

	<p style="text-align: center;">Eurocode 5 Bemessung und Konstruktion von Holzbauten Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall Deutsche Fassung ENV 1995-1-2: 1994</p>	<p style="text-align: center;">Vornorm DIN V ENV 1995-1-2</p>
<p>ICS 13.220.20; 91.010.30; 91.080.20</p> <p>Deskriptoren: Bauwesen, Holzbau, Brand, Bemessung, Konstruktion</p> <p>Eurocode 5 – Design of timber structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design; German version ENV 1995-1-2: 1994</p> <p>Eurocode 5 – Calcul des structures en bois – Partie 1-2: Règles générales – Calcul du comportement au feu; Version allemande ENV 1995-1-2: 1994</p> <p>Diese Europäische Vornorm ENV 1995-1-2: 1994 wurde im Auftrag der KEG fertiggestellt und wird vom CEN bzw. von dessen Mitgliedern veröffentlicht. Zu dieser Vornorm wurde kein Entwurf veröffentlicht.</p> <p>Nationales Vorwort</p> <p>Die Anwendung ist in Deutschland nur in Verbindung mit dem Nationalen Anwendungsdokument zu Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten; Teil 1-2; Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall¹⁾ und den entsprechenden bauaufsichtlichen Erlassen möglich.</p> <p>Dieses Anwendungsdokument gilt zusammen mit den bauaufsichtlichen Erlassen als das Nationale Anwendungsdokument für Deutschland gemäß Vorwort von (13) bis (15). Das Vorwort gibt weiterhin spezielle Hinweise auf Besonderheiten dieser Vornorm.</p> <p>Bei der Vorbereitung der deutschen Übersetzung wurde, soweit dies möglich war, auf die sprachlichen Regelungen und Formulierungen des Deutschen Normenwerkes zurückgegriffen.</p> <p>Stellungnahmen zur DIN V ENV 1995-1-2 sind erbeten an den Normenausschuß Bauwesen, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.</p> <p>¹⁾ Zu beziehen durch den Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, 50672 Köln (Herausgeber: NABau im DIN – Deutsches Institut für Normung e.V.)</p> <p style="text-align: right;">Fortsetzung 36 Seiten ENV</p> <p style="text-align: center;">Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.</p>		

EUROPÄISCHE VORNORM
EUROPEAN PRESTANDARD
PRENORME EUROPÉENNE

ENV 1995-1-2

November 1994

ICS 13.220.50; 91.040.00; 91.080.20

Deskriptoren: Bauwesen, Holzbauten, Bauvorschriften, Bemessung, Brandprüfungen

Deutsche Fassung

Eurocode 5

Bemessung und Konstruktion von Holzbauten

Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall

Eurocode 5 - Design of timber structures
Part 1-2: General rules - Structural fire
design;

Eurocode 5 - Calcul des structures en bois -
Partie 1-2: Règles générales - Calcul du
comportement au feu;

Diese Europäische Vornorm (ENV) wurde von CEN am 1993-06-22 als eine künftige Norm zur vorläufigen Anwendung angenommen. Die Gültigkeit dieser ENV ist zunächst auf drei Jahre begrenzt. Nach zwei Jahren werden die Mitglieder des CEN gebeten, ihre Stellungnahmen abzugeben, insbesondere über die Frage, ob die ENV in eine Europäische Norm (EN) umgewandelt werden kann.

Die CEN-Mitglieder sind verpflichtet, das Vorhandensein dieser ENV in der gleichen Weise wie bei einer EN anzukündigen und die ENV auf nationaler Ebene unverzüglich in geeigneter Weise verfügbar zu machen. Es ist zulässig, entgegenstehende nationale Normen bis zur Entscheidung über eine mögliche Umwandlung der ENV in eine EN (parallel zur ENV), beizubehalten.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CEN

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050-Brüssel

INHALT

	Seite
Vorwort	3
1 Allgemeines	5
1.1 Geltungsbereich	5
1.2 Normative Verweisungen	6
1.3 Definitionen	6
1.4 Formelzeichen	8
1.5 Einheiten	9
2 Grundlagen	9
2.1 Leistungsanforderungen	9
2.2 Einwirkungen	9
2.3 Bemessungswerte der Werkstoffeigenschaften	10
2.4 Bemessungsmethoden	10
2.5 Nachweisverfahren	11
2.5.1 Allgemeines	11
2.5.2 Berechnung der Gesamtkonstruktion	11
2.5.3 Berechnung von Teilen der Konstruktion	11
2.5.4 Berechnung von Bauteilen	12
3 Baustoffe	12
3.1 Abbrandtiefe	12
3.2 Feuerschutzbekleidung	13
3.3 Leime	14
4 Brandschutzbemessung	15
4.1 Bemessung mit ideellem Restquerschnitt	15
4.2 Bemessung mit reduzierter Festigkeit und Steifigkeit	16
4.3 Generelle Bemessungsmethode	16
4.4 Besondere Bemessungsregeln	16
4.4.1 Allgemeines	16
4.4.2 Träger	16
4.4.3 Stützen	16
4.4.4 Mechanisch verbundene Bauteile	16
4.4.5 Aussteifungen	17
4.4.6 Decken und Wände	17
4.5 Verbindungen	17
4.5.1 Allgemeines	17
4.5.2 Ungeschützte Verbindungen mit Seitenhölzern	17
4.5.3 Ungeschützte Verbindungen mit außenliegenden Stahlplatten	20
4.5.4 Geschützte Verbindungen	20
Anhang A (normativ)	
Bemessung mit reduzierter Festigkeit und Steifigkeit für Normbrandbeanspruchung	21
Anhang B (normativ)	
Ergänzende Regeln für Verbindungen	23
B.1 Verbindungen mit ungeschützten Nägeln	23
B.2 Verbindungen mit ungeschützten Bolzen	23
B.3 Verbindungen mit ungeschützten Stabdübeln	23
B.4 Dübel besonderer Bauart	24
B.5 Verbindungen mit Stahlplatten	25
Anhang C (normativ)	
Wände und Decken	26
C.1 Geltungsbereich	26
C.2 Entwurf und Bemessung	26
C.2.1 Allgemeines	26

C.2.2	Lastabtragende Konstruktionen	26
C.2.3	Raumabschließende Konstruktionen	26
C.3	Versagenszeiten	28
C.3.1	Holz und Holzwerkstoffe	28
C.3.2	Nichtbrennbare Plattenwerkstoffe und Dämmschichten	29
C.4	Mindestabmessungen und Details	30
C.4.1	Mindestabmessungen	30
C.4.2	Detaillierung der Bekleidungsbefestigungen	31
C.4.3	Verbindungen zu angrenzenden Decken und Wänden	31
Anhang D (informativ)		
	Parameterabhängige Brandbeanspruchung	33
D.1	Allgemeines	33
D.2	Abbrandraten und Abbrandtiefen	33
D.3	Tragfähigkeit von Stäben bei Biegung um die starke Achse	34
Anhang E (informativ)		
	Thermische Eigenschaften	35

Vorwort

ZIELSTELLUNG DER EUROCODES

(1) Die Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau bilden eine Gruppe von Normen für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Tragwerken des Hoch- und Ingenieurbaus und geotechnischen Bemessungsregeln für bauliche Anlagen.

(2) Sie behandeln die Bauausführung und Bauüberwachung nur soweit, wie dies zur Feststellung von Qualitätsanforderungen an die Bauprodukte bzw. Bauausführung notwendig ist, um die bei der Tragwerksbemessung getroffenen Annahmen zu erfüllen.

(3) Bis zum Vorliegen der erforderlichen Harmonisierten Technischen Spezifikation für Produkte und für Verfahren zur Überprüfung der Produkteigenschaften behandeln einige der Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau einige dieser Teilaspekte in informativen Anhängen.

HINTERGRUND DES EUROCODE-PROGRAMMS

(4) Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften (KEG) hat die Arbeiten an Harmonisierten Technischen Spezifikationen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauwerken eingeleitet, die zunächst als Alternative zu den in den jeweiligen Mitgliedsstaaten existierenden - jedoch voneinander abweichenden Regeln dienen und sie schließlich ersetzen sollten. Diese technischen Regeln wurden als "Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau" bekannt.

(5) Nach Konsultierung ihrer Mitgliedsstaaten übertrugen die KEG und das EFTA-Sekretariat im Jahre 1990 die Arbeiten zur weiteren Entwicklung, Herausgabe und Fortschreibung der Eurocodes an CEN.

(6) Das Technische Komitee CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des Konstruktiven Ingenieurbaus zuständig.

EUROCODE-PROGRAMM

(7) Gegenwärtig befinden sich folgende Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau in Bearbeitung, wobei jeder mehrere Teile umfaßt:

EN 1991 Eurocode 1	Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke
EN 1992 Eurocode 2	Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
EN 1993 Eurocode 3	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
EN 1994 Eurocode 4	Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton
EN 1995 Eurocode 5	Bemessung und Konstruktion von Holzbauten
EN 1996 Eurocode 6	Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten
EN 1997 Eurocode 7:	Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
EN 1998 Eurocode 8:	Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben
EN 1999 Eurocode 9:	Entwurf, Berechnung und Bemessung von Aluminiumkonstruktionen.

(8) Für die zuvor genannten Eurocodes hat das CEN/TC 250 einzelne Unterkomitees eingesetzt.

(9) Dieser Teil 1.2 des Eurocodes 5 wird als europäische Vornorm (ENV) veröffentlicht mit einer Anfangslaufzeit von drei Jahren.

(10) Diese Vornorm ist für die Erprobung und für den Erhalt von Stellungnahmen gedacht.

(11) Nach voraussichtlich zwei Jahren werden die Mitglieder von CEN aufgefordert, formale Kommentare einzureichen, die bezüglich der Entwicklung zukünftiger Aktivitäten zu berücksichtigen sind.

(12) Zwischenzeitlich sollten Hinweise und Stellungnahmen zu dieser Vornorm an das Sekretariat von CEN/TC 250/SC 5

Secretariat of CEN/TC 250/SC 5
BST
Box 5603
S-114 86 Stockholm

oder an ein anderes nationales Normungsinstitut gesandt werden.

NATIONALE ANWENDUNGSDOKUMENTE (NAD's)

(13) Im Hinblick auf die Verantwortlichkeit der zuständigen Behörden in den Mitgliedsländern für Sicherheit, Gesundheit und anderen Sachverhalte, die durch die wesentlichen Anforderungen der Bauproduktenrichtlinie (BPR) abgedeckt sind, wurden bestimmte Sicherheitselemente in dieser Vornorm als indikative Werte festgelegt, die durch Einrahmung oder durch eckige Klammern [] gekennzeichnet sind ("boxed values"). Es wird erwartet, daß die Mitgliedsländer die eingerahmten Werte überarbeiten und möglicherweise für die nationale Anwendung durch alternative, verbindliche Werte ersetzen.

(14) Zum Zeitpunkt der Herausgabe der Vornorm werden einige der europäischen oder internationalen Bezugsnormen noch nicht zur Verfügung stehen. Es wird deshalb erwartet, daß jedes Mitgliedsland oder sein nationales Normungsinstitut ein Nationales Anwendungsdokument (NAD) herausgibt, das endgültige Werte für die Sicherheitselemente, Querverweise auf Bezugsnormen sowie nationale Hinweise für die Anwendung dieser Vornorm enthält.

(15) Es wird beabsichtigt, daß diese Vornorm zusammen mit dem Nationalen Anwendungsdokument (NAD) angewandt wird welches in dem Land gültig ist, in dem sich das Hoch- oder Ingenieurbauwerk befindet.

BESONDERHEITEN DIESER VORNORM

Sicherheitsanforderungen

(16) Die grundsätzlichen Ziele des Brandschutzes sind die Verringerung der Risiken des Einzelnen und der Gesellschaft, der Nachbarschaftsschutz, und dort - wo erforderlich - der Funktionserhalt bei unmittelbarer Brandbeanspruchung.

(17) Die Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau behandeln die besonderen Anforderungen des passiven Brandschutzes in der Form von Bemessungs- und Konstruktionsregeln für Bauwerke und Teile von Bauwerken, zur Erhaltung ausreichender Tragfähigkeit und - wo notwendig - der Beschränkung der Feuerausbreitung.

(18) Die funktionellen Anforderungen und die Anforderungshöhe werden grundsätzlich durch die nationalen Behörden festgelegt - meistens in der Form von Feuerwiderstandsdauern bei Normbrandbeanspruchung. Dort, wo ingenieurmäßige Methoden zur Abschätzung passiver und aktiver Brandschutzeigenschaften allgemein anerkannt sind, werden die Anforderungen der Behörden weniger vorschreibend sein und alternative Strategien ermöglichen.

(19) ENV 1995-1-2 stellt zusammen mit ENV 1991-2-2 die notwendigen Ergänzungen zu ENV 1995-1-1 zur Verfügung, so daß nach diesen Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau bemessene Bauwerke den Brandschutzanforderungen genügen.

Bemessung und Konstruktion

(20) Ein vollständiges rechnerisches Verfahren der Brandschutzbemessung sollte das Verhalten der Konstruktion bei erhöhten Temperaturen, die mögliche Wärmebeanspruchung und die positiven Auswirkungen aktiver Feuerschutzsysteme berücksichtigen, einschließlich der damit zusammenhängenden Unsicherheiten und den Folgen eines Versagens.

(21) Derzeit ist es möglich ein Verfahren zur ausreichenden Sicherstellung der notwendigen Anforderungen anzuwenden, welches einige wenn auch nicht alle dieser Parameter berücksichtigt, um nachzuweisen, daß die Konstruktion oder ihre Bauteile den Anforderungen bei einem realen Gebäudebrand genügen.

(22) Gleichwohl basiert die derzeitige prinzipielle Methode in den europäischen Ländern auf Ergebnissen von Normbrandversuchen. Das Klassifizierungssystem in Vorschriften mit festgelegten Feuerwiderstandsdauern berücksichtigt (wenn auch nicht ausdrücklich) Besonderheiten und Unsicherheiten, die vorstehend beschrieben sind.

(23) Herrührend von den Einschränkungen der Testmethoden sollten weitere Versuche oder rechnerische Untersuchungen durchgeführt werden. Dennoch haben die Ergebnisse von Normbrandversuchen den Hauptanteil der Grundlagen für Berechnungsmethoden zur Brandschutzbemessung erbracht. Diese Vornorm behandelt deshalb im wesentlichen Bemessung und Konstruktion für Normbrandbeanspruchung.

(24) In dieser ENV 1995-1-2 wird den Anforderungen der Ingenieure durch die Angabe von Berechnungsmethoden unterschiedlicher Komplexität genüge getan. Unter den Anwendungsregeln wird der Ingenieur an erster Stelle eine einfache Methode finden, die zu sicheren aber möglicherweise weniger wirtschaftlichen Konstruktionen führt. An zweiter Stelle findet er etwas komplexere Methoden, welche den Aufwand für die Bemessung erhöhen aber zu wirtschaftlicheren Konstruktionen führen können. An dritter Stelle werden umfassende Methoden beschrieben, deren Anwendung jedoch mehr Informationen erfordern als in diesem Eurocode enthalten sind. Grundsätzlich ist als Alternative zu Berechnungsmethoden die Bemessung und Konstruktion durch Versuche möglich.

(25) Die erste Kategorie einfacher Methoden ist für Normbrandbeanspruchung anwendbar und wird beschrieben durch

- Einwirkungen und Konstruktionssysteme nach 2.5.4
- Abbrandtiefen nach 3.1
- Tragfähigkeit von Bauteilen nach 4.1
- Tragfähigkeit von Verbindungen nach 4.5

(26) Die zweite Kategorie der etwas komplizierteren Methoden wird beschrieben in

- Einwirkungen und Konstruktionssysteme nach 2.5.3 oder 2.5.4
- Abbrandtiefen und Tragfähigkeit von Bauteilen für Normbrandbeanspruchung nach Anhang A
- Abbrandtiefen und Tragfähigkeit von Bauteilen für Naturbrandbeanspruchung nach Anhang D
- Zusätzliche Anwendungsregeln zur Berücksichtigung der Tragfähigkeit von Verbindungen nach Anhang B

(27) Die dritte Kategorie der umfassenden Methoden wird beschrieben nach

- Einwirkungen nach ENV 1991-2-2
- Konstruktionssysteme nach 2.5.2
- Abbrandraten und Tragfähigkeit von Bauteilen nach Abschnitt 4.3. Zusätzliche Informationen werden in Anhang E gegeben.

(28) Tabellen zur Bemessung sind nicht enthalten. Es wird erwartet, daß solche Bemessungshilfen in Handbüchern etc. enthalten sein werden.

1 Allgemeines

1.1 Geltungsbereich

(1)P Dieser Teil 1.2 der ENV 1995 behandelt Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzkonstruktion für die Katastrophensituation Brandbeanspruchung und muß in Verbindung mit ENV 1995-1-1 und ENV 1991-2-2 angewendet werden. Dieser Teil behandelt nur Abweichungen oder Ergänzungen zu Entwurf, Berechnung und Bemessung bei Normaltemperaturen.

(2)P Teil 1.2 der ENV 1995 behandelt ausschließlich Methoden passiven Brandschutzes. Aktive Methoden werden nicht behandelt.

(3)P Teil 1.2 der ENV 1995 gilt für Baukonstruktionen, die aus Gründen der Feuersicherheit unter Brandbeanspruchung bestimmte Funktionen erfüllen müssen

- Verhinderung des vorzeitigen Einsturzes der Konstruktion (Tragfähigkeitsverlust)

– Begrenzung der Feuerausbreitung (Flammen, heiße Gase, Temperaturerhöhung) zwischen bestimmten Bereichen (Raumabschluß)

(4)P Teil 1.2 der ENV 1995 beschreibt detaillierte Regeln für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Konstruktionen unter Berücksichtigung der vorgenannten Funktionen und Anforderungshöhen.

(5)P Teil 1.2 der ENV 1995 gilt für solche Konstruktionen oder Teile von Konstruktionen, die innerhalb des Geltungsbereiches von ENV 1995-1-1 liegen und in Übereinstimmung damit bemessen sind.

1.2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Vornorm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Normen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Vornorm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

Europäische Normen

EN 301

Klebstoffe für tragende Holzbauteile; Phenoplaste und Aminoplaste; Klassifizierung und Leistungsanforderungen

EN 309

Holzpanplatten; Definition und Einteilung

EN 316

Holzfaserplatten; Definition, Klassifizierung und Kurzzeichen

EN 313-1

Sperrholz - Klassifizierung und Terminologie - Teil 1: Klassifizierung

EN 338

Bauholz für tragende Zwecke - Festigkeitsklassen

ENV 1991-2-2

Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2.2: Brandeinwirkungen auf Tragwerke

ENV 1993-1-2

Eurocode 3: – Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1.2: Tragwerksbemessung für den Brandfall

ENV 1995-1-1 : 1993

Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1.1: Tragwerksbemessung für den Brandfall

Entwürfe für europäische Normen

prEN 300

Spanplatten – Platten aus langen, schlanken, ausgerichteten Spänen (OSB)

prEN 520

Gipskartonplatten – Arten, Anforderungen, Prüfverfahren

prEN 912

Holzverbindungsmittel – Spezifikationen für Dübel besonderer Bauart für Holz

prEN 1194

Holzbauwerke – Brettschichtholz – Festigkeitsklassen und Bestimmung charakteristischer Werte

ANMERKUNG: In CEN/TC 127 sind die folgenden Normen in Vorbereitung:

Entwurf ENV YYY 5: Teil 5 – Brandprüfungen für Bauteile - Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen: Bekleidung tragender Holzbauteile

1.3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Vornorm gelten die folgenden Definitionen:

Abbrandgrenze: Grenzlinie zwischen der Kohleschicht und dem verbleibenden Restquerschnitt.

Auflager und Randbedingungen: Schnittgrößen und Verformungsbehinderungen an Auflagern und Rändern bei der Berechnung des Gesamt- oder Teiltragwerks.

Auswirkungen E von Einwirkungen: Reaktionen des Tragwerks (z. B. innere Kräfte und Momente, Spannungen, Verformungen) auf die Brandeinwirkungen.

Bauteilberechnung (im Brandfall): Thermische und mechanische Berechnung eines brandbeanspruchten Bauteils, bei dem das Bauteil einzeln mit geeigneten Auflager- und Randbedingungen untersucht wird. Indirekte Brand-

einwirkungen, mit Ausnahme der durch Temperaturgradienten verursachten, werden nicht berücksichtigt.

Bemessung für Normaltemperatur: Bemessung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit für normale Umgebungstemperaturen in Übereinstimmung mit ENV 1995-1-1.

Bemessungswert der Brandbelastung: q_d [MJ/m²] Brandbelastung, aus der die thermischen Einwirkungen für die Brandschutzbemessung ermittelt werden können; der Zahlenwert von q_d berücksichtigt Unsicherheiten und Sicherheitsanforderungen.

Brandabschnitt: Ein Gebäudebereich über ein oder mehrere Geschosse, der von raumabschließenden Bauteilen derart umschlossen ist, daß eine Brandweiterleitung in andere Gebäudeteile (oder von anderen Bereichen in den Bereich) während der maßgebenden Brandbeanspruchungen verhindert wird.

Brandbelastung: Brandlast je Flächeneinheit. Sie wird bezogen auf die Geschoßfläche mit q_f , bezogen auf die Umfassungsfläche einschließlich der Öffnungen mit q_t bezeichnet.

Brandschutzmaterial: Durch Brandprüfungen untersuchtes Material, welches während der Feuerwiderstandsdauer nicht abfällt und durch thermische Isolierung eine Schutzfunktion gewährleistet.

Einheits-Temperaturzeitkurve: Nominelle Temperatur-Zeit-Kurve entsprechend ENV 1991-2-2.

Feuerwiderstandsfähigkeit: Die Fähigkeit eines Bauteils, während einer festgelegten Dauer in einer genormten Brandprüfung die hinsichtlich Tragfähigkeit, Raumabschluß und/oder Wärmedämmung gestellten Anforderungen zu erfüllen.

Feuerwiderstandsfähigkeit bei Normbrandbeanspruchung: Fähigkeit eines Tragwerkes oder Tragwerkteiles (i. a. nur Bauteile), die geforderte Funktionen (Tragfähigkeit und/oder Raumabschluß) unter einer Brandbeanspruchung gemäß Einheits-Temperaturzeitkurve für eine festgelegte Zeitdauer zu erfüllen.

Gesamttragwerksberechnung (im Brandfall): Berechnung des Gesamttragwerks, wenn entweder das ganze Tragwerk oder lediglich Teile davon brandbeansprucht sind. Indirekte Brandeinwirkungen werden im ganzen Tragwerk berücksichtigt.

Geschützte Bauteile: Bauteile, bei denen durch Schutzmaßnahmen die Temperaturerhöhung im Brandfall vermindert wird.

Ideeller Restquerschnitt: Rechnerischer Stabquerschnitt, der bei der Brandschutzbemessung mit der Methode der ideellen Restquerschnitte verwendet wird. Er wird aus dem verbleibenden Restquerschnitt durch den Abzug von Teilen des Querschnitts ermittelt, deren Steifigkeit und Festigkeit zu Null angenommen werden.

Indirekte Brandeinwirkung: Kräfte und Momente, die durch thermisch bedingte Dehnungen oder Verformungen entstehen.

Parameterabhängige Brandbeanspruchung: Brandgastemperatur in der Umgebung der Oberflächen von Bauteilen etc. als Funktion der Zeit, hergeleitet auf der Basis von Brandmodellen und den spezifischen physikalischen Parametern, die die Bedingungen in einem Brandabschnitt beschreiben.

Raumabschließende Wirkung: Die Funktion eines Bauteils, den Durchtritt von Feuer und/oder Rauch durch die Weiterleitung von Flammen oder heißen Gasen (vgl. Raumabschluß) oder die Entzündung auf der dem Feuer abgewandten Seite während der maßgebenden Dauer der Brandbeanspruchung zu verhindern.

Raumabschließendes Bauteil: Tragende oder nicht tragende Konstruktion (z. B. Wände und Decken) mit raumabschließender Funktion.

Raumabschluß-Kriterium "E": Nachweiskriterium für die Fähigkeit raumabschließender Bauteile, den Durchtritt von Feuer und Rauch zu verhindern.

Teiltragwerksberechnung (im Brandfall): Berechnung eines brandbeanspruchten Teiltragwerks, bei dem der betrachtete Teil des Tragwerks herausgetrennt, mit geeigneten Auflager- und Randbedingungen untersucht wird. Indirekte Brandeinwirkungen werden innerhalb des Teiltragwerks berücksichtigt, jedoch keine zeitabhängige Interaktion mit anderen Teilen des Tragwerks.

ANMERKUNG 1: Wenn indirekte Brandeinwirkungen innerhalb des Teiltragwerks vernachlässigbar sind, wird die Berechnung des Teiltragwerks entsprechend einer Bauteilberechnung durchgeführt.

ANMERKUNG 2: Wenn indirekte Brandeinwirkungen zwischen Teiltragwerken vernachlässigt werden können, ist die Berechnung des Teiltragwerks entsprechend der Berechnung eines Gesamttragwerks durchzuführen.

Temperaturberechnung: Berechnung der Temperaturentwicklung in Bauteilen auf Grundlage der thermischen Einwirkungen (Netto - Wärmestrom), der thermischen Werkstoffeigenschaften der Bauteile und, gegebenenfalls

von geschützten Oberflächen.

Temperaturzeitkurven: Brandgastemperaturen in der Umgebung von Bauteiloberflächen als Funktion der Zeit. Das können sein:

- nominell: Konventionelle Kurven, die für die Klassifizierung oder den Nachweis des Feuerwiderstandes anerkannt sind, z. B. die Einheits-Temperaturzeitkurve.
- parametrisch: Auf der Grundlage von Brandmodellen und spezifischen physikalischen Parametern ermittelte Kurven, die die Bedingungen im Brandabschnitt beschreiben.

Thermische Einwirkungen: Einwirkungen auf das Tragwerk, die durch den Netto - Wärmestrom zu den Bauteilen beschrieben werden.

Tragende Bauteile: Die lastabtragenden Bauteile eines Tragwerks, einschließlich der Aussteifungen.

Tragfähigkeits-Kriterium "R": Nachweiskriterium für die Standsicherheit von Tragwerken oder Bauteilen gegenüber bestimmten Einwirkungen während des maßgebenden Brandes.

Verbleibender Restquerschnitt: Um die Abbrandtiefe verminderter Ausgangsquerschnitt.

Wärmedämm-Kriterium "I": Nachweiskriterium für die Fähigkeit einer raumabschließenden Konstruktion, den Wärmedurchgang zu begrenzen.

1.4 Formelzeichen

Hauptzeiger:

<i>A</i>	Fläche
<i>E</i>	Elastizitätsmodul; Beanspruchung
<i>E XX</i>	Eigenschaft der Unversehrtheit für XX Minuten bei Normbrandbeanspruchung
<i>F</i>	Öffnungsfaktor
<i>I XX</i>	Eigenschaft der thermischen Isolierung für XX Minuten bei Normbrandbeanspruchung
<i>R</i>	Beanspruchbarkeit
<i>R XX</i>	Eigenschaft der Tragfähigkeit für XX Minuten bei Normbrandbeanspruchung
<i>V</i>	Volumen
<i>X</i>	Materialeigenschaft
<i>a</i>	Abstand
<i>b</i>	Breite
<i>c</i>	spezifische Wärmekapazität
<i>d</i>	Tiefe, Höhe
<i>f</i>	Festigkeit
<i>k</i>	Koeffizient (stets mit Fußzeiger)
<i>l</i>	Länge
<i>n</i>	Anzahl
<i>p</i>	Umfang
<i>q</i>	Brandbelastung
<i>r</i>	Radius
<i>t</i>	Zeit in Minuten; Dicke; total
α	Winkel
β	Abbrandrate
γ	Teilsicherheitsbeiwert
η	Koeffizient (stets mit Fußzeiger)
λ	Wärmeleitfähigkeit
ξ	Koeffizient
ρ	Rohdichte
ω	Feuchtegehalt
Θ	Temperatur

Fußzeiger:

char	Abbrand
d	Bemessungswert
ef	wirksam, effektiv
fi	Feuer; Brandschutzbemessung
g	Spalt

ins	Isolierung
k	charakteristisch
m	Werkstoffeigenschaft; Biegung
max	Maximum
mean	Mittelwert
min	Minimum
mod	modifiziert
n	Bemessung bei Normaltemperatur
p	Platte
pr	schützend
par	parametrisch
r	verbleibend, restlich
req	gefordert; angestrebt
st	Stahl
t	total
w	Holz
ρ	Rohdichte
0	Grundwert ; null
05	5 % Fraktile

1.5 Einheiten

(1) In Übereinstimmung mit ENV 1995-1-1 werden die folgenden Einheiten verwendet:

Temperatur:	°C, K
spezifische Wärmekapazität:	J/kg/K
Wärmedurchgangskoeffizient:	W/m ² /K
Wärmeleitfähigkeit:	W/m/K

2 Grundlagen

2.1 Leistungsanforderungen

(1)P Soweit ein mechanischer Feuerwiderstand gefordert ist, müssen die Tragwerke so bemessen und konstruiert werden, daß sie ihre Tragfähigkeit während der festgesetzten Brandbeanspruchung beibehalten - Eigenschaft der Tragfähigkeit "R".

(2) Verformungskriterien sollten nur dann angewandt werden, wenn die Produkteigenschaften raumabschließender Bauteile oder schützender Bekleidungen die Beschränkungen der Verformungen des Tragwerks erfordern.

(3)P Wenn die Bildung von Brandabschnitten verlangt wird, müssen die Bauteile so bemessen und konstruiert werden, daß sie ihre raumabschließende Funktion während der festgesetzten Brandbeanspruchung erfüllen, d. h.:

- kein Versagen der Unversehrtheit durch Risse, Löcher oder andere Öffnungen, die groß genug sind, einen Feuerdurchgang in Form von Flammen oder heißen Gasen zu erlauben - Eigenschaft der Unversehrtheit "E".
- kein Versagen der thermischen Isolierung durch Temperaturerhöhung auf der dem Feuer abgewandten Seite über vereinbarte Grenzen hinaus - Eigenschaft der thermischen Isolierung "I"

(4) Die zulässige mittlere Temperaturerhöhung auf der dem Feuer abgewandten Seite ist auf 140 K und die maximale Temperaturerhöhung in jedem Punkt ist auf 180 K beschränkt (Eigenschaft der thermischen Isolierung "I").

(5)P Bauteile müssen die Eigenschaften R, E und I folgendermaßen erfüllen:

- nur Raumabschluß: E und I
- nur Tragfähigkeit: R
- Raumabschluß und Tragfähigkeit: R, E und I

2.2 Einwirkungen

(1)P Thermische und mechanische Einwirkungen müssen aus ENV 1991-2-2 entnommen werden.

(2) Auf Anwendungsregeln in dieser Norm, die nur für Normbrandbeanspruchung gelten, wird in den jeweiligen Abschnitten besonders hingewiesen.

2.3 Bemessungswerte der Werkstoffeigenschaften

(1)P Für den Nachweis der Tragfähigkeit müssen die Bemessungswerte der Festigkeit und Steifigkeit entsprechend der Gleichungen 2.1 und 2.2 ermittelt werden.

$$f_{fi,d} = k_{mod,fi} k_{fi} \frac{f_k}{\gamma_{M,fi}} \quad (2.1)$$

$$E_{fi,d} = k_{mod,fi} k_{fi} \frac{E_{k,05}}{\gamma_{M,fi}} \quad (2.2)$$

Für den Nachweis der Verformungen müssen die Bemessungswerte der Steifigkeit nach Gleichung 2.3 ermittelt werden.

$$E_{fi,d} = k_{mod,fi} \frac{E_{mean}}{\gamma_{M,fi}} \quad (2.3)$$

Für die thermische Analyse müssen die Bemessungswerte nach Gleichung 2.4 ermittelt werden,

$$X_{fi,d} = \frac{X_k(\Theta_w)}{\gamma_{M,fi}} \quad (2.4)$$

wenn eine Zunahme des Bemessungswertes der Werkstoffeigenschaft vorteilhaft für das Sicherheitsniveau ist oder nach Gleichung 2.5 bestimmt werden,

$$X_{fi,d} = X_k(\Theta_w) \gamma_{M,fi} \quad (2.5)$$

wenn eine Zunahme des Bemessungswertes der Baustoffeigenschaft nachteilig für das Sicherheitsniveau ist, mit

$$\begin{aligned} k_{fi} &= [1,25] && \text{für Vollholz,} \\ k_{fi} &= [1,15] && \text{für Brettschichtholz und Holzwerkstoffplatten,} \\ \gamma_{M,fi} &= [1,0] \end{aligned}$$

dabei ist

f_k	der charakteristische Wert der Festigkeit bei Normaltemperaturen
E_{mean}	der Mittelwert des Elastizitätsmoduls bei Normaltemperatur
$k_{mod,fi}$	ein Modifikationsfaktor, der die Auswirkungen von Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt auf die Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften der Baustoffe berücksichtigt. Dieser Faktor $k_{mod,fi}$ ersetzt k_{mod} aus ENV 1995-1-1. Angaben für die Bestimmung dieses Modifikationsbeiwertes sind in den jeweiligen Abschnitten angegeben.
$X_k(\Theta_w)$	ist der charakteristische Wert der temperaturabhängigen Materialeigenschaften bei einer Holztemperatur von Θ_w .

2.4 Bemessungsmethoden

(1)P Wenn keine besonderen Regeln für die Brandschutzbemessung tragender Bauteile angegeben werden, müssen die Anwendungsregeln der ENV 1995-1-1 für Normaltemperaturen verwendet werden, mit der Ausnahme, daß Einwirkungen, Teilsicherheitsbeiwerte, Material- und Querschnittseigenschaften und die Parameter die das Tragsystem bei Normaltemperaturen beschreiben durch die entsprechenden Werte für die Brandschutzbemessung ersetzt werden.

(2) Die Parameter, die das Tragsystem bei der Brandschutzbemessung beschreiben, beziehen sich auf modifizierte

Auflager- und Randbedingungen für Bauteile/Teile von Tragwerken, und wo erforderlich, auf modifizierte Knicklängen im Fall des vorzeitigen Versagens von Aussteifungen.

(3) Der Einfluß des Feuers auf Material- und Querschnittseigenschaften darf durch drei Alternativen berücksichtigt werden:

- Bei der Bemessung mit ideellen Restquerschnitten wird die Tragfähigkeit des ideellen Restquerschnittes unter der Annahme berechnet, daß Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften nicht durch den Brand beeinflußt werden. Statt dessen wird der Verlust an Festigkeit und Steifigkeit durch eine erhöhte Abbrandtiefe berücksichtigt, siehe 4.1
- Bei der Bemessung mit reduzierter Steifigkeit und Festigkeit, wird die Tragfähigkeit des Restquerschnittes unter Berücksichtigung der Abnahme der Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften berechnet, siehe Anhang A
- Bei Anwendung einer allgemeinen Methode werden die Temperaturen und Feuchtigkeitsgehalte in jedem Punkt des Restquerschnittes ebenso berücksichtigt, wie das Verhältnis der Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften des Materials zu Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt, siehe 4.3 und Anhang E.

2.5 Nachweisverfahren

2.5.1 Allgemeines

(1)P Das für die Brandschutzbemessung angenommene Tragsystem muß das Verhalten des Tragwerks unter Brandbeanspruchung hinreichend beschreiben.

(2) Die Berechnung für den Brandfall darf entsprechend einer der in 2.5.2, 2.5.3 und 2.5.4 angegebenen Methoden erfolgen.

2.5.2 Berechnung der Gesamtkonstruktion

(1)P Die Berechnung muß den Versagensmechanismus unter Brandbeanspruchung, die temperaturabhängigen Materialeigenschaften und Steifigkeiten und die Auswirkungen thermischer Ausdehnungen und Verformungen berücksichtigen.

(2)P Für die maßgebende Dauer der Brandbeanspruchung muß nachgewiesen werden, daß

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d} \quad (2.6)$$

mit

$E_{fi,d}$ Bemessungswert der Beanspruchung für den Brandfall, einschließlich der Auswirkungen thermischer Dehnung, wenn sie zu berücksichtigen sind
 $R_{fi,d}$ zugehöriger Bemessungswert der Beanspruchbarkeit unter Brandbelastung

(3) Die thermische Ausdehnung von Holz darf vernachlässigt werden.

2.5.3 Berechnung von Teilen der Konstruktion

(1) Als Alternative zur Berechnung der Gesamtkonstruktion für verschiedene Brandbeanspruchungen darf die Berechnung an Teilen der Konstruktion oder Teiltragwerken erfolgen, unter der Annahme, daß diese Teile in Übereinstimmung mit 2.5.1 brandbeansprucht und berechnet werden.

(2) Auflager- und Randbedingungen dürfen während der Brandbeanspruchung als konstant angenommen werden. Wechselwirkungen zwischen Bauteilen oder Teiltragwerken in verschiedenen Teilen des Tragwerks sollten näherungsweise berücksichtigt werden.

(3) Bei Verwendung der anfänglichen Auflager- und Randbedingungen dürfen die Beanspruchungen (z. B. interne Kräfte und Momente) von einer Berechnung des Gesamtsystems bei Normaltemperatur unter Verwendung von Gleichung (2.7) abgeleitet werden.

$$E_{fi,d} = [0,6] E_d \quad (2.7)$$

HINWEIS: Gleichung (2.7) kann zu unsicheren Ergebnisse für Zwangslasten der Kategorie D führen.

(4) Die Berechnung sollte die Auswirkungen thermischer Ausdehnung von Bauteilen, die nicht aus Holz sind, berücksichtigen.

2.5.4 Berechnung von Bauteilen

- (1) Als Alternative zur Berechnung des Gesamtsystems dürfen Einzelbauteile für den Brandfall nachgewiesen werden.
- (2) Die ursprünglichen Auflager- und Randbedingungen - entsprechend den Bedingungen für Normaltemperaturen - dürfen für die Brandbeanspruchung beibehalten werden.
- (3) Für die Berechnung der Bauteile darf Absatz 2.5.3(3) angewendet werden.
- (4) Zum Nachweis des Feuerwiderstandes bei Normbrandbeanspruchung ist die Berechnung einzelner Bauteile ausreichend.
- (5) Bei tragenden Holzbauteilen darf der Effekt thermischer Dehnung vernachlässigt werden.

3 Baustoffe

3.1 Abbrandtiefe

- (1) Für Normbrandbeanspruchung muß die Abbrandtiefe mit

$$d_{\text{char}} = \beta_0 t \quad (3.1)$$

berechnet werden, β_0 ist die Abbrandrate.

- (2) Für Bauholz der Festigkeitsklassen entsprechend EN 338 und prEN 1194 sollten die Abbrandraten nach Tabelle 3.1 angewendet werden. Die Abbrandraten von Buche entsprechen den Abbrandraten von Nadelvollholz. Für Laubvollholz mit charakteristischen Rohdichten zwischen 290 und 450 kg/m³ dürfen Zwischenwerte linear interpoliert werden.

Bei Nadelvollholz mit einer Mindestabmessung von 35 mm und einer charakteristischen Rohdichte kleiner als 290 kg/m³ sollte die Abbrandrate mit dem Faktor k_p multipliziert werden.

$$k_p = \sqrt{\frac{290}{\rho_k}} \quad (3.2)$$

Für Massivholzplatten mit einer von 20 mm abweichenden Dicke und einer von 450 kg/m³ abweichenden charakteristischen Rohdichte, sollte die Abbrandrate entsprechend Absatz 3.1(3) angewendet werden.

Tabelle 3.1: Abbrandraten β_0 für Bauholz

	β_0 mm/min
a) Nadelholz	
Vollholz mit einer charakteristischen Rohdichte $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ und einer Mindestabmessung von 35 mm	0,8
Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,7
Massivholzplatten mit einer charakteristischen Rohdichte von 450 kg/m^3 und der Dicke 20 mm	0,9
b) Massives oder verleimtes Laubholz mit einer charakteristischen Rohdichte $\geq 450 \text{ kg/m}^3$ und Eiche	0,5
c) Massives oder verleimtes Laubholz mit einer charakteristischen Rohdichte $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,7

(3) Für Holzwerkstoffplatten entsprechend EN 309, EN 313-1, prEN 300 und EN 316 mit einer charakteristischen Rohdichte von 450 kg/m^3 und einer Plattendicke von 20 mm, sollten die nachstehend angeführten Abbrandraten verwendet werden:

$$\begin{aligned}\beta_0 &= 1,0 \text{ mm/min für Sperrholz} \\ \beta_0 &= 0,9 \text{ mm/min für andere Holzwerkstoffplatten}\end{aligned}$$

Für andere Rohdichten und Dicken sollte die Abbrandrate nach Gleichung (3.3) berechnet werden.

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_{0,450,20} k_p k_t \quad (3.3)$$

mit

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \quad (3.4)$$

$$k_t = \min \left\{ \sqrt{\frac{20}{t_p}}, 1,0 \right\} \quad (3.5)$$

ρ_k in kg/m^3 und t_p in mm

(4) Für mehrere, dicht aneinanderliegende Lagen von Platten darf die Abbrandrate entsprechend der Gesamtdicke angenommen werden. Für einzelne oder mehrere Lagen von Platten, die dicht an der Oberfläche von Holzbauteilen anliegen, darf für die Ermittlung der Abbrandrate die Gesamtdicke der Platte und des Holzbauteils angenommen werden.

(5) P Abbrand muß für alle Oberflächen berücksichtigt werden, die unmittelbar dem Feuer ausgesetzt sind.

(6) Für Oberflächen von Bauteilen, die während der maßgebenden Dauer der Brandbeanspruchung durch andere Bauteile geschützt werden, braucht ein Abbrand nicht berücksichtigt werden. Dies gilt auch für Grenzflächen mechanisch verbundener Bauteile, wenn der Verbund sichergestellt ist.

(7) Für Stäbe, deren Oberflächen mit Feuerschutzbekleidungen entsprechend Absatz 3.2 abgedeckt sind, muß ein Abbrand nicht berücksichtigt werden, wenn

$$t_{pr} \geq t_{fi,req} \quad (3.6)$$

dabei ist

- t_{pr} die Versagenszeit der schützenden Platte oder des schützenden Materials, d. h. die Dauer der effektiven Schutzwirkung gegenüber unmittelbarer Brandbeanspruchung.
 $t_{fi,req}$ geforderte Feuerwiderstandsdauer bei Normbrandbeanspruchung

(8) Wenn die Oberflächen von Bauteilen durch schützende Bekleidungen abgedeckt sind oder mit anderen tragenden Bauteilen verbunden sind, deren Versagenszeit kleiner als die geforderte Feuerwiderstandsdauer $t_{fi,req}$ ist, beginnt der Abbrand mit der Versagenszeit t_{pr} der Bekleidung.

3.2 Feuerschutzbekleidung

(1) Für Werkstoffe und Platten, die als Feuerschutzbekleidungen verwendet werden (Bild 3.1), sollten die Versagenszeiten im allgemeinen durch Versuche ermittelt werden.

HINWEIS: Eine Europäische Norm ENV YYY5-5 wird durch CEN/TC 127 vorbereitet.

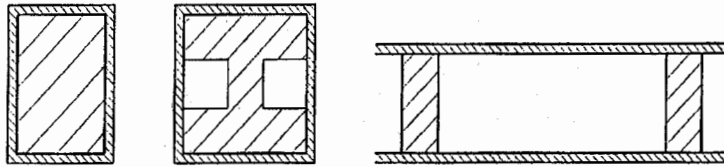


Bild 3.1: Platten als Feuerschutzbekleidung

(2) Für Feuerschutzbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffplatten darf die Versagenszeit bestimmt werden aus

$$t_{pr} = \frac{t_p}{\beta_0} - t_r \quad [\text{min.}] \quad (3.7)$$

mit

$$t_r = 4 \text{ min.}$$

dabei ist

- β_0 die Abbrandrate entsprechend Absatz 3.1(2) oder 3.1(3)
 t_p Dicke der Holz- oder Holzwerkstoffbekleidung. Im Falle einer mehrlagigen Bekleidung ist für t_p die Summe der Dicke der Einzelplatten einzusetzen.

(3) Feuerschutzbekleidungen die Bauteile schützen, sollten entsprechend Bild 3.2 befestigt werden. Platten sollten mit den Bauteilen selbst und nicht mit anderen Platten verbunden werden. Bei mehrlagigen Bekleidungen sollte jede Lage für sich befestigt werden und Plattenstöße um mindestens 60 mm versetzt werden. Der Verbindungsmittelabstand sollte nicht größer als 300 mm sein.

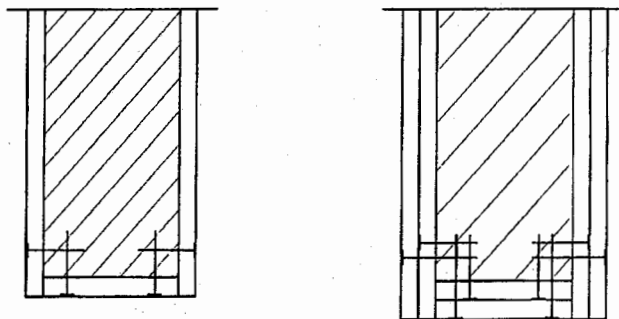


Bild 3.2: Befestigung von Feuerschutzbekleidungen

3.3 Leime

(1) P Leime für tragende Zwecke müssen Verbindungen solcher Festigkeit und Dauerhaftigkeit herstellen, daß die Leimverbindung während der vorgesehenen Feuerwiderstandsdauer voll erhalten bleibt.

(2) Leime auf phenol-formaldehyd und aminoplastischer Basis nach EN 301 entsprechend ENV 1995-1-1, 3.5(2), erfüllen die Anforderungen von 3.1(1)P.

4 Brandschutzbemessung

4.1 Bemessung mit ideellem Restquerschnitt

(1) Der ideale Restquerschnitt sollte durch die Reduzierung des Ausgangsquerschnittes durch die ideale Abbrandtiefe ermittelt werden (vergleiche Bild 4.1).

$$d_{ef} = d_{char} + k_o d_o \quad (4.1)$$

mit

$$d_o = 7 \text{ mm}$$

d_{char} entsprechend Gl. (3.1)

$k_o \leq 1,0$ nach Tabelle 4.1

In Tabelle 4.1 werden die folgenden Bezeichnungen verwendet:

$t_{fi,req}$ geforderte Feuerwiderstandsdauer für Normbrandbeanspruchung

t_{pr} Versagenszeit der Feuerschutzbekleidungen in Übereinstimmung mit 3.2(1), 3.2(2), C.3.2(2) oder C.3.2(3).

(2) Die Bemessungswerte der Festigkeit und des Elastizitätsmoduls des ideellen Restquerschnittes sollten entsprechend der Gl. (2.1) - (2.3) mit $k_{mod,fi} = 1,0$ ermittelt werden.

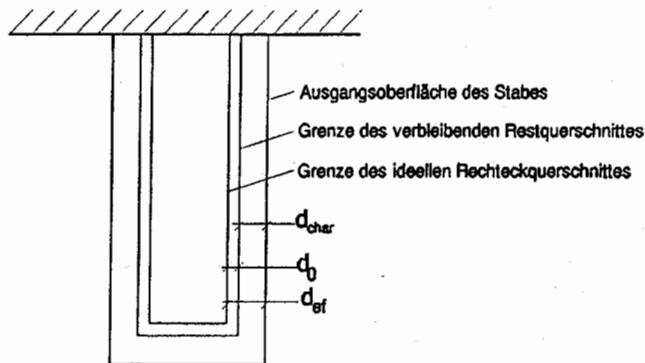


Bild 4.1: Definition von verbleibendem und ideellem Restquerschnitt

Tabelle 4.1: Ermittlung von k_o

ungeschützte Oberflächen	$t_{fi,req} < 20 \text{ min}$	$k_o = \frac{t_{fi,req}}{20}$
	$t_{fi,req} \geq 20 \text{ min}$	$k_o = 1,0$
Durch Holzwerkstoffplatten geschützte Oberflächen	$t_{fi,req} - t_{pr} < 20 \text{ min}$	$k_o = \frac{t_{fi,req} - t_{pr}}{20}$
	$t_{fi,req} - t_{pr} \geq 20 \text{ min}$	$k_o = 1,0$
Durch Gipsbauplatten geschützte Oberflächen	$t_{fi,req} - t_{pr} < 10 \text{ min}$	$k_o = \frac{t_{fi,req} - t_{pr}}{10}$
	$t_{fi,req} - t_{pr} \geq 10 \text{ min}$	$k_o = 1,0$

4.2 Bemessung mit reduzierter Festigkeit und Steifigkeit

(1) Eine Methode für Normbrandbeanspruchung ist in Anhang A (normativ) angegeben.

4.3 Generelle Bemessungsmethode

(1) Im allgemeinen Fall ist die Querschnittstragsfähigkeit und -steifigkeit unter Berücksichtigung

- der Abbrandtiefe entsprechend Anhang A (normativ) oder allgemeinen Abbrandmodellen
- der Temperaturverläufe im verbleibenden Restquerschnitt
- der Verläufe der Holzfeuchtigkeit im Restquerschnitt und
- der temperatur- und feuchtigkeitsabhängigen Bemessungswerte der Festigkeit und Steifigkeit

zu berechnen.

4.4 Besondere Bemessungsregeln

4.4.1 Allgemeines

(1) Druckbeanspruchung rechtwinklig zur Faser darf vernachlässigt werden.

(2) Schubbeanspruchung darf in massiven Querschnitten vernachlässigt werden. Für ausgeklinkte Träger sollte nachgewiesen werden, daß der verbleibenden Restquerschnitt im Bereich der Ausklinkung 60 % des für die Bemessung bei Normaltemperatur erforderlichen Querschnitts beträgt.

4.4.2 Träger

(1) Wenn die Aussteifung während der maßgebenden Feuerbeanspruchung versagt, sollte der Kippnachweis wie für einen unausgesteiften Stab geführt werden.

4.4.3 Stützen

(1) Wenn die Aussteifung während der maßgebenden Feuerbeanspruchung versagt, sollte der Knicknachweis wie für einen unausgesteiften Stab geführt werden.

(2) Im Vergleich zur Bemessung bei Normaltemperaturen dürfen günstigere Randbedingungen für eine Stütze in einem Brandabschnitt angenommen werden, die Teil einer durchgehenden Stütze einer horizontal ausgesteiften Rahmenkonstruktion ist. Die Stütze darf als beidseitig eingespannt angenommen werden, sofern der Feuerwiderstand der begrenzenden Bauteile des Brandabschnittes nicht kleiner als der Feuerwiderstand der Stütze ist, vergleiche Bild 4.2.

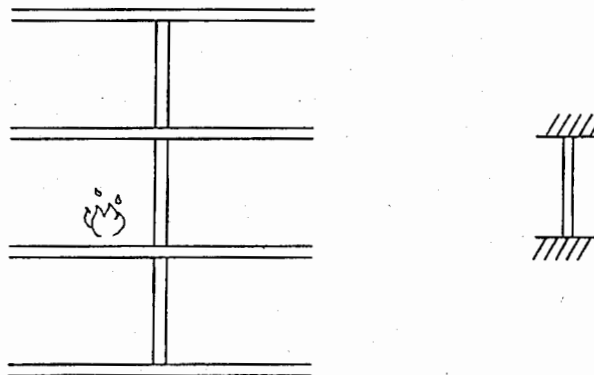


Bild 4.2: Durchlaufende Stütze

4.4.4 Mechanisch verbundene Bauteile

(1) Für mechanisch verbundene Bauteile dürfen die Verschiebungsmoduln entsprechend der Bemessung bei Normaltemperaturen angesetzt werden. Für die Bemessung mechanischer Verbindungsmittel vergleiche 4.5.

4.4.5 Aussteifungen

(1) Wenn Stäbe für Druck und Biegung unter der Berücksichtigung von Aussteifungen bemessen werden, sollte nachgewiesen werden, daß die Aussteifung während der geforderten Feuerwiderstandsdauer nicht versagt. Es darf angenommen werden, daß die Aussteifung nicht versagt, wenn der verbleibende Restquerschnitt der Aussteifung 60 % der für die Bemessung unter Normaltemperatur erforderlichen Querschnittsfläche beträgt.

(2) Mechanische Verbindungsmittel brauchen nur die Anforderungen nach 4.5.2(2) - (4) erfüllen.

(3) Als Alternative zu 4.4.5(1) kann berücksichtigt werden, daß unterschiedliche Tragsysteme bei Normaltemperatur und unter Brandbedingungen bestehen.

4.4.6 Decken und Wände

(1)P Für raumabschließende Konstruktionen ist Brandbeanspruchung von einer Seite anzusetzen.

(2)P Für nicht raumabschließende Konstruktionen muß eine Brandbeanspruchung von beiden Seiten berücksichtigt werden.

(3) Für Wände und Decken, die aus massiven Holzbalken bestehen, die mit Platten in Übereinstimmung mit Bild 4.3 bekleidet oder abgedeckt sind, werden Anwendungsregeln in Anhang C (normativ) gegeben.

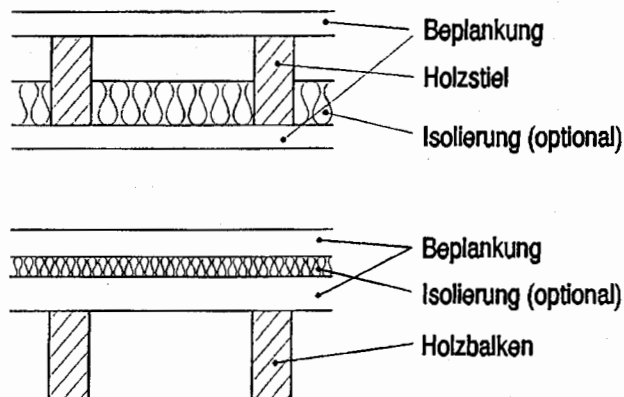


Bild 4.3: Grundkonstruktionen für Decken und Wände

4.5 Verbindungen

4.5.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt bezieht sich auf Verbindungen zwischen Stäben bei Normbrandbeanspruchung, die mit stabförmigen Verbindungsmitteln entsprechend der Abschnitte 6.3, 6.5, 6.6, 6.7 und 6.8 von ENV 1995-1-1 hergestellt sind. Detailliertere Regeln sind in Anhang B (normativ) angegeben.

(2) Die Regeln gelten nur für Verbindungen, die auf Abscheren beansprucht werden und so ausgeführt sind, daß die Kräfte symmetrisch übertragen werden (vergleiche Bilder 6.2.1 g - k aus ENV 1995-1-1).

4.5.2 Ungeschützte Verbindungen mit Seitenhölzern

(1) Holz-Holz-Verbindungen und Stahl-Holz-Verbindungen mit mittigen Stahlblechen und ungeschützten Nägeln, Schrauben, Bolzen oder Dübeln dürfen für einen Feuerwiderstand R 15 als ausreichend angenommen werden, wenn sie den Bedingungen von ENV 1995-1-1, Kap. 6 entsprechen.

(2) Für einen Feuerwiderstand von mehr als R 15 sollte die Dicke der Hölzer sowie der End- und Randabstand mit a_{fi} (vergleiche Bild 4.4) vergrößert werden. a_{fi} sollte angenommen werden mit

$$a_{fi} = \beta_0 (t_{fi,req} - 15) \quad (4.2)$$

mit

β_0 Abbrandrate entsprechend Tabelle 3.1
 $t_{fi,req}$ erforderlicher Feuerwiderstand bei Normbrandbeanspruchung in Minuten

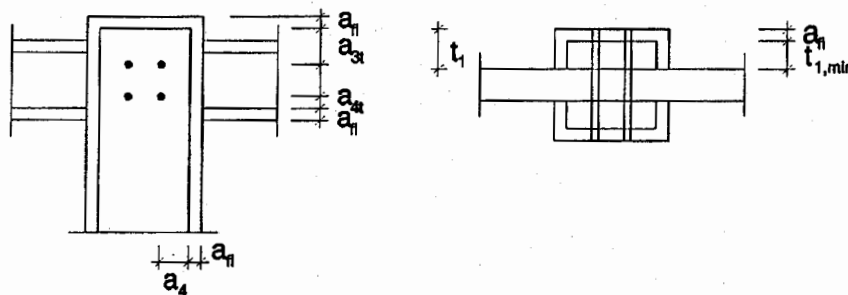


Bild 4.4: Zusätzliche Dicke und zusätzliche End- und Randabstände von Verbindungsmitteln für einen Feuerwiderstand von mehr als R 15

(3) Für einen Feuerwiderstand von mehr als R 15 sollte die Dicke t_1 der Seitenhölzer die folgenden Regeln erfüllen (vergleiche Bild 4.4)

$$t_1 \geq \frac{t_{fi,req}}{1,25 - \eta_n} \quad (4.3)$$

$$t_1 \geq 1,6 t_{fi,req} \quad (4.4)$$

$$t_1 \geq t_{1,min} + a_{fi} \quad [\text{mm}] \quad (4.5)$$

mit dem Verhältnis der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen von

$$\eta_n = \frac{E_d}{R_{d,n}} \quad (4.6)$$

mit

t_1	Dicke der Seitenhölzer in Millimetern
$t_{fi,req}$	erforderlicher Feuerwiderstand bei Normbrandbeanspruchung in Minuten
$t_{1,min}$	erforderliche Mindestdicke für das Seitenholz bei Bemessung unter Normaltemperaturen in Millimetern, wo erforderlich
E_d	Bemessungswert der Beanspruchung der Verbindungsmittel bei Normaltemperatur
$R_{d,n}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit des Verbindungsmittels bei Normaltemperatur in Übereinstimmung mit ENV 1995-1-1, Gl. 6.2.1 g - k.

Zum Erreichen der erforderlichen Dicken dürfen Schutzbekleidungen verwendet werden, vergleiche 4.5.4.

(4) Für einen Feuerwiderstand von mehr als R 15 sollten die Mindest-End- und Randabstände der Verbindungsmittel nach ENV 1995-1-1 mit dem zusätzlichen Abstand a_{fi} nach 4.5.2(2) vergrößert werden, vergleiche Bild 4.4. Es ist kein zusätzlicher Abstand erforderlich, wenn die folgenden Bedingungen für die Abstände a_3 und a_4 eingehalten werden:

$$a_3 \geq \beta_0 (t_{fi,req} + 15) \quad (4.7)$$

$$a_4 \geq \beta_0 (t_{fi,req} + 15) \quad (4.8)$$

mit

$t_{fi,req}$	erforderlicher Feuerwiderstand in Minuten
a_3, a_4	End- und Randabstände der Verbindungsmittel. Vergleiche ENV 1995-1-1, Kapitel 6.

(5) Für Holz-Holz-Verbindungen entsprechend 4.5.2(3) und 4.5.2(4), ist der Feuerwiderstand R 30 vorhanden,

wenn das Verhältnis der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen das Verhältnis η_{30} nach Tabelle 4.2 nicht überschreitet. Dies ist durch eine Erhöhung der Anzahl der Verbindungsmittel in einer Verbindung oder durch die Wahl tragfähigerer Verbindungsmittel erreichbar. Die Werte von η_{30} sind von den Formeln aus Anhang B entsprechend der angegebenen Randbedingungen abgeleitet.

Tabelle 4.2: Verhältnis η_{30} der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen für Verbindungsmittel für einen Feuerwiderstand R 30

	η_{30}	Bedingungen
Nägel	[0,80]	$l \geq \max \begin{cases} t_1 + 8d \\ 130 \text{ mm} \end{cases}$ $\frac{t_1}{d} \leq 16$
Bolzen	[0,45]	$t_1 \geq 75 \text{ mm}$ $d \geq 12 \text{ mm}$
Stabdübel (nicht geschützt)	[0,80]	$l \leq 2 t_1 + t_2$ $l \geq 150 \text{ mm}$ $\frac{t_{\max}}{d} \leq 6$
Dübel besonderer Bauart	[0,45]	mit Bolzen: $t_1 \geq 75 \text{ mm}$ $d \geq 12 \text{ mm}$
	[0,80]	mit Nägeln

In Tabelle 4.2 werden die folgenden Bezeichnungen verwendet:

- l Länge des Verbindungsmittels
- t_1 Dicke der Seitenhölzer
- t_2 Dicke des Mittelholzes
- t_{\max} der größere Wert von t_1 und t_2
- d Durchmesser des Verbindungsmittels

(6) Für Stahl-Holzverbindungen mit Stahlplatten als Mittelstab mit einer Mindestdicke von 2 mm und ungeschützten Verbindungsmittel entsprechend 4.5.2(3) und 4.5.2(4), ist der Feuerwiderstand R 30 erfüllt, wenn das Verhältnis der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen das Verhältnis η_{30} nach Tabelle 4.3 nicht überschreitet. Dies wird erreicht durch Erhöhung der Anzahl der Verbindungsmittel in einer Verbindung oder durch die Wahl tragfähigerer Verbindungsmittel. Die Werte von η_{30} sind von den Formeln aus Anhang B entsprechend der angegebenen Randbedingungen abgeleitet. Die Ränder von Stahlplatten müssen geschützt werden, weiteres siehe B.5 im Anhang B. Die in Tabelle 4.3 verwendeten Symbole sind in 4.5.2(5) erläutert.

(7) Für Feuerwiderstände zwischen R 30 und R 60 sollte das Verhältnis der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen die Werte von η nach

$$\eta = \eta_{30} \left[\frac{30}{t_{f, \text{req}}} \right]^2 \quad (4.9)$$

mit $t_{f, \text{req}}$ in Minuten und η_{30} nach Tabelle 4.2 oder 4.3 nicht überschreiten.

Tabelle 4.3: Verhältnis η_{30} der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen für Verbindungsmittel in Stahl-Holz-Verbindungen für einen Feuerwiderstand R 30

	η_{30}	Bedingungen
Nägeln	[1,0]	$l \geq 90 \text{ mm}$
Bolzen	[0,45]	$t_1 \geq 75 \text{ mm}$ $d \geq 12 \text{ mm}$
Stabdübel (nicht geschützt)	[1,0]	$l \geq \max \begin{cases} 2t_1 + t_2 \\ 110 \text{ mm} \end{cases}$ $\frac{t_1}{d} \leq 6$

4.5.3 Ungeschützte Verbindungen mit außenliegenden Stahlplatten

(1) Für ungeschützte, außenliegende Stahlplatten, die von nur einer Seite direkt brandbeansprucht werden, ist für eine Mindestplattendicke von 6 mm der Feuerwiderstand R 30 erfüllt, wenn das Verhältnis der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen den Wert $\eta_{30} = 0,45$ nicht überschreitet.

4.5.4 Geschützte Verbindungen

- (1) Verbindungen werden als geschützt angesehen, wenn die Verbindungsmittel mit schützenden Dübeln, Holz oder Holzwerkstoffplatten mit einer Mindestdicke a_{fi} nach 4.5.2(2) abgedeckt sind, vergleiche Bild 4.5.
- (2) Für die Befestigung von Schutzbekleidungen sollte der Randabstand der Verbindungsmittel a_{fi} nach Gleichung (4.2) entsprechen.
- (3) Die Paragraphen 4.5.2(2) - (4) gelten für die Rand- und Endabstände.
- (4) Die Einschlagtiefe von Nägeln als Befestigungsmittel von Schutzbekleidungen sollte $6d$ betragen, pro $0,015 \text{ m}^2$ geschützter Oberfläche sollte ein Nagel verwendet werden.
- (5) Stahlplatten als Seiten- oder Mittelstab dürfen als geschützt vorausgesetzt werden, wenn sie vollständig durch Holz der Mindestdicke a_{fi} nach Gleichung (4.2) abgedeckt sind. Die Ränder von Stahlplatten sollten entsprechend geschützt werden. Für ergänzende Regeln wird auf Anhang B (normativ) verwiesen.
- (6) Geschützte Verbindungen entsprechend der Bedingungen von ENV 1995-1-1, Kapitel 6 dürfen für die Feuerwiderstandsklasse R 60 als ausreichend angesehen werden.

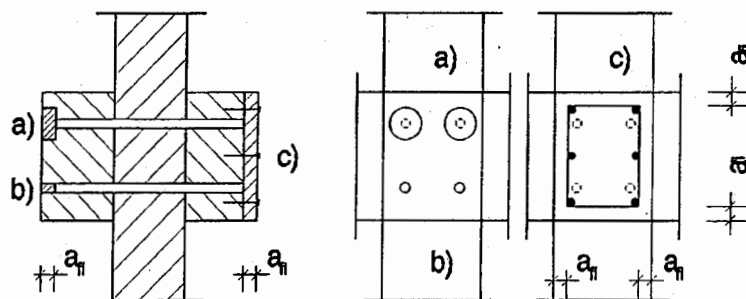


Bild 4.5: Geschützte Verbindungsmittel: a) und b) eingeleimte Dübel c) Schutzbekleidung

Anhang A (normativ)**Bemessung mit reduzierter Festigkeit und Steifigkeit für Normbrandbeanspruchung**

(1) Die Beanspruchbarkeit für Biegung, Druck und Zug darf unter Verwendung des verbleibenden Restquerschnittes nach Anhang A, Absatz (2) und einer Reduzierung der Festigkeit und Steifigkeitsparameter nach Anhang A, Absatz (3) berechnet werden.

(2) Der verbleibende Restquerschnitt (vergleiche Bild 4.1) des Bauteils sollte durch eine Reduzierung des Ausgangsquerschnittes durch die Abbrandtiefe ohne Berücksichtigung des Eckabbrandes durch

$$d_{\text{char}} = \beta_0 t \text{ (A.1)}$$

berechnet werden mit β_0 entsprechend Tabelle 3.1,

oder durch Reduzierung des Ausgangsquerschnittes unter Berücksichtigung des Eckabbrandes durch

$$d_{\text{char}} = \beta t \text{ (A.2)}$$

mit β nach Tabelle A.1

Tabelle A.1: Abbrandraten β

	β mm/min
a) Nadelholz Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,64
Vollholz mit einer charakteristischen Rohdichte $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,67
b) Massives oder verleimtes Laubholz mit einer mittleren Rohdichte $\geq 350 \text{ kg/m}^3$	0,54

(3) Die Form der Abbrandgrenze an den Ecken sollte als kreisförmig mit einem zeitabhängig Radius nach Bild A.1 angenommen werden. Die Abbildung ist gültig für Radien, die nicht größer sind als $b_r/2$ oder $h_r/2$, der kleinere Wert ist maßgebend, mit b_r und h_r als Breite und Höhe des verbleibenden Restquerschnittes.

(4) Für Nadelholz sollte der Bemessungswert der Festigkeit $f_{d,fi}$ und des Elastizitätsmoduls $E_{d,fi}$ des verbleibenden Restquerschnittes entsprechend den Gleichungen (2.1) - (2.3) berechnet werden mit $k_{\text{mod},fi}$ nach folgenden Angaben

- Für die Biegefestigkeit

$$k_{\text{mod},fi} = 1,0 - \frac{1}{200} \frac{p}{A_r} \quad (\text{A.3})$$

- Für die Druckfestigkeit

$$k_{\text{mod},fi} = 1,0 - \frac{1}{125} \frac{p}{A_r} \quad (\text{A.4})$$

- für die Zugfestigkeit und den E-Modul

$$k_{\text{mod},fi} = 1,0 - \frac{1}{330} \frac{p}{A_r} \quad (\text{A.5})$$

mit

p Umfang des dem Feuer ausgesetzten, verbleibenden Restquerschnittes in Metern
 A_r Fläche des verbleibenden Restquerschnittes in Quadratmeter

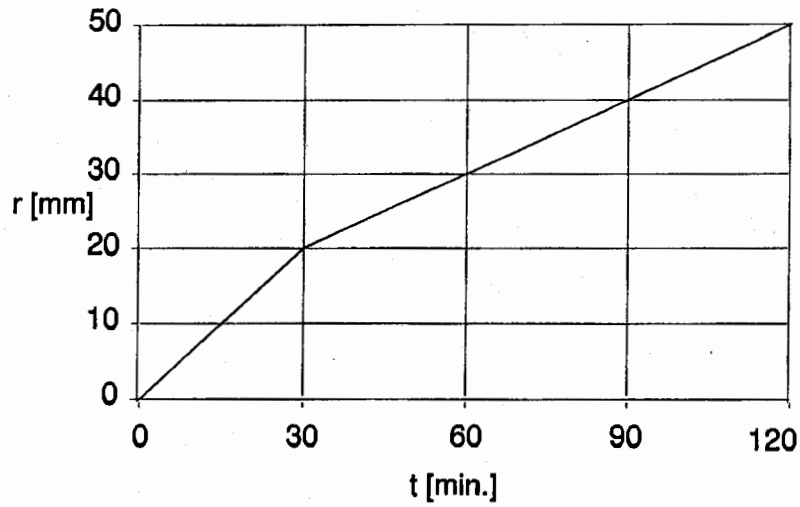


Bild A.1: Zeitabhängiger Radius der Abbrandgrenze an den Ecken

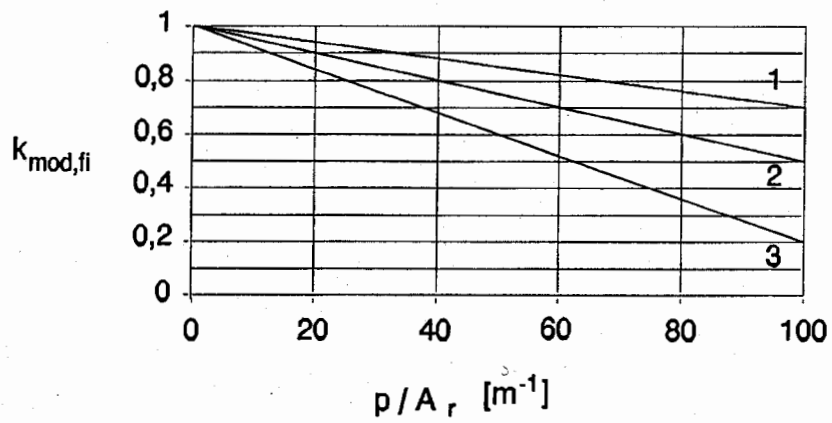


Bild A.2: Grafische Darstellung der Gleichung A.3 bis A.5. Kurve 1: Zug, E-Modul, Kurve 2: Biegung, Kurve 3: Druck

Anhang B (normativ)**Ergänzende Regeln für Verbindungen****B.1 Verbindungen mit ungeschützten Nägeln**

(1) Für Holz-Holz-Verbindungen der Feuerwiderstandsklasse R 30 sollte eine Mindesteinschlagtiefe von $8d$ eingehalten und die folgenden Bedingungen für das Verhältnis der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen erfüllt werden.

$$\eta_{30} \leq \frac{[20] d}{t_1 \left(1,0 + \left[\frac{110}{l} \right]^4 \right)} \quad (\text{B.1})$$

$$\eta_{30} \leq 1,0 \quad (\text{B.2})$$

mit

- d Nageldurchmesser in Millimetern
 l absolute Nagellänge in Millimetern
 t_1 Dicke des Seitenholzes in Millimetern

(2) Für Rillen- und Schraubnägel ist keine Reduzierung des Verhältnisses der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen erforderlich, wenn die Bedingung bezüglich der Einschlagtiefe eingehalten wird.

B.2 Verbindungen mit ungeschützten Bolzen

(1) Für Holz-Holz- oder Holz-Stahl-Bolzenverbindungen der Feuerwiderstandsklasse R 30 sollten die folgenden Bedingungen für das Verhältnis der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen eingehalten werden:

$$\eta_{30} \leq [0,6] \left(1 - \frac{0,4}{\sqrt{n}} \right) \frac{t_1}{t_{1,\min}} \sqrt{\frac{d}{10}} \quad (\text{B.3})$$

$$\eta_{30} \leq [0,6] \quad (\text{B.4})$$

mit

- d Bolzendurchmesser in Millimetern
 n Anzahl der Bolzen in der Verbindung
 t_1 Dicke des Seitenholzes in Millimetern
 $t_{1,\min}$ Minstdicke des Seitenholzes für die Bemessung bei Normaltemperaturen in Millimetern

(2) Für Bolzenverbindungen mit einer zusätzlichen Sicherung durch Rillen- oder Schraubnägel muß das Verhältnis der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen η_{30} nicht reduziert werden, wenn

- die Nägel eine Einschlagtiefe von $8d$ aufweisen
- die Nägel für die Übertragung von 50 % der Kräfte, die auf die Verbindung einwirken, bemessen sind, und mindestens vier Nägel für eine Verbindung mit einem Bolzen und mindestens sechs Nägel für eine Verbindungen mit zwei Bolzen verwendet werden.

B.3 Verbindungen mit ungeschützten Stabdübeln

(1) Die nachfolgenden Regeln gelten für Stabdübel ohne Überstand mit einer absoluten Länge größer als 120 mm und für überstehende Stabdübel mit einer absoluten Länge größer als 200 mm

(2) Für Holz-Holz- oder Holz-Stahl-Stabdübelverbindungen der Feuerwiderstandsklasse R 30 sollten die folgenden Bedingungen für das Verhältnis der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normal-

temperaturen eingehalten werden:

$$\eta_{30} \leq \frac{c d}{\mu \left(1,0 + \left[\frac{110}{l'} \right]^4 \right)} \quad (\text{B.5})$$

$$\eta_{30} \leq 1,0 \quad (\text{B.6})$$

mit

$$\mu = \sqrt{t_1 \cdot t_2} \quad \text{im allgemeinen} \quad (\text{B.7})$$

$\mu = t_1$	für Stahlplatten als Mittellage
$c = [12]$	für Stahlplatten als Mittellage
$c = [6,0]$	für Mittelhölzer
$l' = l$	für Stabdübel ohne Überstand
$l' = 0,6 l$	für Stabdübel mit Überstand

und

t_1	Dicke des Seitenholzes in Millimetern
t_2	Dicke des Mittelholzes in Millimetern
l	absolute Dübellänge in Millimetern

Für Kräfte die im Winkel α zur Faserrichtung angreifen, darf η_{30} durch Division mit $(1 - \alpha/360)$ modifiziert werden.

B.4 Dübel besonderer Bauart

(1) Für Dübel besonderer Bauart, die durch ungeschützte Rillen oder Schraubnägel mit einer Mindesteindringtiefe größer als $8d$ gesichert sind, darf für die Feuerwiderstandsklasse R 30 η_{30} mit $\eta_{30} = 1,0$ angenommen werden.

(2) Wenn Dübel besonderer Bauart durch ungeschützte Bolzen gesichert sind, sollten für die Feuerwiderstandsklasse R 30 die folgende Bedingungen für das Verhältnis der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen erfüllt sein:

$$\eta_{30} \leq \frac{[0,25] t_1}{t_{1,\min}} \quad (\text{B.8})$$

$$\eta_{30} \leq [0,6] \quad (\text{B.9})$$

mit

t_1	Dicke des Seitenholzes
$t_{1,\min}$	Mindestdicke des Seitenholzes für die Bemessung bei Normaltemperaturen

Wenn zusätzliche Klemmbolzen angeordnet werden, darf η_{30} mit $\eta_{30} = 0,5$ angenommen werden.

(3) Wenn zusätzlich zu ungeschützten Bolzen Rillen- oder Schraubnägel verwendet werden, muß das Verhältnis der Bemessungswerte von Beanspruchung und Tragfähigkeit bei Normaltemperaturen η_{30} nicht reduziert werden, wenn

- die Eindringtiefe der Nägel $8d$ beträgt
- die Nägel für die Übertragung von 50 % der Kräfte, die auf die Verbindung wirken bemessen sind, und für einen Dübel besonderer Bauart mindestens vier zusätzliche Nägel und für zwei Dübel besonderer Bauart mindestens sechs zusätzliche Nägel angeordnet werden.

(4) Für Dübel besonderer Bauart zur Herstellung des Verbundes in zusammengesetzten Balken darf $\eta_{60} = 1,0$ für einen Feuerwiderstand von höchstens R 60 angesetzt werden.

B.5 Verbindungen mit Stahlplatten

(1) Stahlplatten dürfen in Übereinstimmung mit ENV 1993-1-2 bemessen werden. Für eine vereinfachte Näherung sollten die folgenden Regeln beachtet werden.

(2) Für Verbindungen mit Stahlplatten als Mittellage mit einer Dicke größer oder gleich 2 mm und ohne Überstand der Stahlplatten über die Holzoberfläche, sollte die Breite b_{st} der Stahlplatten die Bedingungen der Tabelle B.1 erfüllen.

Tabelle B.1: Breite von Stahlplatten mit ungeschützten Rändern

		b_{st}
Ungeschützte Ränder im allgemeinen	R 30	≥ 200 mm
	R 60	≥ 280 mm
Ungeschützte Ränder auf einer oder zwei Seiten	R 30	≥ 120 mm
	R 60	≥ 280 mm

(2) Ränder von Stahlplatten deren Breite kleiner ist als die Breite des Holzbauteiles, dürfen in den folgenden Fällen als geschützt angenommen werden:

- Bei Platten mit einer Dicke nicht größer als 3 mm, wenn die Spalttiefe d_g größer ist als 20 mm für die Feuerwiderstandsklasse R 30 und größer ist als 60 mm für die Feuerwiderstandsklasse R 60 (vergleiche Bild B.1).
- Bei Verbindungen mit eingeleimten Streifen oder schützenden Holzwerkstoffplatten, wenn die Spalttiefe d_g oder die Bekleidungsdicke t_p größer ist als 10 mm für die Feuerwiderstandsklasse R 30 und größer ist als 30 mm für die Feuerwiderstandsklasse R 60 (vergleiche Bild B.1).

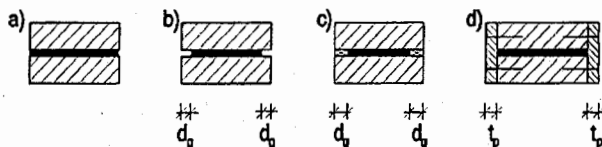


Bild B.1: Stahlplatten: a) ungeschützt b) geschützt durch Spalten c) geschützt durch eingeleimte Streifen d) geschützt durch Bekleidungen

Anhang C (normativ)**Wände und Decken****C.1 Geltungsbereich**

(1) Die Näherungsregelungen in diesem Anhang gelten für lastabtragende (R), raumabschließende (EI) und lastabtragende und raumabschließende (REI) Konstruktionen. Für die raumabschließende Funktion gelten die Regeln bis zu 60 Minuten Feuerwiderstand bei Normbrandbeanspruchung.

(2) Die hier behandelten Bekleidungen sind zugelassen als

- Feuerschutzbekleidung von lastabtragenden Konstruktionen (vergleiche 3.2), oder
- Teil von lastabtragenden Konstruktionen einschließlich Bekleidungen, die für Scheibenkräfte und Aussteifung und/oder
- als Bekleidungen zur Sicherstellung der raumabschließenden Funktion verwendet werden.

ANMERKUNG: Die Regeln in diesem Anhang sind konservativ. Die Dimensionierung durch Versuche wird zu wirtschaftlicheren Ergebnissen führen.

C.2 Entwurf und Bemessung**C.2.1 Allgemeines**

(1) Detaillierungen sollten in Übereinstimmung mit C.4 erfolgen.

(2) Versagenszeiten von Bekleidungen und Dämmstoffen sollten in Übereinstimmung mit C.3 bestimmt werden.

C.2.2 Lastabtragende Konstruktionen

(1) Die Tragfähigkeit sollte entsprechend Kapitel 4 nachgewiesen werden.

(2) Lastabtragende Bekleidungen sind ohne Nachweis zulässig, wenn ihre verbleibende Dicke 60 % der für die Bemessung bei Normaltemperaturen erforderlichen Dicke beträgt.

(3) Bekleidungen zur Verstärkung oder Aussteifung von lastabtragenden Holzkonstruktionen sollten eine verbleibende Dicke von mindestens 60 % der für die Bemessung bei Normaltemperaturen erforderlichen Dicke aufweisen; anderenfalls sollte der Rahmen als ein unausgesteifter Rahmen berechnet werden, vergleiche 4.4.5.

C.2.3 Raumabschließende Konstruktionen

(1) Für raumabschließende Konstruktionen, bei denen der Holzrahmen vor Erreichen der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer dem Feuer ausgesetzt wird, sollte nachgewiesen werden, daß der verbleibende Restquerschnitt der Holzrahmenbauteile mindestens 60 % der Querschnitte beträgt, die für die Ausführung bei Normaltemperatur notwendig sind.

(2) Es sollte ebenso sichergestellt werden, daß die Bekleidungen auf der dem Feuer abgewandten Seite fest mit dem Holzrahmen verbunden bleiben. Diese Anforderung ist erfüllt, wenn die Bedingung II aus C.2.3(3) eingehalten wird.

(3) Für raumabschließende Konstruktionen im allgemeinen sollte nachgewiesen werden: (vergleiche Bild C.1)

I Die Temperaturerhöhung auf der dem Feuer abgewandten Seite ist auf 140 K beschränkt. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn

$$\sum t_{pr,i} \geq t_{fi,req} + [15] \quad [\text{min.}] \quad (\text{C.1})$$

mit

$t_{pr,i}$ Versagenszeit der Schicht "i"

$\sum_i t_{pr,i}$ Summe der Versagenszeiten aller Schichten, vergleiche Bilder C.1 und C.2

II Die maximale Temperaturerhöhung an jedem Punkt auf 180 K begrenzt ist und kein Feuerdurchtritt an Bekleidungsstößen auftritt.

Diese Bedingung ist erfüllt, wenn

$$\sum_i t_{pr,i} \geq t_{fi,req} + [5] \quad [\text{min.}] \quad (\text{C.2})$$

mit

$\sum_i t_{pr,i}$ Summe der Versagenszeiten aller Schichten mit Ausnahme der äußeren Schicht auf der dem Feuer abgewandten Seite, vergleiche Bild C.1

III Werden Schichten für den Einbau von Installationen entfernt, sollten sie durch eine entsprechende Schichtdicke ersetzt werden. Es sollte nachgewiesen werden:

$$\sum_i t_{pr,i} \geq t_{fi,req} + [5] \quad [\text{min.}] \quad (\text{C.3})$$

vergleiche Bild C.2

(4) Bei Decken mit Brandbeanspruchung von unten sollte ein erhöhter Abbrand an Bekleidungsstößen berücksichtigt werden, vergleiche C.3.1(3).

(5) Wenn die raumabschließende Funktion von Decken bei Brandbeanspruchung von der Oberseite nachgewiesen werden muß, ist es ausreichend Bedingung I aus C.2.3(3) einzuhalten. Die Bedingung ist erfüllt, wenn

$$\sum_i t_{pr,i} \geq t_{fi,req} + [5] \quad [\text{min.}] \quad (\text{C.4})$$

eingehalten wird, mit

$\sum_i t_{pr,i}$ Summe der Versagenszeiten aller Schichten, vergleiche Bild C.3

Für Feuerbeanspruchung von der Oberseite dürfen die Versagenszeiten $t_{pr,i}$ um 20 % erhöht werden.

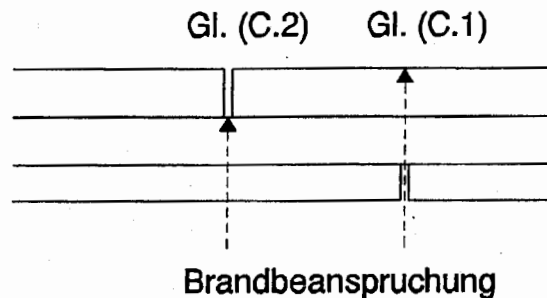


Bild C.1: Erläuterung der Gleichungen (C.1) und (C.2) zum Nachweis des Raumabschlusses für Decken bei Brandbeanspruchung von unten (Bedingung I und Bedingung II)

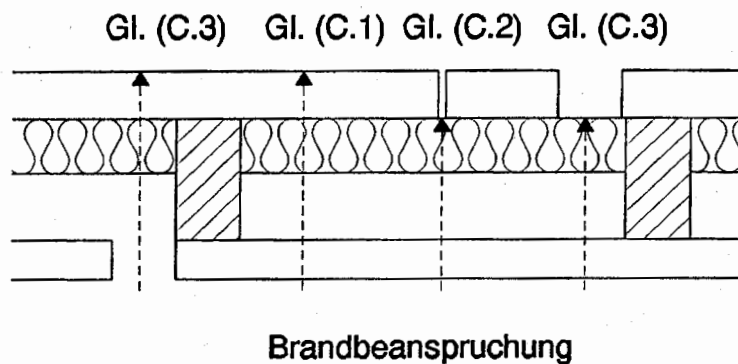
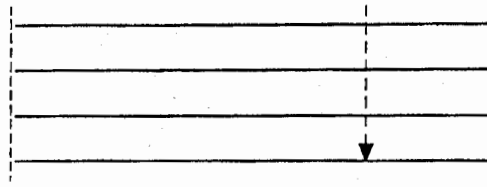


Bild C.2: Erläuterung der Gleichungen (C.1), (C.2) und (C.3) für den Nachweis des Raumabschlusses für Wände mit Installationen (Bedingung I - III)

Brandbeanspruchung



Gl. (C.4)

Bild C.3: Erläuterung der Gleichung (C.4) für den Nachweis des Raumabschluß für Decken bei Brandbeanspruchung von der Oberseite (Bedingung I).

C.3 Versagenszeiten

C.3.1 Holz und Holzwerkstoffe

- (1) Versagenszeiten t_{pr} von Holz und Holzwerkstoffen sollten in Übereinstimmung mit Gleichung (3.7) ermittelt werden.
- (2) Für lastabtragende Bekleidungen ist die Versagenszeit t_{pr} begrenzt durch die entsprechend Gleichung (4.1) berechnete Feuerwiderstandsdauer oder alternativ durch C.2.2 (2).
- (3) Für Decken unter Brandbeanspruchung von unten sollte die Versagenszeit im Bereich von Bekleidungsstößen mit

$$t_{pr} = \xi \frac{t_p}{\beta_0} \quad (C.5)$$

angenommen werden, wobei ξ ein Abminderungsbeiwert für die Berücksichtigung des erhöhten Abbrandes an Stößen ist. ξ sollte für Decken entsprechend Bild C.4 angesetzt werden.

- (5) Die Versagenszeit von Dämmschichten und Platten, die mit Holzwerkstoffen bezüglich des Entzündungsverhaltens vergleichbar sind, darf in Übereinstimmung mit 3.1(3) bestimmt werden.
- (6) Dämmschichten und Platten, die bei der Berechnung berücksichtigt werden, sollten mit dem Holzrahmen so verbunden werden, daß ein vorzeitiges Versagen verhindert wird, vergleiche Bild C.5.

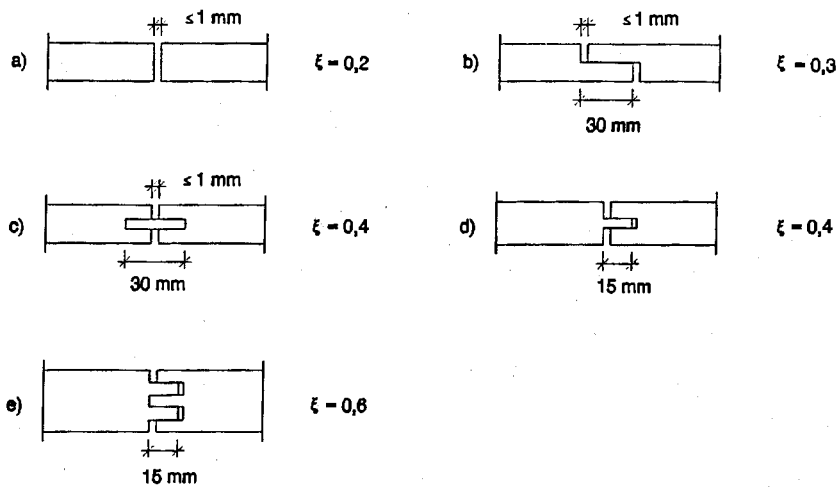


Bild C.4: Abminderungsbeiwert ξ für Versagenszeiten an Bekleidungsstößen für Decken mit Brandbeanspruchung von unten

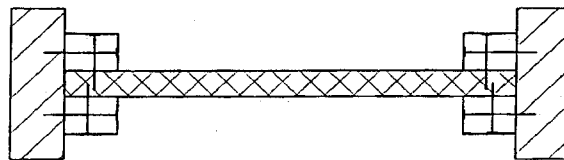


Bild C.5: Beispiel für die Befestigung von Dämmplatten

C.3.2 Nichtbrennbare Plattenwerkstoffe und Dämmschichten

(1) Die Versagenszeit nicht brennbarer Füllungen und Bekleidungen ist die Zeit bis zu einer Temperaturerhöhung von mehr als 500 K auf der dem Feuer abgewandten Seite.

(2) Die Versagenszeit von Gipskartonplatten (Wandplatten) Typ F mit erhöhter Kernkohäsion bei hohen Temperaturen darf in Übereinstimmung mit prEN 520 darf angenommen werden als

$$t_{pr} = 1,9 \xi t_p \quad \text{zu } t_p \leq 15 \text{ mm} \quad (\text{C.6})$$

$$t_{pr} = \xi (2,5 t_p - 9) \quad \text{zu } t_p > 15 \text{ mm} \quad (\text{C.7})$$

mit t_p als Dicke der Gipskartonplatte einschließlich der Papierlagen in Millimetern.

In den Gleichungen (C.6) und (C.7) sollte ξ angenommen werden mit

$$\xi = 0,8$$

für Plattenstöße in Decken mit Brandbeanspruchung von unten, bei denen die Bekleidungsstöße nicht mit den Holzrahmen oder Unterkonstruktionen verbunden sind und bei mehrlagigen Schichtstößen nur für die äußeren

(feuerbeanspruchten) Plattenstöße und mit

$$\xi = 1,0$$

in allen anderen Fällen.

(3) Für Gipskartonplatten (Wandplatten) Typ A und H in Übereinstimmung mit prEN 520 darf die Versagenszeit angenommen werden als

$$t_{pr} = 1,7 \xi t_p \quad (\text{C.8})$$

mit t_p und ξ entsprechend der Definition in C.3.2(2).

(4) Für nichtbrennbare Isoliermaterialien mit einer Dicke von mehr als 20 mm und einer Dichte von mehr als 30 kg/m³ und einer Temperaturbeständigkeit bis zu 1000 °C darf die Versagenszeit angenommen werden als

$$t_{pr} = 0,07 (t_{ins} - 20) \sqrt{\rho_{ins}} \text{ [min.]} \quad (\text{C.9})$$

mit

t_{ins} Dicke des Isoliermaterials in mm
 ρ_{ins} Rohdichte des Isoliermaterials in kg/m³

Dämmschichten oder Platten, die in der Berechnung berücksichtigt werden, sollten so mit dem Holzrahmen verbunden werden, daß ein vorzeitiges Versagen ausgeschlossen ist, vergleiche Bild C.6.

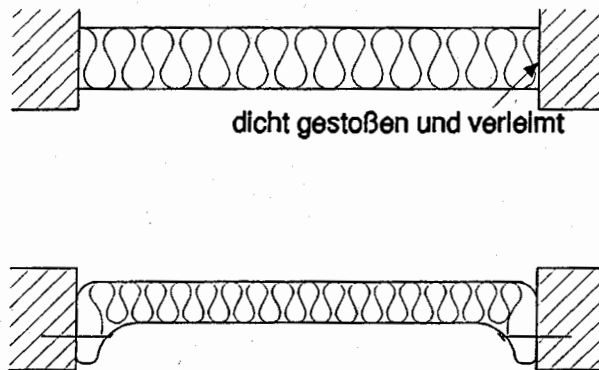


Bild C.6: Beispiele für die Befestigung von Isoliermaterial

C.4 Mindestabmessungen und Details

C.4.1 Mindestabmessungen

(1) Holzbauteile, die während der geforderten Feuerwiderstandsdauer nicht durch Bekleidungen geschützt sind, sollten eine Mindestabmessung von 38 mm haben.

(2) Einzelne Platten für Wände sollten eine Mindestdicke $t_{p,min}$ in Abhängigkeit der Spannweite l_p der Tafel (d. h. der Abstand der Wandständer oder der Unterkonstruktion) haben entsprechend

$$t_{p,min} = \frac{l_p}{62,5} \text{ [mm]} \quad (\text{C.10})$$

$$t_{p,min} \geq 8 \text{ mm} \quad (\text{C.11})$$

mit l_p in Millimetern.

(3) Bei einlagigen Beplankungen sollten Holzwerkstoffe mindestens eine charakteristische Rohdichte von 350 kg/m^3 aufweisen.

C.4.2 Detaillierung der Bekleidungsbefestigungen

(1) Bekleidungen sollten mit den Holzrahmen oder Unterkonstruktionen verbunden werden. Für Holz und Holzwerkstoffplatten, die mit Nägeln verbunden werden, beträgt der maximale Nagelabstand 150 mm. Die Mindesteinschlagtiefe sollte dem achtfachen Nageldurchmesser für lastabtragende Bekleidungen entsprechend C.1(2) und dem sechsfachen Nageldurchmesser für nichttragende Bekleidungen entsprechen. Wenn die Bekleidungen mit Schrauben befestigt werden, sollte der maximale Schraubenabstand 250 mm betragen.

(2) Die Plattenränder sollten dicht gestoßen sein, maximaler Abstand 1 mm. Sie sollten mindestens an zwei gegenüberliegenden Rändern mit dem Holzrahmen oder mit Unterleghölzern verbunden werden, Verbindungs-
mittelabstände entsprechend C.4.2(1). Für mehrlagige Schichten gilt dies für die innere Schicht, vergleiche Bild C.7. Für Holz und Holzwerkstoffe sollte der Randabstand der Verbindungsmittel dem Abstand a_{fi} nach Gleichung (4.2) entsprechen.

(3) Bei mehrlagigen Schichten sollten die Bekleidungsstöße um mindestens 60 mm versetzt sein, vergleiche Bild C.7. Jede Platte sollte für sich selbst befestigt werden. Für Holzwerkstoffe sollten die Abstände der Verbindungsmittel entlang der Ränder und die Randabstände entsprechend C.4.2(1) und (2) verwendet werden. Der Verbindungsmittelabstand an anderen Stellen darf verdoppelt werden.

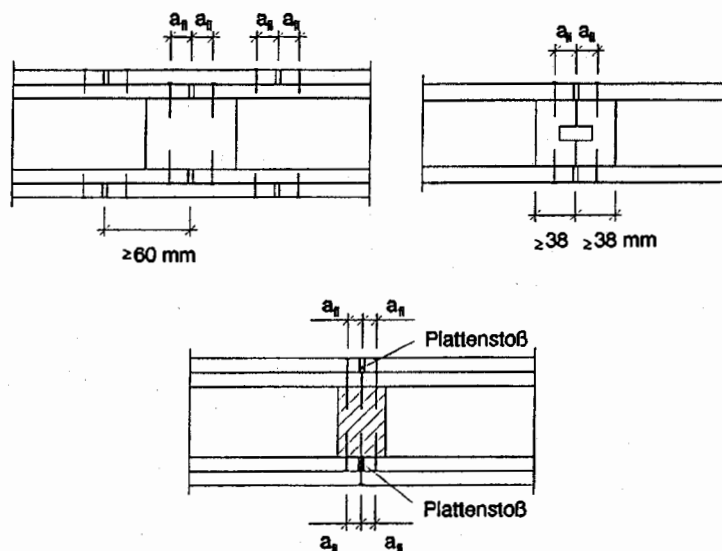


Bild C.7: Beispiele für die Befestigung von Bekleidungen auf Holzrahmen

(4) Für Gipskartonplatten ist es notwendig, die Regeln für die Bemessung bei Normaltemperaturen unter Berücksichtigung der Einschlagtiefe, der Verbindungsmittelabstände und der Randabstände einzuhalten.

C.4.3 Verbindungen zu angrenzenden Decken und Wänden

(1) Verbindungen zu angrenzenden Decken und Wänden sollten so ausgeführt werden, daß

- die Verbindung nicht durch das Versagen der Bekleidung beeinträchtigt wird
- Spalten an Grenzflächen kein Eindringen des Feuers in den Raum zwischen Bekleidung und Holzrahmen zulassen
- das Versagen der Bekleidung einer Konstruktion kein Eindringen des Feuers in den Raum zwischen Bekleidung und Holzrahmen der angrenzenden Konstruktion zuläßt.

(2) Absatz C.4.3(1) ist erfüllt, wenn der Holzrahmen die Verbindung zu angrenzenden Decken und Wänden herstellt und in Übereinstimmung mit Bild C.8 befestigt wird.

(3) Wenn bei raumabschließenden Konstruktionen Spalte an Grenzflächen durch unterschiedliche Verformungen oder Ausdehnungen auftreten können, sollten die Grenzflächen mit nichtbrennbaren Materialien gedichtet werden.

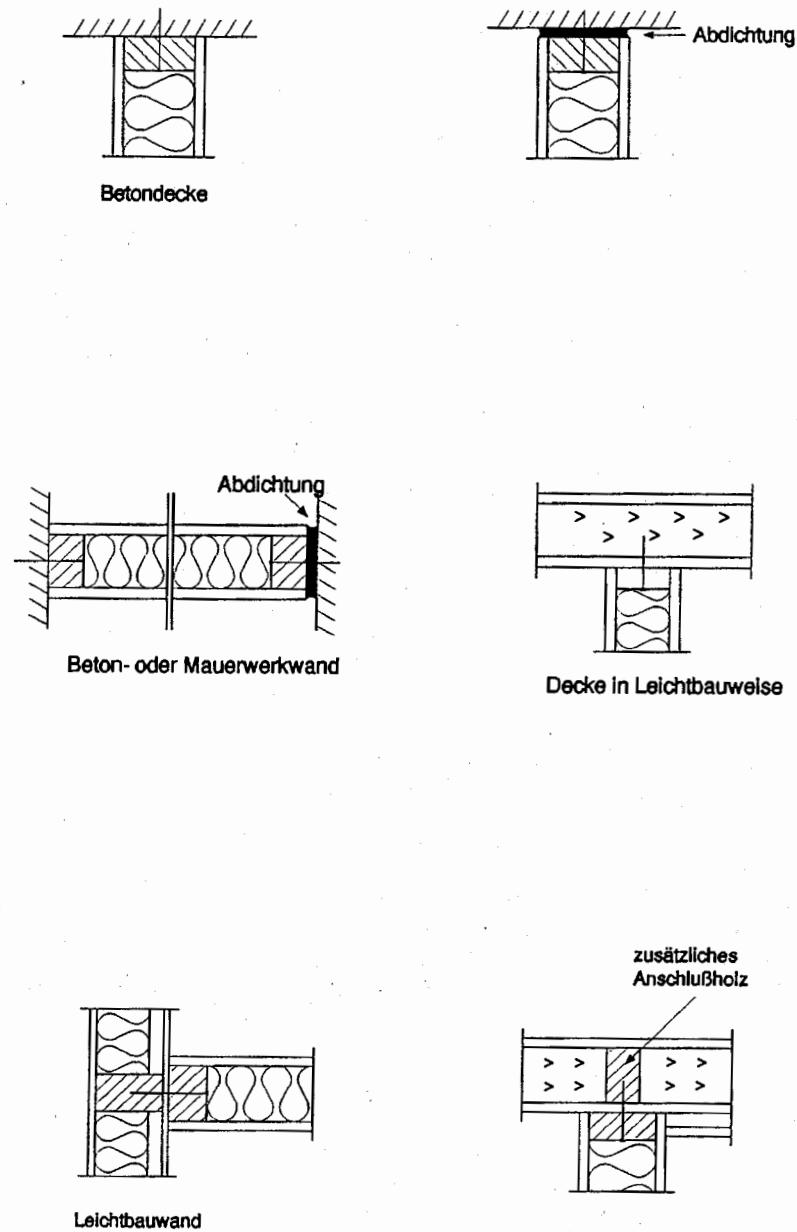


Bild C.8: Beispiel für Verbindungen von angrenzenden Decken und Wänden

Anhang D (informativ)**Parameterabhängige Brandbeanspruchung****D.1 Allgemeines**

(1) Dieser Anhang behandelt parameterabhängige Brandbeanspruchungen entsprechend der Öffnungsfaktor-Methode.

D.2 Abbrandraten und Abbrandtiefen

(1) Für Nadelholz sollte die Abhängigkeit der Abbrandrate von der Zeit t in Übereinstimmung mit Bild D.1 verwendet werden.

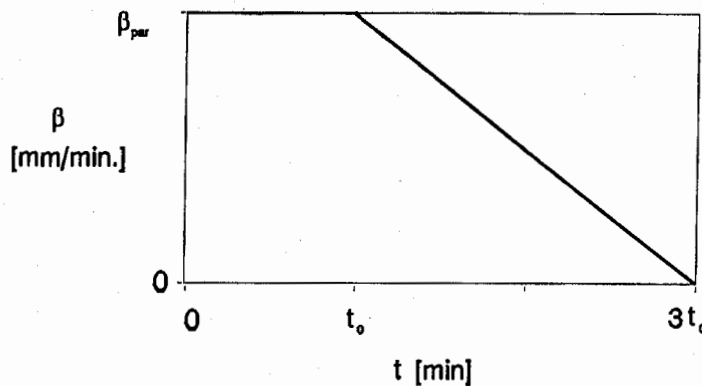


Bild D.1: Abhängigkeit der Abbrandrate von der Zeit

mit der Ausgangsabbrandrate β_{par} für parametrische Brandbeanspruchung nach

$$\beta_{\text{par}} = 1,5 \beta_0 \frac{5F - 0,04}{4F + 0,08} \quad (\text{D.1})$$

mit

$$F = \frac{A}{A_{\text{tot}}} \sqrt{h} \quad [\text{m}^{1/2}] \quad (\text{D.2})$$

$$h = \frac{\sum_i A_i h_i}{A} \quad (\text{D.3})$$

mit der Abbrandrate β_0 in Übereinstimmung mit Tabelle 3.1 und mit

- A Gesamtfläche der vertikalen Öffnungen (Fenster etc.) in m^2
- A_{tot} Gesamtfläche der Böden, Wände und Decken, die den Brandabschnitt umschließen in m^2
- h gewichtete mittlere Höhe aller vertikalen Öffnungen (Fenster etc.) in Meter
- A_i die Fläche der vertikalen Öffnung "i"
- h_i die Höhe der vertikalen Öffnung "i"

(2) Die maximale Abbrandtiefe während der Brandbeanspruchung und dem anschließenden Abkühlungszeitraum sollte berechnet werden als

$$d_{\text{char}} = 2 \beta_{\text{par}} t_0 \quad (\text{D.4})$$

mit

$$t_0 = 0,006 \frac{q_{t,d}}{F} \quad [\text{min.}] \quad (\text{D.5})$$

wobei $q_{t,d}$ die Bemessungsbrandbelastung im Verhältnis zur Gesamtfläche der Böden, Wände und Decken, die den Brandabschnitt umschließen in MJ/m^2 ist.

Die Gleichungen (D.1), (D.4) und (D.5) sollten nur für Werte von F zwischen $0,02$ und $0,30 \text{ m}^{1/2}$ und für

$$t_0 \leq 40 \text{ min.}$$

$$d_{\text{char}} \leq \frac{b}{4}$$

$$d_{\text{char}} \leq \frac{h}{4}$$

angewendet werden, mit b und h gleich Breite und Höhe des Querschnitts.

D.3 Tragfähigkeit von Stäben bei Biegung um die starke Achse

(1) Bei Stäben mit Biegebeanspruchung um die starke Achse mit einer Ausgangsbreite b von 130 mm oder mehr darf die kleinste Tragfähigkeit während der gesamten Branddauer unter Verwendung des verbleibenden Restquerschnittes berechnet werden. Der verbleibende Restquerschnitt des Stabes sollte durch die Abminderung des Ausgangsquerschnittes mit der Abbrandtiefe nach Gleichung (D.4) erfolgen.

(2) Der Bemessungswert der Festigkeit $f_{d,fi}$ und der Elastizitätsmodul $E_{d,fi}$ für den verbleibenden Restquerschnitt sollte für Nadelholz entsprechend der Gleichungen (2.1) und (2.2) angenommen werden mit $k_{\text{mod},fi}$ entsprechend

$$k_{\text{mod},fi} = 1,0 - 3,2 \frac{d_{\text{char}}}{b} \quad (\text{D.6})$$

mit b gleich der Breite des Bauteils.

Anhang E (informativ)**Thermische Eigenschaften**

(1) Die Wärmeleitfähigkeit von Holz und Holzwerkstoffen ist abhängig von der Temperatur, der Rohdichte und dem Feuchtigkeitsgehalt. Näherungsweise dürfen die folgenden Werte angenommen werden, die für eine Temperatur von 20 °C und für Wärmeleitung rechtwinklig zur Faser gelten:

$$\begin{aligned}\lambda_o &= 0,13 \text{ W/m/K für Nadelholz} \\ \lambda_o &= 0,19 \text{ W/m/K für Laubholz} \\ \lambda_o &= 0,10 \text{ W/m/K für Holzkohle}\end{aligned}$$

(2) Der Einfluß der Rohdichte und des Feuchtigkeitsgehaltes auf die Wärmeleitfähigkeit darf angenommen werden als

$$\lambda_o = [237 + 0,02 \rho_o (1 + 2 \omega)] \cdot 10^{-4} \quad (\text{E.1})$$

mit

$$\begin{aligned}\rho_o & \text{ Darr-Rohdichte von Holz kg/m}^3 \\ \omega & \text{ Feuchtigkeitsgehalt in \%}\end{aligned}$$

Gleichung (E.1) darf für Werte von ρ_o von 300 bis 800 kg/m³ und für Werte von ω nicht größer als 40 % verwendet werden.

(3) Der Einfluß der Temperatur im Intervall von +20 °C bis +100 °C darf angenommen werden als

$$\lambda = \lambda_o \left[1 + (1,1 - 9,8 \cdot 10^{-4} \rho) \frac{\theta_w - 20}{100} \right] \quad (\text{E.2})$$

mit

$$\begin{aligned}\lambda_o & \text{ Wärmeleitkapazität entsprechend Gleichung (E.1)} \\ \rho & \text{ Rohdichte des Holzes einschließlich Feuchtigkeit bei 20 °C in kg/m}^3\end{aligned}$$

(4) Die spezifische Wärmekapazität c von Nadelholz darf angenommen werden mit

$$c = \frac{c_{\text{trocken}} + \omega c_{\text{wasser}}}{1 + \omega} \quad \text{für } \theta_w \leq 100 \text{ °C} \quad (\text{E.3})$$

$$c = c_{\text{trocken}} \quad \text{für } \theta_w > 100 \text{ °C}$$

mit der spezifischen Wärmekapazität von darrtrockenem Holz

$$c_{\text{trocken}} = 1110 + 4,2 \theta_w \quad (\text{E.4})$$

und der spezifischen Wärmekapazität von Wasser

$$c_{\text{wasser}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

(5) Für Holzkohle darf die spezifische Wärmekapazität nach Tabelle E.1 angenommen werden. Für die Ermittlung von Zwischenwerten darf linear interpoliert werden.

Tabelle E.1: Spezifische Wärmekapazität von Holzkohle

Temperatur θ °C	spezifische Wärmekapazität c J/(kgK)
400	1000
600	1400
800	1650