem>, Stand 26/09/2012
- [113] [http://www.uni-magdeburg.de/isut/TV/Download/Kapitel\\_2\\_Verbrennung\\_WS0910.pdf](http://www.uni-magdeburg.de/isut/TV/Download/Kapitel_2_Verbrennung_WS0910.pdf), Stand 26/09/2012
- [114] <http://de.wikipedia.org/wiki/Brandmelder#Rauchmelder>, Stand 26/09/2012
- [115] [http://www.ibs-austria.at/fileadmin/user\\_upload/IBS\\_Temperaturkurven.pdf](http://www.ibs-austria.at/fileadmin/user_upload/IBS_Temperaturkurven.pdf), Stand 26/09/2012
- [116] <http://www.talo.ch/index.php?page=477>, Stand 26/09/2012
- [117] [http://www.myalarm.at/index.php?manufacturers\\_id=1&page=1&sort=3a](http://www.myalarm.at/index.php?manufacturers_id=1&page=1&sort=3a), Stand 26/09/2012
- [118] <http://www.haustechnikdialog.de/shkwissen/1233/Brandmeldeanlage>, Stand 26/09/2012

- [119] <http://www.ofen.edingershops.de/Ofenzubehoer/Rauchmelder+Gasmelder/Rauchmelder-Hitzemelder-Bavaria-RM127K-optischer-Rauchmelder::91143933.html?refID=preisroboter>, Stand 26/09/2012
- [120] [http://www.nsc-sicherheit.de/shop/product\\_info.php?info=p299\\_Konventioneller-UV-Flammenmelder-HF-24.html](http://www.nsc-sicherheit.de/shop/product_info.php?info=p299_Konventioneller-UV-Flammenmelder-HF-24.html), Stand 26/09/2012
- [121] <http://www.schraner-rosin.de/53-0-55-7-linearer-rauchmelder-vds-g-206056.html>, Stand 26/09/2012
- [122] <http://www.git-sicherheit.de/produkte/management/linearer-waermemelder-mit-vds-zulassung-sensor-kabel-melder-linienfoermiger-waer>, Stand 26/09/2012
- [123] <http://de.wikipedia.org/wiki/Rauchansaugsystem>, Stand 26/09/2012
- [124] <http://www.integral-security.de/brandmeldung/melder.html>, Stand 26/09/2012
- [125] [http://www.feuerwehr-seyring.at/cms/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=66&Itemid=115](http://www.feuerwehr-seyring.at/cms/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=66&Itemid=115), Stand 26/09/2012
- [126] <http://de.wikipedia.org/wiki/Sprinkleranlage>, Stand 26/09/2012
- [127] <http://www.age-info.de/>, Stand 26/09/2012
- [128] [http://www.ibc-wiki.com/index.php?title=Section\\_2303#International\\_Building\\_Code\\_2303.2](http://www.ibc-wiki.com/index.php?title=Section_2303#International_Building_Code_2303.2), Stand 26/09/2012
- [129] <http://www.rigips.at/produkte-und-systeme/brandschutzsysteme.html>, Stand 26/09/2012
- [130] [http://en.wikipedia.org/wiki/Flame\\_spread](http://en.wikipedia.org/wiki/Flame_spread), Stand 26/09/2012
- [131] <http://www.ibs-austria.at/>, IBS-Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung, Stand 26/09/2012
- [132] <http://www.natur-baustoffe.info/daemmstoffe/bauphysik/brandschutz/>, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Stand 26/09/2012
- [133] [http://immobilien.diepresse.com/home/gebäude/728648/Wien-Donaustadt\\_Hochhaus-in-Holzbauweise](http://immobilien.diepresse.com/home/gebäude/728648/Wien-Donaustadt_Hochhaus-in-Holzbauweise), Stand 26/09/2012
- [134] <http://en.urbarama.com/project/e3-berlin>, Stand 26/09/2012

- [135] <http://mpd.midroc.se/sv/Referenser/Vaxjo-Limnologen.aspx>, Stand 26/09/2012
- [136] <http://www.karakusevic-carson.com/2012/bridport-house-hackney>, Stand 26/09/2012
- [137] <http://www.binderholz-bausysteme.com/referenzen/brettsperrholz-bbs/wohnanlagen/wohnanlage-8-geschossig-bad-aibling.html>, Stand 26/09/2012
- [138] <http://brandwende.blogspot.co.at/2011/09/holzhaus-der-superlative-im-holzreichen.html>, Stand 26/09/2012
- [139] <http://www.architectmagazine.com/detail/murray-grove.aspx>, Stand 26/09/2012
- [140] <http://www.architecture-view.com/2010/11/12/fascinating-wooden-life-cycle-tower-for-austria/lifecycle-tower-wooden-structure/>, Stand 26/09/2012
- [141] <http://www.servicelegno.it/viewPage.asp?id=32>, Stand 26/09/2012
- [142] <http://www.first-alert.at/rauchmelderpflicht/index.php> 05/11/2012





## Kapitel 1

Abb. 1.1	Brandverlauf, aus [8] .....	3
Abb. 1.2	Vergleich internationaler Brandkurven, nach [115] .....	4
Abb. 1.3	angewandte Temperaturkurven der EN 1991-1-1, nach [78] .....	4
Abb. 3.1	Rückgang der Brandopferzahlen von 1979 bis 2007 pro 1 Mio. Einwohner, aus [3].....	18
Abb. 3.2	Vergleich der Rauch- und Brandschäden bei vier Großbränden (Deutschland 2000), aus [6] .....	19

## Kapitel 2

Abb. 1.1	Ebenen in Österreich, nach [50] .....	22
Abb. 1.2	Beispiel GK1, aus [44] .....	27
Abb. 1.3	Beispiel GK2, aus [44] .....	27
Abb. 1.4	Beispiel GK3, aus [44] .....	28
Abb. 1.5	Beispiel GK4, aus [44] .....	28
Abb. 1.6	Beispiel GK5, aus [44] .....	28
Abb. 2.1	Ebenen Deutschland, nach [50] .....	30
Abb. 2.2	Gebäudeklassen laut MBO, aus [82] .....	32
Abb. 2.3	Ebenen Schweiz, nach [50] .....	33
Abb. 2.4	Darstellung der Brandschutzkonzepte, nach [11] .....	34
Abb. 2.5	Ebenen Schweden, nach [50] .....	36
Abb. 2.6	Ebenen England, nach [50] .....	38
Abb. 2.7	Anforderungen an die Außenwandverkleidung, aus [81] .....	41
Abb. 2.8	brandhemmende Decke unter Hohlraum, aus [81] .....	43
Abb. 2.9	Ebenen Italien, nach [50] .....	44

## Kapitel 3

Abb. 1.1	Feuerdreieck, aus [116] .....	48
Abb. 1.2	energetischer Zyklus bei einer Verbrennung, aus [21] .....	49
Abb. 1.3	Temperaturzeitkurven [78] .....	51

Abb. 2.1	Dämmwirkung der verkohlten Außenschicht, Temperaturverlauf im brandbelasteten Querschnitt (zwei verklebte OSB-Platten, Dicke ca. 50 mm), Branddauer 20,5 Minuten (Bezugstemperatur = 25°C), aus [23] .....	53
Abb. 2.2	Gemessene Abbrandtiefe für Brettsperrholzplatten mit 5 Schichten (10, 10, 10, 10, 20 mm) für ISO-Normbrandeinwirkung, aus [24] .....	56
Abb. 2.3	Brettschichtholzquerschnitt mit Stabdübeln nach einem Brandversuch, aus [22] .....	57
Abb. 2.4	Gegenüberstellung österreichische (alt) und europäische (aktuell) Brennbarkeitsklassen, aus [19] .....	61
Abb. 2.5	Gegenüberstellung österreichische (alt) und europäische (aktuell) Brandnebenerscheinung, aus [19] .....	61

## Kapitel 4

Abb. 2.1	Bezeichnungen der Holzschichten im Brandfall, aus [85] .....	69
Abb. 2.2	bei geschützten Oberflächen, aus [25] .....	70
Abb. 2.3	Diagramm , aus [25] .....	71
Abb. 3.1	Vergleich ETK mit der Realbrandsimulation, aus [43] .....	74
Abb. 4.1	Gebäudestruktur .....	77
Abb. 4.2	maßgebende Bauteile .....	78
Abb. 4.3	statisches System Decke .....	79
Abb. 4.4	Reaktionskräfte aus Gleichlast .....	79
Abb. 4.5	Einflussbereich der Decke auf die Außenwand .....	80
Abb. 4.6	Einflussbereich der Decke auf die Innenwand .....	81
Abb. 4.7	Aufbau .....	84
Abb. 4.8	Restquerschnitt .....	85
Abb. 4.9	Aufbau .....	86
Abb. 4.10	Restquerschnitt .....	87
Abb. 4.11	Schnittlinie Wand .....	87

## Kapitel 5

Abb. 0.1	Übersicht baulicher und technischer Brandschutz, nach [50] .....	91
Abb. 1.1	Ionisationsmelder, aus [27] .....	92
Abb. 1.2	optischer Rauchmelder, aus [117] .....	92
Abb. 1.3	Wärmemelder, aus [119] .....	93
Abb. 1.4	Flammenmelder, aus [120] .....	94

---

Abb. 1.5	linearer Rauchmelder, aus [121] .....	94
Abb. 1.6	linearer Wärmemelder, aus [122] .....	95
Abb. 1.7	Rauchansaugsystem, aus [123] .....	95
Abb. 1.8	Mehrkriterienmelder, aus [124] .....	96
Abb. 1.9	Druckknopfmelder, aus [125] .....	96
Abb. 1.10	Funktionsschema einer Brandmeldeanlage, aus [118] .....	100
Abb. 1.11	Sprinklerköpfe, aus [28] .....	101
Abb. 1.12	Sprinklerkapseln, aus [126] .....	101
Abb. 1.13	Funktionsschema Sprinkleranlage, nach [28] .....	102
Abb. 1.14	Funktionsschema einer Rauch- und Wärmeabzugsanlage, nach [32] .....	106
Abb. 1.15	Doppelkanallüfter, aus [7] .....	107
Abb. 1.16	Lichtkuppel, aus [7] .....	107
Abb. 1.17	Jalousienklappenlüfter, aus [7] .....	107
Abb. 1.18	Zuluftöffnungen, aus [32] .....	107
Abb. 1.19	Schema Rauchabschnittsbildung, aus [7] .....	108
Abb. 1.20	Prinzip einer Druckbelüftungsanlage, nach [127] .....	109
Abb. 1.21	Belüftungsstrom, nach [127] .....	109
Abb. 2.1	Unterschied zwischen dem Kriterium „K“ und dem Feuerwiderstand eines Bauteiles, aus [33] .....	111
Abb. 2.2	Vergleich der Transmission zweier Eckausbildungen mit und ohne Fugenversatz, nach [17] .....	112
Abb. 2.3	Ausschnitt aus den „National Building Regulations 2010, Part B- Fire Safety Volume 2“ über die Anordnung von Brandbarrieren, aus [81] .....	119
Abb. 2.4	Brandschürze vor dem Brandtest, aus [40] .....	120
Abb. 2.5	Während und nach der Beflammung, aus [40] .....	120
Abb. 2.6	Möglichkeiten, um die Brandausbreitung über einen Hohlraum in einer Fassade bzw. Wand zu verhindern, aus [1] .....	121
Abb. 2.7	Durchgangsmöglichkeiten von Feuer, aus [1] .....	122
Abb. 2.8	Schutzmöglichkeiten für Schächte und Leitungen, aus [1] .....	123
Abb. 2.9	Modelle für die Vergleichsstudie, nach [46] .....	124
Abb. 2.10	Versuchsverlauf der Realbrände (Experimental) und die Verläufe aus den numerischen Verfahren, aus [46] .....	125
Abb. 2.11	Versuchsaufbau .....	126
Abb. 2.12	Versagen der Polystyrolschicht .....	127

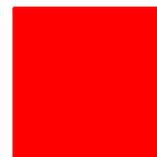
Abb. 2.13	Wärmebild .....	127
Abb. 2.14	Schichten nach dem Versuch .....	128
Abb. 2.15	Die drei Anforderungsbilder an Brandschutzverglasungen, aus [40] .....	129
Abb. 2.16	Reaktionsbild 1, aus [41] .....	130
Abb. 2.17	Reaktionsbild 2, aus [41] .....	130
Abb. 2.18	Restglasquerschnitt, aus [41] .....	130

## Kapitel 6

Abb. 1.1	massive_living, Panorama und Planansicht, aus [49] .....	135
Abb. 1.2	massive_living, Blick Balkon Innenhof .....	136
Abb. 1.3	Fassadenschnitt, aus [49] .....	137
Abb. 1.4	Aufbauten, aus [49] .....	137
Abb. 1.5	Steinhausen, aus [54],[52] .....	139
Abb. 1.6	Brandschutzplan, aus [76] .....	140
Abb. 1.7	Detailschnitt, aus [48],[55] .....	141
Abb. 1.8	Ausführungsdetails, aus [48],[55] .....	141
Abb. 1.9	Ausführungsdetails, aus [48],[55] .....	141
Abb. 1.10	Wagramer Straße, aus [56],[133] .....	143
Abb. 1.11	Esmarchstraße 3, aus [59],[61] .....	145
Abb. 1.12	Knotenkonstruktion, aus [60] .....	146
Abb. 1.13	fertige Ausführung, aus [61],[134] .....	146
Abb. 1.14	Limnologen, aus [63],[62] .....	147
Abb. 1.15	Während des Bauprozesses, aus [135] .....	148
Abb. 1.16	Aufbauten, aus [67] .....	149
Abb. 1.17	Bridport House, aus [136] .....	151
Abb. 1.18	Ansicht während der Bauphase, aus [68] .....	152
Abb. 1.19	Aufbauten, aus [68],[136] .....	153
Abb. 1.20	Bad Aibling, aus [138],[65] .....	155
Abb. 1.21	Aufbauten, aus [64] .....	157
Abb. 1.22	LCT-ONE, aus [73] .....	159
Abb. 1.23	Deckenstruktur, aus [73] .....	160
Abb. 1.24	Stadthaus (24 Murray Grove), aus [70],[71] .....	161

Abb. 1.25	Strukturschema des Gebäudes, Aufbauten, aus [70],[66] .....	162
Abb. 1.26	Via Cenni .....	163
Abb. 1.27	Detailschnitt, aus [49] .....	164
Abb. 1.28	Aufbauten, aus [49] .....	165
Abb. 1.29	Life Cycle Tower, aus [140] .....	167
Abb. 1.30	Deckenansicht, aus [72] .....	168
Abb. 1.31	3D Ansicht und Schnitt eines Wohnturmes, aus [51] .....	173





## Kapitel 1

Tab. 2.1	Kompensationsmaßnahmen, aus [10] .....	12
Tab. 3.1	Brandopferstatistik, aus [103] .....	13
Tab. 3.2	Opferstatistik auf 100.000 Einwohner, aus [103] .....	14
Tab. 3.3	Fakten zu den Brandgeschehen von 2006 bis 2009, aus [2] .....	15

## Kapitel 2

Tab. 1.1	Bauvorschriften der Länder, aus [94],[99] .....	22
Tab. 1.2	Umsetzung der OIB-Richtlinien in den Bundesländern, Stand: 1.September 2012, aus [142] .....	26
Tab. 1.3	Vereinfachte Darstellung der Anforderungen an die Gebäudeklassen, aus [96] .....	29
Tab. 2.1	Anforderungen an den Brandschutz, nach [33] .....	35
Tab. 2.2	Legende, nach [33] .....	35
Tab. 2.3	Anforderungen an die Brandwiderstände, aus [33] .....	37
Tab. 2.4	Brandwiderstandszeiten, aus [81] .....	40
Tab. 2.5	Anforderungen an Bekleidungen, aus [81] .....	42

## Kapitel 3

Tab. 1.1	Brandeigenschaften von Holz, aus [113] .....	48
Tab. 1.2	Typische Kennwerte der vier charakteristischen Brandphasen (ohne Löscheinwirkung), aus [21] .....	50
Tab. 2.1	tabellarische Gliederung des Zersetzungsprozesses von Holz, aus [21] .....	54
Tab. 3.1	Reihung der Bauteilmerkmale, aus [89] .....	58
Tab. 3.2	Brennbarkeitsklassen, ausgenommen Bodenbeläge und Rohrisolierungen, aus [90] .....	62

## Kapitel 4

Tab. 2.1	Koeffizient $k_{fi}$ , aus [25] .....	68
Tab. 2.2	Abbrandraten lt. ÖNORM EN 1995-1-2, aus [85] .....	69

Tab. 2.3	Werte für , aus [25] .....	70
Tab. 4.1	Aufbautenliste .....	76
Tab. 4.2	Einwirkungen .....	89
Tab. 4.3	Einwirkungen .....	90

## Kapitel 5

Tab. 2.1	äquivalente Branddauer, nach [33] .....	113
Tab. 2.2	Beispiel: Rigips Feuerschutzdecke, aus [47] .....	114
Tab. 2.3	Feuerschutztechnische Ertüchtigung, Rigips, aus [47] .....	114
Tab. 2.4	„IBC“ Materialklassifizierungen anhand des „flame spread index“, aus [130] .....	116
Tab. 2.5	zulässige Geschossanzahl für die Verwendung von Holz an sichtbaren Oberflächen, aus [33] .....	117

## Kapitel 6

Tab. 1.1	Projektcharakteristika, nach [71] .....	169
Tab. 1.2	Projektcharakteristika, nach [71] .....	170
Tab. 1.3	Projektcharakteristika, nach [71] .....	170
Tab. 1.4	Gegenüberstellung .....	177
Tab. 1.5	Kostenvergleich .....	179



Dies ist eine Veröffentlichung des

### **FACHBEREICHS INGENIEURBAUKUNST (IBK) AN DER TU GRAZ**

Der Fachbereich Ingenieurbaukunst umfasst die dem konstruktiven Ingenieurbau nahe stehenden Institute für Baustatik, Betonbau, Stahlbau & Flächentragwerke, Holzbau & Holztechnologie, Materialprüfung & Baustofftechnologie, Baubetrieb & Bauwirtschaft, Hochbau & Industriebau, Bauinformatik und Allgemeine Mechanik der Fakultät für Bauingenieurwissenschaften an der Technischen Universität Graz.

Dem Fachbereich Ingenieurbaukunst ist das Bautechnikzentrum (BTZ) zugeordnet, welches als gemeinsame hochmoderne Laboreinrichtung zur Durchführung der experimentellen Forschung aller beteiligten Institute dient. Es umfasst die drei Laboreinheiten für konstruktiven Ingenieurbau, für Bauphysik und für Baustofftechnologie.

Der Fachbereich Ingenieurbaukunst kooperiert im gemeinsamen Forschungsschwerpunkt „Advanced Construction Technology“. Dieser Forschungsschwerpunkt umfasst sowohl Grundlagen- als auch praxisorientierte Forschungs- und Entwicklungsprogramme.

Weitere Forschungs- und Entwicklungskooperationen bestehen mit anderen Instituten der Fakultät, insbesondere mit der Gruppe Geotechnik, sowie nationalen und internationalen Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft.

Die Lehrinhalte des Fachbereichs Ingenieurbaukunst sind aufeinander abgestimmt. Aus gemeinsam betreuten Projektarbeiten und gemeinsamen Prüfungen innerhalb der Fachmodule können alle Beteiligten einen optimalen Nutzen ziehen.

Durch den gemeinsamen, einheitlichen Auftritt in der Öffentlichkeit präsentiert sich der Fachbereich Ingenieurbaukunst als moderne Lehr- und Forschungsgemeinschaft, welche die Ziele und Visionen der TU Graz umsetzt.

Nummerierungssystematik der Schriftenreihe

S – Skripten, Vorlesungsunterlagen | F – Forschungsberichte  
V – Vorträge, Tagungen | M – Masterarbeiten

Institutskenzahl:

1 – Allgemeine Mechanik | 2 – Baustatik | 3 – Betonbau  
4 – Holzbau & Holztechnologie | 5 – Stahlbau & Flächentragwerke  
6 – Materialprüfung & Baustofftechnologie | 7 – Baubetrieb & Bauwirtschaft  
8 – Hochbau & Industriebau | 9 – Bauinformatik

Fortlaufende Nummer pro Reihe und Institut / Jahreszahl