

DIN EN 1994-1-2

ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.10; 91.080.40

Ersatz für
DIN EN 1994-1-2:2006-11 und
DIN EN 1994-1-2
Berichtigung 1:2008-11

**Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus
Stahl und Beton –
Teil 1-2: Allgemeine Regeln –
Tragwerksbemessung für den Brandfall;
Deutsche Fassung EN 1994-1-2:2005 + AC:2008**

Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures –
Part 1-2: General rules –
Structural fire design;
German version EN 1994-1-2:2005 + AC:2008

Eurocode 4: Calcul des structures mixtes acier-béton –
Partie 1-2: Règles générales –
Calcul du comportement au feu;
Version allemande EN 1994-1-2:2005 + AC:2008

Gesamtumfang 123 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN



Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 1994-1-2:2005 + AC:2008) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist hierfür der Arbeitsausschuss NA 005-52-22 AA „Konstruktiver baulicher Brandschutz“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Union für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, in dem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedstaaten vorgesehen sind. Die im Vorwort dieser Europäischen Norm angegebenen Fristen korrelieren in etwa mit diesen Übergangsfristen.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

In Abhängigkeit von der Bedeutung der einzelnen Absätze wird in dieser Norm zwischen verbindlichen Regeln und Anwendungsregeln unterschieden (siehe auch 1.4 dieser Europäischen Norm). Die verbindlichen Regeln sind durch den Buchstaben P nach der Nummer des Absatzes gekennzeichnet, z. B. (1)P. Bei allen Absätzen, die nicht als verbindliche Regeln gekennzeichnet sind, handelt es sich um Anwendungsregeln.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen **AC** **AC** angezeigt.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1994-1-2:1997-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Vornorm-Charakter wurde aufgehoben;
- b) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute von CEN zu ENV 1994-1-2:1997 wurden berücksichtigt und der Inhalt wurde vollständig überarbeitet.

Gegenüber DIN EN 1994-1-2:2006-11 und DIN EN 1994-1-2 Berichtigung 1:2008-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;
- b) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 1994-1-2: 1997-06

DIN EN 1994-1-2: 2006-11

DIN EN 1994-1-2 Berichtigung 1: 2008-11

Deutsche Fassung

Eurocode 4:
Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus
Stahl und Beton —
Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall

Eurocode 4:
Design of composite steel and concrete structures —
Part 1-2: General rules —
Structural fire design

Eurocode 4:—
Calcul des structures mixtes acier-béton —
Partie 1-2: Règles générales —
Calcul du comportement au feu

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 4. November 2004 angenommen. Die Berichtigung EN 1994-1-2:2008 tritt am 30. Juli 2008 in Kraft und wurde in EN 1994-1-2:2005 eingearbeitet.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management centre: rue de Stassart, 36 B- 1050 Brussels

© 2008 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 1994-1-2:2005 + AC:2008 D

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Hintergrund des Eurocode-Programms	5
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes	6
Nationale Fassungen der Eurocodes	7
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ET AZ)	7
Besondere Hinweise zu EN 1994-1-2	7
Nationaler Anhang zu EN 1994-1-2	9
1 Allgemeines	11
1.1 Anwendungsbereich	11
1.2 Normative Verweisungen	14
1.3 Annahmen	15
1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	15
1.5 Begriffe	15
1.5.1 Besondere Begriffe bezüglich Bemessung im Allgemeinen	15
1.5.2 Begriffe bezüglich Material- und Produkteigenschaften	16
1.5.3 Begriffe bezüglich der thermischen Analyse	16
1.5.4 Begriffe bezüglich der mechanischen Analyse	16
1.6 Formelzeichen	17
2 Grundlagen der Bemessung	26
2.1 Anforderungen	26
2.1.1 Grundlegende Anforderungen	26
2.1.2 Nominelle Brandbeanspruchung	26
2.1.3 Parametrische Brandbeanspruchung	27
2.2 Einwirkungen	27
2.3 Bemessungswerte der Werkstoffeigenschaften	27
2.4 Nachweismethoden	28
2.4.1 Allgemeines	28
2.4.2 Bauteilberechnung	29
2.4.3 Teiltragwerksberechnung	30
2.4.4 Gesamttragwerksberechnung	31
3 Werkstoffeigenschaften	31
3.1 Allgemeines	31
3.2 Mechanische Eigenschaften	31
3.2.1 Festigkeits- und Verformungseigenschaften von Baustahl	31
3.2.2 Festigkeits- und Verformungseigenschaften von Beton	33
3.2.3 Betonstahl	36
3.3 Thermische Eigenschaften	37
3.3.1 Bau- und Betonstahl	37
3.3.2 Normalbeton	39
3.3.3 Leichtbeton	42
3.3.4 Brandschutzmaterialien	43
3.4 Rohdichte	43
4 Bemessungsverfahren	44
4.1 Einleitung	44
4.2 Bemessungstabellen	45
4.2.1 Anwendungsgrenzen	45
4.2.2 Verbundträger mit Kammerbeton	46
4.2.3 Verbundstützen	48

4.3	Vereinfachte Berechnungsverfahren	53
4.3.1	Allgemeine Regeln für Verbunddecken und Verbundträger	53
4.3.2	Ungeschützte Verbunddecken	53
4.3.3	Geschützte Verbunddecken	54
4.3.4	Verbundträger	55
4.3.5	Verbundstützen	64
4.4	Allgemeine Berechnungsverfahren	67
4.4.1	Grundlagen der Berechnung	67
4.4.2	Thermische Analyse	67
4.4.3	Mechanische Analyse	68
4.4.4	Gültigkeitsprüfung der allgemeinen Berechnungsverfahren	68
5	Konstruktionsdetails	68
5.1	Einleitung	68
5.2	Verbundträger	69
5.3	Verbundstützen	70
5.3.1	Verbundstützen mit Kammerbeton	70
5.3.2	Verbundstützen aus betongefüllten Hohlprofilen	70
5.4	Anschlüsse von Verbundträgern an Verbundstützen	71
5.4.1	Allgemeines	71
5.4.2	Anschlüsse von Verbundträgern an Verbundstützen mit vollständig einbetoniertem Stahlquerschnitt	72
5.4.3	Anschlüsse von Verbundträgern an Verbundstützen mit Kammerbeton	72
5.4.4	Anschlüsse von Verbundträgern an Verbundstützen aus betongefüllten Hohlprofilen	73
Anhang A	(informativ) Spannungs-Dehnungsbeziehungen von Baustahl bei erhöhten Temperaturen	75
Anhang B	(informativ) Spannungs-Dehnungsbeziehungen von quarzitischem Beton bei erhöhten Temperaturen	78
Anhang C	(informativ) Spannungs-Dehnungsbeziehungen von Beton, angepasst an natürliche Brände mit Abkühlungsphase für die Anwendung in allgemeinen Berechnungsverfahren	81
Anhang D	(informativ) Berechnungsverfahren für den Feuerwiderstand von ungeschützten Verbunddecken mit Brandbeanspruchung nach Einheits-Temperaturzeitkurve an der Unterseite	84
D.1	Feuerwiderstand hinsichtlich der Wärmedämmung	84
D.2	Berechnung der positiven Momententragfähigkeit $M_{fi,Rd}^+$	85
D.3	Berechnung der negativen Momententragfähigkeit $M_{fi,Rd}^-$	88
D.4	Effektive Dicke einer Verbunddecke	91
D.5	Anwendungsbereich	92
Anhang E	(informativ) Berechnungsverfahren für die positive und negative Momententragfähigkeit eines Verbundträgers, bestehend aus Stahlträger mit Betondeckenplatte bei Brandbeanspruchung von unten	93
E.1	Berechnung der positiven Momententragfähigkeit $M_{fi,Rd}^+$	93
E.2	Berechnung der negativen Momententragfähigkeit $M_{fi,Rd}^-$ an einem Zwischenaufleger (oder an einer Einspannung)	95
E.3	Örtliche Tragfähigkeit am Auflager	96
E.4	Querkrafttragfähigkeit	97
Anhang F	(informativ) Berechnungsverfahren für die positive und negative Momententragfähigkeit kammerbetonierter Verbundträger mit Betondecke bei Brandbeanspruchung nach Einheits-Temperaturzeitkurve von unten	98
F.1	Reduzierter Querschnitt für die positive Momententragfähigkeit $M_{fi,Rd}^+$	98
F.2	Reduzierter Querschnitt für die negative Momententragfähigkeit $M_{fi,Rd}^-$	103
F.3	Anwendungsbereich	104

Anhang G (informativ) Berechnungsverfahren für den Feuerwiderstand kammerbetonierter Verbundstützen bei Biegeknicken um die schwache Achse und allseitiger Brandbeanspruchung nach Einheits-Temperaturzeitkurve	105
G.1 Einleitung.....	105
G.2 Flansche des Stahlquerschnittes.....	106
G.3 Steg des Stahlquerschnittes	107
G.4 Kammerbeton.....	107
G.5 Bewehrungsstäbe	109
G.6 Berechnung der Grenznormalkraft unter zentrischem Druck bei erhöhten Temperaturen	110
G.7 Exzentrizität der Belastung.....	111
G.8 Anwendungsbereich	111
Anhang H (informativ) Vereinfachtes Berechnungsverfahren für betongefüllte Hohlprofile mit allseitiger Brandbeanspruchung nach Einheits-Temperaturzeitkurve	115
H.1 Einleitung.....	115
H.2 Temperaturfeld.....	115
H.3 Bemessungswert der Grenznormalkraft unter zentrischem Druck bei erhöhten Temperaturen	115
H.4 Exzentrizität der Belastung.....	116
H.5 Anwendungsbereich	117
Anhang I (informativ) Planung und Auswertung experimenteller Verfahren	121
I.1 Einleitung.....	121
I.2 Versuche für globale Beurteilungen	121
I.3 Versuche für Teilinformationen.....	121

Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 1994-1-2:2005 + AC:2008) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2006, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm ersetzt ENV 1994-1-2:1994.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Hintergrund des Eurocode-Programms

Im Jahre 1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Aktionsprogramm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Spezifikationen.

Im Rahmen dieses Aktionsprogramms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und schließlich diese ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Lenkungsausschusses mit Vertretern der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung¹⁾ zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Ratsrichtlinien und Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Ratsrichtlinie 89/106/EWG zu Bauprodukten, die Bauproduktenrichtlinie, die Ratsrichtlinien 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeleitet wurden).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung.

EN 1991, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke.

EN 1992, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken.

EN 1993, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten.

¹⁾ Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der Eurocodes für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken (BC/CEN/03/89).

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: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken.

Die Eurocode-Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und von EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung von Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie des Rates 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr. 1: Mechanische Festigkeit und Standsicherheit und der wesentlichen Anforderung Nr. 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und die dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Erstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs).

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten²⁾, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen³⁾. Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von kompletten Tragwerken und Bauteilen für die allgemeine praktische Anwendung. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für außergewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen. Für diese Fälle können zusätzliche Spezialkenntnisse für den Bauplaner erforderlich sein.

²⁾ Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Anforderungen in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für die europäische Zulassung selbst zu schaffen.

³⁾ Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument

- a) die wesentlichen Anforderungen zu konkretisieren, indem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungsstufen vereinheitlicht werden,
- b) Methoden zur Verbindung dieser Klassen oder Anforderungsstufen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. Berechnungs- oder Nachweisverfahren, technische Entwurfsregeln usw.,
- c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr. 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr. 2.

Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, möglicherweise mit einer nationalen Titelseite und einem Nationalen Vorwort sowie einem Nationalen Anhang.

Der Nationale Anhang darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden. Diese national festzulegenden Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten in dem Land, in dem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen,
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben,
- landesspezifische, geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten,
- Vorgehensweisen, wenn die Eurocodes mehrere Verfahren zur Wahl anbieten,
- Vorschriften zur Verwendung der informativen Anhänge,
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit sie diese ergänzen und nicht widersprechen.

Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ET AZ)

Es besteht die Notwendigkeit, dass die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung⁴⁾ konsistent sind. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit der CE-Kennzeichnung von Bauprodukten verbunden sind, die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

Besondere Hinweise zu EN 1994-1-2

EN 1994-1-2 behandelt die Bemessungsgrundlagen, Anforderungen und Regeln für die Tragwerksbemessung von Gebäuden im Brandfall unter Berücksichtigung der folgenden Punkte:

Sicherheitsanforderungen

EN 1994-1-2 ist für Bauherrn (z. B. für die Aufstellung ihrer speziellen Anforderungen), Planer, Bauunternehmer und relevante Behörden bestimmt.

Die allgemeine Zielsetzung des Brandschutzes ist die Begrenzung der Risiken für Einzelpersonen und die Gesellschaft, benachbarte Bauwerke und, falls erforderlich, die Umgebung oder direkt betroffene Bauwerke im Brandfall.

Die Bauproduktenrichtlinie 89/106/EWG nennt die folgende wesentliche Anforderung für den Brandschutz:

„Das Bauwerk muss derartig entworfen und ausgeführt sein, dass bei einem Brand

- die Tragfähigkeit der Konstruktion während eines bestimmten Zeitraums erhalten bleibt,
- die Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerks begrenzt bleiben,
- die Ausbreitung von Feuer auf benachbarte Bauwerke begrenzt bleibt,
- die Bewohner das Gebäude unverletzt verlassen oder durch andere Maßnahmen gerettet werden können,
- die Sicherheit der Rettungsmannschaften berücksichtigt ist.“

⁴⁾ Siehe Artikel 3.3 und Art. 12 der Bauproduktenrichtlinie ebenso wie die Abschnitte 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des Grundlagendokumentes Nr. 1.

Gemäß dem Grundlagendokument Nr. 2 „Brandschutz“ darf die wesentliche Anforderung durch Befolgen verschiedener in den Mitgliedsstaaten geltenden Brandschutzstrategien, wie konventionelle Brandszenarien (nominelle Brände) oder „natürliche“ Brandszenarien (parametrische Brände), einschließlich vorbeugender und abwehrender Brandschutzmaßnahmen erfüllt werden.

Die den Brandschutz betreffenden Teile des Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau behandeln bestimmte Aspekte des vorbeugenden Brandschutzes, indem Regeln für die Bemessung und Konstruktion von Bauwerken und Bauteilen hinsichtlich einer ausreichenden Tragfähigkeit und, falls erforderlich, der Begrenzung der Brandausbreitung festgelegt werden.

Die funktionellen Anforderungen und die Leistungsniveaus können entweder als Feuerwiderstandsdauer z. B. bei der Einheits-Temperaturzeitkurve, die im Allgemeinen in nationalen Brandschutzregularien angegeben wird, festgelegt werden, oder, wenn dies nach den nationalen Brandschutzregularien zulässig ist, als Aufgabe des Brandschutzingenieurs unter Berücksichtigung vorbeugender und abwehrender Brandschutzmaßnahmen erreicht werden.

Zusätzliche Anforderungen, die zum Beispiel

- den möglichen Einbau und die Instandhaltung von Sprinkleranlagen,
- die Bedingungen für die Bewohnbarkeit von Gebäude- oder Brandabschnitten,
- die Verwendung von zugelassenen Dämm- und Beschichtungsstoffen einschließlich ihrer Instandhaltung

betreffen, sind nicht Gegenstand dieses Dokuments, da sie von der zuständigen Behörde festgelegt werden.

Zahlenwerte für Teilfaktoren und andere Elemente zuverlässigkeitsabhängiger Größen werden als empfohlene Werte angegeben, die ein annehmbares Niveau der Zuverlässigkeit ergeben. Sie wurden unter der Annahme ausgewählt, dass eine qualifizierte Ausführung vorliegt zusammen mit einem annehmbaren Qualitätsmanagement.

Bemessungsverfahren

Ein vollständig analytisches Verfahren der konstruktiven Bemessung im Brandfall würde das Tragverhalten bei erhöhten Temperaturen, die mögliche Beanspruchung durch Wärme und die positiven Auswirkungen von vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzmaßnahmen sowie die mit diesen drei Faktoren verbundenen Ungewissheiten und die Bedeutung des Bauwerks (Konsequenzen bei Versagen) berücksichtigen.

Gegenwärtig ist es möglich, ein Verfahren zur Bestimmung einer adäquaten Leistungsfähigkeit durchzuführen, das, wenn auch nicht alle, so doch einige dieser Parameter beinhaltet, und nachzuweisen, dass das Bauwerk oder seine Bauteile bei einem tatsächlichen Brand eine adäquate Leistungsfähigkeit aufweisen werden. Wenn das Verfahren jedoch auf einer nominellen Brandkurve beruht, berücksichtigt das Klassifizierungssystem, das auf spezifischen Feuerwiderstandsdauern beruht, die oben angegebenen Merkmale und Ungewissheiten (wenn auch nicht explizit).

Die Anwendung dieses Teils 1-2 ist im Folgenden dargestellt. Die Ansätze werden durch festgelegte Vorgaben und durch leistungsabhängige Festlegungen bestimmt. Der Ansatz durch festgelegte Vorgaben beruht auf nominellen Bränden, aus denen sich die thermischen Einwirkungen ergeben. Der auf leistungsabhängigen Festlegungen beruhende Ansatz, bei dem der Brandschutzingenieur die Brandschutzbemessung durchführt, bezieht sich auf thermische Einwirkungen, die auf physikalischen und chemischen Parametern beruhen.

Um Bemessungen nach diesem Teil durchzuführen, wird EN 1991-1-2 für die Bestimmung der thermischen und mechanischen Einwirkungen benötigt.

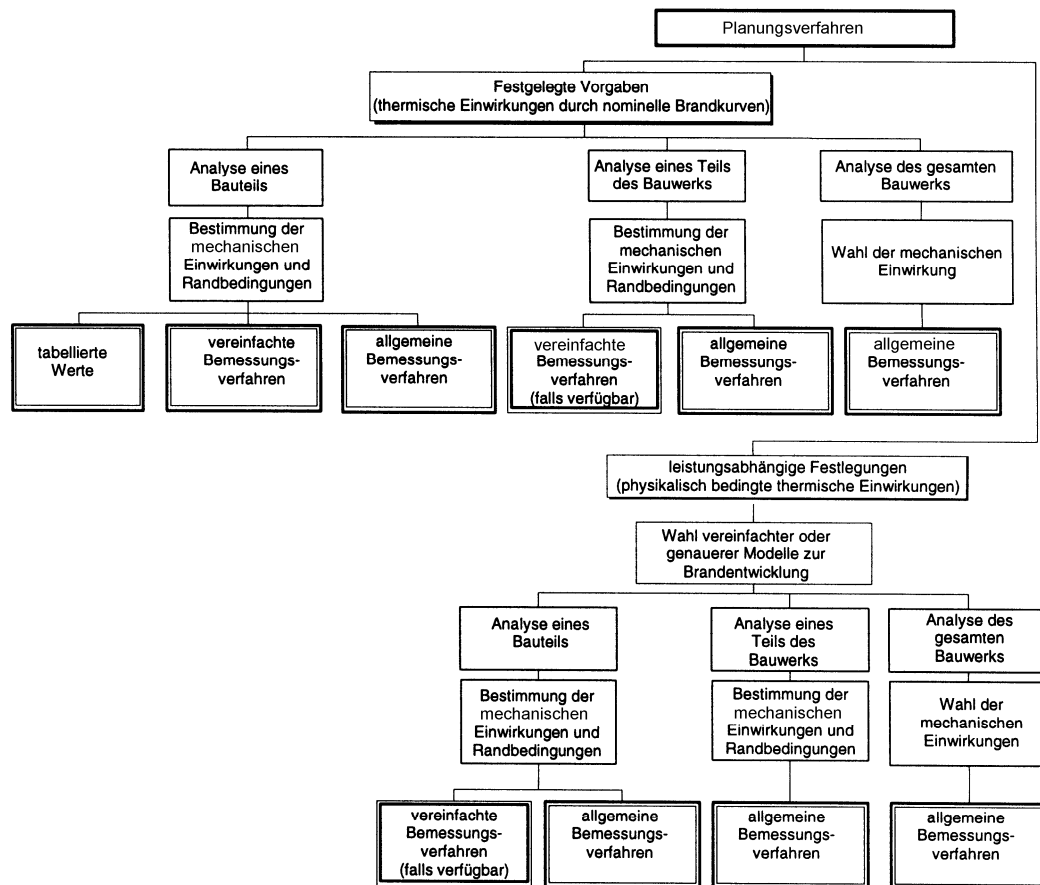


Bild 0.1 — Alternative Bemessungsverfahren

Bemessungshilfe

Neben den vereinfachten Berechnungsverfahren enthält EN 1994-1-2 Bemessungsmöglichkeiten in Form von tabellierten Werten (auf der Grundlage von Versuchen oder allgemeinen Bemessungsverfahren), die in einem bestimmten Geltungsbereich verwendet werden dürfen.

Es wird erwartet, dass auf den Berechnungsmodellen nach EN 1994-1-2 beruhende Planungshilfen von den interessierten externen Organisationen erarbeitet werden.

Der Haupttext der EN 1994-1-2 beinhaltet zusammen mit den informativen Anhängen A bis I die meisten der prinzipiellen Konzepte und Regeln, die für die Brandschutz-Bemessung von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton erforderlich sind.

Nationaler Anhang zu EN 1994-1-2

Diese Norm enthält alternative Verfahren und Werte sowie Empfehlungen für Klassen mit Hinweisen, an welchen Stellen nationale Festlegungen getroffen werden. Dazu sollte die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1994-1-2 einen Nationalen Anhang mit den festzulegenden Parametern enthalten, mit dem die Tragwerksplanung von Hochbauten, die in dem Ausgabeland gebaut werden sollen, möglich ist.

Nationale Festlegungen sind nach EN 1994-1-2 in den folgenden Abschnitten vorgesehen:

1.1 (16)

2.1.3 (2)

 2.3 (1)P Anmerkung 1 

 2.3 (2)P Anmerkung 1 

 2.4.2 (3) Anmerkung 1 

 3.3.2 (9) Anmerkung 1 

4.1 (1)P

 4.3.5.1 (10) Anmerkung 1 

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(1) Dieser Teil 1-2 der EN 1994 behandelt den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton für den Brandfall als außergewöhnliche Situation und ist in Verbindung mit EN 1994-1-1 und EN 1991-1-2 anzuwenden. Dieser Teil 1-2 weist lediglich die Abweichungen oder Ergänzungen zu Entwurf, Berechnung und Bemessung bei normalen Temperaturen auf.

(2) Dieser Teil 1-2 der EN 1994 behandelt ausschließlich passive Maßnahmen des Brandschutzes. Aktive Maßnahmen werden nicht abgedeckt.

(3) Dieser Teil 1-2 der EN 1994 gilt für Verbundtragwerke, die aus Gründen des allgemeinen Brandschutzes bestimmte Funktionen im Brandfall erfüllen müssen, indem

- vorzeitiger Einsturz des Tragwerkes (Tragfähigkeit),
- die Ausbreitung des Brandes (Flammen, Brandgase, übermäßige Hitze) über bestimmte Abschnitte hinaus (Raumabschluss)

vermieden werden.

(4) Dieser Teil 1-2 der EN 1994 enthält verbindliche Regeln (i)P und Anwendungsregeln (j) (siehe EN 1991-1-2) für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken für gegebene Anforderungen unter Berücksichtigung der vorgenannten Funktionen und Sicherheitsniveaus.

(5) Dieser Teil 1-2 der EN 1994 gilt für Tragwerke oder Tragwerksteile, die in den Geltungsbereich von ENV 1994-1-1 fallen und demgemäß entworfen, berechnet und bemessen sind. Dennoch enthält dieser Teil keine Regeln für Verbundbauteile mit vorgespannten Betonelementen.

(6) Bei allen Verbundquerschnitten ist in der Regel die Verdübelung des Längsschubes zwischen Stahl und Beton nach den Regeln von EN 1994-1-1 oder durch Versuche (siehe auch 4.3.4.1.5 und Anhang I) sicherzustellen.

(7) Typische Beispiele von Verbunddecken mit Profilblechen mit oder ohne Bewehrungsstäbe zeigt Bild 1.1.

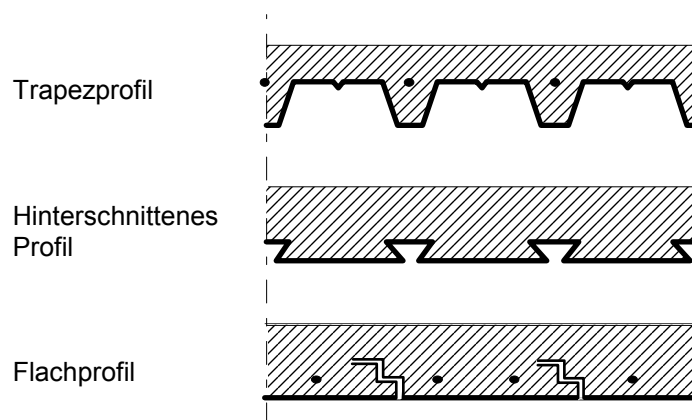
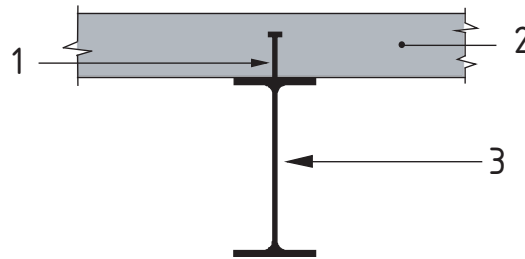


Bild 1.1 — Typische Beispiele von Verbunddecken mit Profilblechen mit oder ohne Bewehrungsstäbe

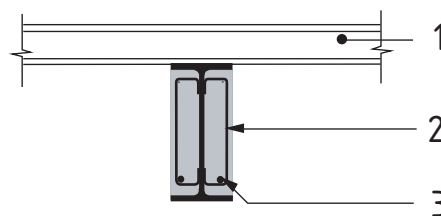
(8) Typische Beispiele von Verbundträgern zeigen die Bilder 1.2 bis 1.5. Die entsprechenden konstruktiven Details werden in Abschnitt 5 behandelt.



Legende

- 1 – Verbundmittel
- 2 – Betondecke oder Verbunddecke mit Profilblech
- 3 – Profil mit/ohne Brandschutzbekleidung

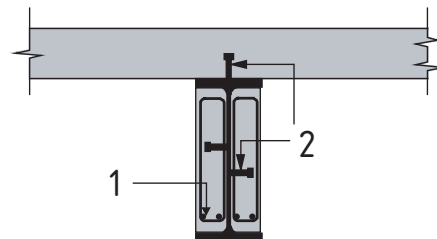
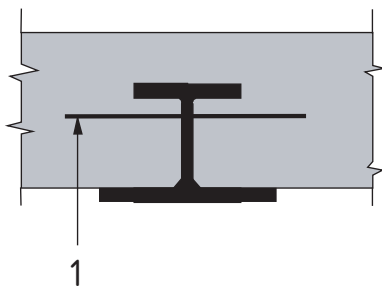
Bild 1.2 — Verbundträger mit Stahlträgern ohne Kammerbeton



Legende

- 1 – gegebenenfalls Decke
- 2 – an den Profilsteg geschweißte Bügel
- 3 – Bewehrungsstab

Bild 1.3 — Stahlträger mit Kammerbeton



Legende

- 1 – Bewehrungsstab

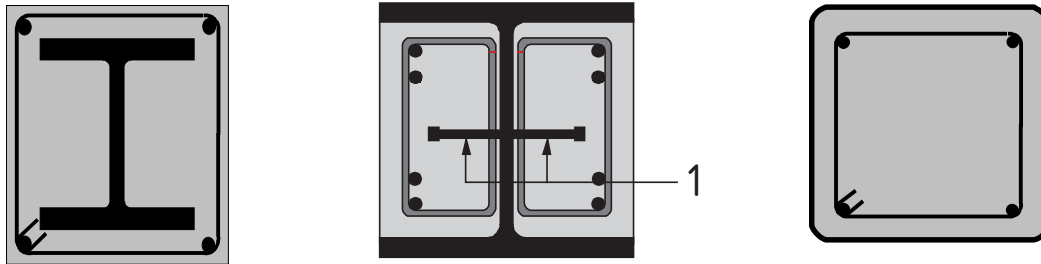
Legende

- 1 – Bewehrungsstab
- 2 – Verbundmittel

Bild 1.4 — Teilweise einbetonierter Stahlträger

Bild 1.5 — Verbundträger mit Kammerbeton

(9) Typische Beispiele für Verbundstützen zeigen die Bilder 1.6 bis 1.8. Die entsprechenden konstruktiven Details werden in Abschnitt 5 behandelt.



Legende

1 – An den Profilsteg geschweißte
Verbundmittel

**Bild 1.6 — Vollständig
einbetonierte Profile**

**Bild 1.7 — Profile mit
Kammerbeton**

**Bild 1.8 — Betongefüllte
Profile**

(10) Für Stützen dürfen auch andere Formen wie runde oder achteckige Querschnitte angewendet werden. Falls angemessen, dürfen Bewehrungsstäbe durch andere Stahlquerschnitte ersetzt werden.

(11) Der Feuerwiderstand dieser Bauteile darf durch zusätzliche Brandschutzmaterialien erhöht werden.

ANMERKUNG Falls es nicht ausdrücklich abweichend angegeben ist, beziehen sich die in 4.2, 4.3 und 5 beschriebenen verbindlichen Regeln und Anwendungsregeln auf direkt beflamnte, ungeschützte Stahloberflächen.

(12)P Die Methoden, die in diesem Teil 1-2 der EN 1994 angegeben werden, sind auf die Baustähle S235, S275, S355, S420 und S460 der EN 10025, EN 10210-1 und EN 10219-1 anwendbar.

(13) Für Stahlprofilbleche gilt EN 1994-1-1, 3.5.

(14) Betonstahl muss mit EN 10080 übereinstimmen.

(15) Normalbeton nach EN 1994-1-1 ist für die brandschutztechnische Bemessung von Verbundkonstruktionen anwendbar. Leichtbeton ist für Verbunddecken nicht zugelassen.

(16) Mit diesem Teil der EN 1994 wird die Bemessung von Verbundtragwerken mit Betonfestigkeitsklassen unter C20/25 und LC20/22 und über C50/60 und LC50/55 nicht abgedeckt.

ANMERKUNG EN 1992-1-2, Abschnitt 6 beinhaltet Informationen zu Betonfestigkeitsklassen über C50/60. Der Nationale Anhang enthält ggf. genauere Angaben über die Anwendung dieser Betonfestigkeitsklassen.

(17) Für Baustoffe, die in dieser Norm nicht enthalten sind, ist in der Regel auf entsprechende CEN-Produktnormen oder europäisch technische Zulassungen (ETA) zu verweisen.

1.2 Normative Verweisungen

(1)P Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. 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 Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 1365-1, *Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile — Teil 1: Wände*

EN 1365-2, *Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile — Teil 2: Decken und Dächer*

EN 1365-3, *Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile — Teil 3: Balken*

EN 1365-4, *Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile — Teil 4: Stützen*

EN 10025-1, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen*

EN 10025-2, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

EN 10025-3, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

EN 10025-4, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

EN 10025-5, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle*

EN 10025-6, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 6: Technische Lieferbedingungen für Flacherzeugnisse aus Stählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten Zustand*

EN 10080, *Stahl für die Bewehrung von Beton — Schweißgeeigneter Betonstahl — Allgemeines*

EN 10210-1, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

EN 10219-1, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

CEN/TS 13381-1, *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen — Teil 1: Horizontal angeordnete Brandschutzbekleidung*

ENV 13381-2, *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen — Teil 2: Vertikal angeordnete Brandschutzbekleidungen*

ENV 13381-3, *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen — Teil 3: Brandschutzmaßnahmen für Betonbauteile*

ENV 13381-4, *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen — Teil 4: Brandschutzmaßnahmen für Stahlbauteile*

ENV 13381-5, *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen — Teil 5: Brandschutzmaßnahmen für profilierte Stahlblech/Beton Verbundkonstruktionen*

ENV 13381-6, *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen — Teil 6: Brandschutzmaßnahmen für betonverfüllte Stahlverbund-Hohlstützen*

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke; Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

EN 1991-1-2, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen — Brandeinwirkungen auf Tragwerke*

EN 1991-1-3, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen — Schneelasten*

EN 1991-1-4, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen — Windlasten*

EN 1992-1-1, *Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau*

EN 1992-1-2, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-1-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

EN 1993-1-5, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Plattenbeulen*

EN 1994-1-1, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton — Teil 1-1: Allgemeines, Allgemeine Regeln für Hochbauten*

1.3 Annahmen

(1)P Es gelten die Regelungen nach EN 1990 und EN 1991-1-2.

1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln

(1) Es gelten die Regelungen nach EN 1990, 1.4.

1.5 Begriffe

(1)P Es gelten die Regelungen nach EN 1990, 1.5 und EN 1991-1-2, 1.5.

(2)P Die folgenden Begriffe und Definitionen werden in dieser Europäischen Norm mit folgender Bedeutung verwendet:

1.5.1 Besondere Begriffe bezüglich Bemessung im Allgemeinen

1.5.1.1

Achsabstand (axis distance)

Abstand der Bewehrung zur nächsten Betonoberfläche

1.5.1.2

Teiltragwerk (part of structure)

Teil eines Gesamttragwerks mit entsprechenden Lagerungs- und Randbedingungen

1.5.1.3

geschützte Bauteile (protected members)

Bauteile mit Maßnahmen zur Verzögerung des Temperaturanstiegs infolge Brandeinwirkung

1.5.1.4

ausgesteiftes Tragwerk (braced frame)

seitlich unverschiebliches Tragwerk mit einem Aussteifungssystem mit einer derartigen Steifigkeit, dass alle horizontalen Lasten durch dieses Aussteifungssystem aufgenommen werden

1.5.2 Begriffe bezüglich Material- und Produkteigenschaften

1.5.2.1

Versagenszeit einer Brandschutzbekleidung (failure time of protection)

Widerstandsdauer einer Brandschutzbekleidung gegen direkte Brandeinwirkung. Dies ist die Zeit, bei der sich entweder Brandschutzplatten oder andere Brandschutzbekleidungen von dem Verbundbauteil lösen oder andere an das Verbundbauteil anschließende Bauteile versagen oder die Verbindung zu den anderen Bauteilen infolge übergroßer Verformungen des Verbundbauteils verloren geht.

1.5.2.2

Brandschutzmaterial (fire protection material)

Baustoffe oder Baustoffkombinationen, die an einem tragenden Bauteil zur Verbesserung seiner Feuerwiderstandsfähigkeit angebracht werden

1.5.3 Begriffe bezüglich der thermischen Analyse

1.5.3.1

Profilfaktor (section factor)

für unbekleidete Stahlbauteile das Verhältnis der brandbeanspruchten Oberfläche zum Stahlvolumen und für bekleidete Stahlbauteile das Verhältnis der inneren Oberfläche der brandbeanspruchten Bekleidung zum Stahlvolumen

1.5.4 Begriffe bezüglich der mechanischen Analyse

1.5.4.1

kritische Temperatur von Baustahl (critical temperature of structural steel)

Stahltemperatur, bei der Versagen in einem Stahlbauteil mit gleichförmiger Temperaturverteilung bei einem bestimmten Beanspruchungsniveau erwartet wird

1.5.4.2

kritische Temperatur der Bewehrung (critical temperature of reinforcement)

Temperatur in der Bewehrung, bei der ein Versagen des Bauteils bei einem bestimmten Beanspruchungsniveau erwartet wird

1.5.4.3

wirksamer Querschnitt (effective cross section)

Querschnitt des brandschutztechnisch zu bemessenen Bauteils, der bei der Methode der wirksamen Querschnitte verwendet wird. Der wirksame Querschnitt ergibt sich aus der Vernachlässigung der Festigkeit und Steifigkeit ausgefallener Querschnittsteile.

1.5.4.4

maximales Spannungsniveau (maximum stress level)

Spannungsniveau, bei dem die Spannungs-Dehnungsbeziehung von Stahl bei einer bestimmten Temperatur durch ein Fließplateau beschränkt wird

1.6 Formelzeichen

(1)P Für die Anwendung dieser Norm EN 1994-1-2 gelten die folgenden Formelzeichen.

Große lateinische Buchstaben

A	Querschnittsfläche oder Betonvolumen eines Bauteils je Meter Bauteillänge
$A_{a,\theta}$	Querschnittsfläche des Stahlprofils bei einer Temperatur θ
$A_{c,\theta}$	Betonquerschnittsfläche bei einer Temperatur θ
A_f	Querschnittsfläche eines Stahlflansches
A_i, A_j	Teilfläche des Querschnitts mit einer Temperatur θ_i oder θ_j oder brandbeanspruchte Oberfläche eines Teiles i des Stahlquerschnitts je Längeneinheit
A/L_r	Rippengeometriefaktor
A_i/V_i	Profilfaktor [m^{-1}] von einem Teil i eines Stahlquerschnitts (ungeschütztes Bauteil)
A_m	direkt beflamnte Oberfläche eines Bauteils je Längeneinheit
A_m/V	Profilfaktor von Bauteilen
$A_{p,i}$	innere Oberfläche von Brandschutzbekleidung je Längeneinheit eines Teiles i eines Stahlbauteiles
$A_{p,i}/V_i$	Profilfaktor [m^{-1}] des Teiles i eines Stahlquerschnitts (mit profilfolgender Bekleidung)
A_r	Querschnittsfläche von Steifen
A_r/V_r	Profilfaktor von Steifen
$A_{s,\theta}$	Querschnittsfläche von Betonstahl bei einer Temperatur θ
E	Raumabschlusskriterium
$E\ 30$	oder $E\ 60$, ... ein Bauteil, das das Raumabschlusskriterium für 30, oder 60 ... Minuten unter Norm-Brandbeanspruchung erfüllt
E_a	charakteristischer Wert des Elastizitätsmoduls von Baustahl bei 20 °C
$E_{a,f}$	charakteristischer Wert des Elastizitätsmoduls von einem Stahlflansch
$E_{a,\theta}$	charakteristischer Wert der Steigung im linear-elastischen Bereich der Spannungs-Dehnungsbeziehungen von Baustahl im Brandfall; abhängig von der Temperatur θ
$E_{a,\theta,\sigma}$	Tangentenmodul der Spannungs-Dehnungsbeziehung des Stahlprofils im Brandfall bei einer Temperatur θ und einer Spannung $\sigma_{i,\theta}$
$E_{c,\text{sec},\theta}$	charakteristischer Wert des Sekantenmoduls von Beton im Brandfall; gegeben durch $f_{c,\theta}$ dividiert durch $\varepsilon_{cu,\theta}$; abhängig von der Temperatur θ
$E_{c0,\theta}$	charakteristischer Wert des Tangentenmoduls im Ursprung der Spannungs-Dehnungsbeziehungen von Beton im Brandfall und bei Kurzzeitbeanspruchung; abhängig von der Temperatur θ

$E_{c,\theta,\sigma}$	Tangentenmodul der Spannungs-Dehnungsbeziehung von Beton im Brandfall bei einer Temperatur θ und einer Spannung $\sigma_{i,\theta}$
E_d	Bemessungswert der Beanspruchung bei Normaltemperatur
$E_{fi,d}$	Bemessungswert der Beanspruchung im Brandfall (unabhängig von der Branddauer)
$E_{fi,d,t}$	Bemessungswert der maßgebenden Beanspruchung im Brandfall zum Zeitpunkt t ; einschließlich indirekter Brandeinwirkungen und Beanspruchungen im Brandfall
$(EI)_{fi,c,z}$	Biegesteifigkeit im Brandfall (bezogen auf die z-Achse des Verbundquerschnitts)
$(EI)_{fi,eff}$	effektive Biegesteifigkeit im Brandfall
$(EI)_{fi,f,z}$	Biegesteifigkeit der beiden Flansche des Stahlquerschnitts im Brandfall (bezogen auf die z-Achse des Verbundquerschnitts)
$(EI)_{fi,s,z}$	Biegesteifigkeit der Bewehrungsstäbe im Brandfall (bezogen auf die z-Achse des Verbundquerschnitts)
$(EI)_{fi,eff,z}$	effektive Biegesteifigkeit (für Biegung um die z-Achse) im Brandfall
$(EI)_{fi,w,z}$	Biegesteifigkeit des Steges eines Stahlprofils im Brandfall (bezogen auf die z-Achse des Verbundquerschnitts)
E_k	charakteristischer Wert des Elastizitätsmoduls
E_s	Elastizitätsmodul für Betonstahl
$E_{s,\theta}$	charakteristischer Wert der Steigung im linear-elastischen Bereich der Spannungs-Dehnungsbeziehungen von Betonstahl im Brandfall; abhängig von der Temperatur θ
$E_{s,\theta,\sigma}$	Tangentenmodul der Spannungs-Dehnungsbeziehung von Betonstahl im Brandfall bei einer Temperatur θ und einer Spannung $\sigma_{i,\theta}$
F_a	Druckkraft im Stahlprofil
F^+, F^-	resultierende Druckkraft im Verbundquerschnitt bei positiven oder negativen Biegemomenten
F_c	Druckkraft in der Decke
G_k	charakteristischer Wert der ständigen Einwirkungen
HC	Hydrokarbon-Brandkurve
I	thermisches Isolierkriterium
$I_{i,\theta}$	Flächenträgheitsmoment einer teilweise reduzierten Teilfläche i eines Querschnitts bei Biegung um die schwache oder starke Achse im Brandfall
$I\ 30$	oder $I\ 60$, ... ein Bauteil, das das thermische Isolierkriterium für 30 oder 60 ... Minuten unter Norm-Brandbeanspruchung erfüllt
L	Systemlänge einer Stütze im betrachteten Stockwerk
L_{ei}	Knicklänge einer Stütze in einem mittleren Stockwerk

L_{et}	Knicklänge einer Stütze in einem obersten Stockwerk
M	Biegemoment
$M_{fi,Rd+}; M_{fi,Rd-}$	Bemessungswert der positiven oder negativen Momententragfähigkeit (Grenzmoment) im Brandfall
$M_{fi,t,Rd}$	Bemessungswert der Biegemomententragfähigkeit im Brandfall zum Zeitpunkt t
N	Anzahl der Verbundmittel innerhalb einer kritischen Länge
N	Normalkraft
N_{equ}	äquivalente Normalkraft
$N_{fi,cr}$	ideale Verzweigungslast einer Verbundstütze (= Euler-Knicklast) im Brandfall
$N_{fi,cr,z}$	ideale Verzweigungslast einer Verbundstütze (= Euler-Knicklast) um die z-Achse im Brandfall
$N_{fi,pl,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Normalkrafttragfähigkeit des gesamten Verbundquerschnitts im Brandfall
$N_{fi,Rd}$	Bemessungswert der Grenznormalkraft (unter zentrischem Druck) im Brandfall
$N_{fi,Rd,z}$	Bemessungswert der Grenznormalkraft (unter zentrischem Druck) bei Biegung um die schwache Achse (z-Achse) im Brandfall
$N_{fi,Sd}$	Bemessungswert der zentrischen Last im Brandfall
N_{Rd}	Knicklast bei normaler Temperatur
N_s	Normalkraft in der Stützbewehrung ($A_s \cdot f_{sy}$)
P_{Rd}	Bemessungswert der Abschertragfähigkeit eines Kopfbolzendübels
$P_{fi,Rd}$	Bemessungswert der Abschertragfähigkeit eines Dübels im Brandfall
$Q_{k,1}$	charakteristischer Wert der führenden veränderlichen Einwirkung 1
R	Tragfähigkeitskriterium
$R\ 30$	oder $R\ 60$, $R\ 90$, $R\ 120$, $R\ 180$, $R\ 240$... ein Bauteil, das das Tragfähigkeitskriterium 30, 60, 90, 120, 180 oder 240 ... Minuten bei Norm-Brandbeanspruchung erfüllt
R_d	Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Bauteils unter normalen Temperaturen
$R_{fi,d,t}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Bauteils im Brandfall zum Zeitpunkt t
$R_{fi,y,Rd}$	Bemessungswert der Quetschlast im Brandfall
T	Zugkraft
V	Volumen von Bauteilen je Längeneinheit
$V_{fi,pl,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Querkrafttragfähigkeit im Brandfall
$V_{fi,Sd}$	Bemessungswert der Querkraft im Brandfall

V_i	Volumen eines Teiles i eines Stahlquerschnitts je Längeneinheit [m^3/m]
X	X-Achse (horizontal)
$X_{fi,d}$	Bemessungswert der mechanischen Materialeigenschaften (für Festigkeit und Verformung)
X_k	charakteristischer Wert oder Nennwert einer Kraft- oder Verformungseigenschaft für die Bemessung bei Normaltemperatur
$X_{k,\theta}$	Wert einer Materialeigenschaft im Brandfall, im Allgemeinen abhängig von der Materialtemperatur
Y	Y-Achse (vertikal), Querschnittsachse parallel zu den Flanschen
Z	Z-Achse (Mittelachse) des Verbundquerschnitts

Kleine lateinische Buchstaben

a_w	Dicke einer Schweißnaht (Verbindung zwischen Stahlflansch und Bügelbewehrung)
b	Flanschbreite eines Stahlquerschnitts, Breite eines Gurtcs
b_1	Breite des unteren Flansches des Stahlquerschnitts
b_2	Breite des oberen Flansches des Stahlquerschnitts
b_c	Breite einer Verbundstütze mit einem vollständig einbetonierten Querschnitt oder Breite des Kammerbetons eines teilweise einbetonierten Stahlträgers
$b_{c,fi}$	Breitenreduzierung des Kammerbetons zwischen den Flanschen im Brandfall
$b_{c,fi,min}$	Mindestwert der Breitenreduzierung des Kammerbetons zwischen den Flanschen im Brandfall
b_{eff}	gesamte mittragende Breite der Betondecke
b_{fi}	Breitenreduzierung des oberen Flansches im Brandfall
c	spezifische Wärmekapazität oder Knickspannungskurve oder Betondeckung einbetonierter Baustahlquerschnitte oder -querschnittsteile
c_a	spezifische Wärmekapazität von Stahl
c_c	spezifische Wärmekapazität von Normalbeton
c_p	spezifische Wärmekapazität des Brandschutzmaterials
d	Durchmesser einer Verbundstütze aus einem betongefüllten Hohlquerschnitt oder Durchmesser eines Kopfbolzendübels, angeschweißt an den Steg eines Stahlprofils
d_p	Dicke der Brandschutzbekleidung
e	Blechdicke des Stahl-(Hohl-)Profils
e_1	Flanschdicke (oben) des Stahlprofils
e_2	Flanschdicke (unten) des Stahlprofils
e_f	Flanschdicke des Stahlprofils

e_w	Stegdicke des Stahlprofils
ef	Außenbrandkurve (EF)
$f_{ay,\theta}$	maximales Spannungsniveau oder effektive Streckgrenze von Baustahl im Brandfall; abhängig von der Temperatur θ
$f_{ay,\theta_{cr}}$	Festigkeit von Stahl bei einer kritischen Temperatur θ_{cr}
$f_{ap,\theta}, f_{sp,\theta}$	Proportionalitätsgrenze von Bau- oder Betonstahl im Brandfall; abhängig von der Temperatur θ
$f_{au,\theta}$	Zugfestigkeit von Baustahl oder Bolzenmaterials mit Verfestigung im Brandfall; abhängig von der Temperatur θ
f_{ay}	charakteristischer Wert oder Nennwert der Streckgrenze von Baustahl bei 20 °C
f_c	charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit von Beton nach 28 Tagen und bei 20 °C
$f_{c,j}$	charakteristische Festigkeit von einem Betonteil j bei 20 °C
$f_{c,\theta}$	charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit (Zylinder) im Brandfall; abhängig von der Temperatur θ in °C
$f_{c,\theta n}$	Restdruckfähigkeit von Beton; erwärmt auf eine maximale Temperatur (mit n Schichten)
$f_{c,\theta y}$	Restdruckfähigkeit von Beton; erwärmt auf eine maximale Temperatur
$f_{fi,d}$	Bemessungswert der Festigkeit im Brandfall
f_k	charakteristischer Wert der Materialfestigkeit
f_{ry}, f_{sy}	charakteristischer Wert oder Nennwert der Streckgrenze eines Bewehrungsstabes bei 20 °C
$f_{sy,\theta}$	maximales Spannungsniveau oder effektive Streckgrenze von Bewehrungsstahl im Brandfall; abhängig von der Temperatur θ
$f_{y,i}$	Nennwert der Streckgrenze f_y für die Teilfläche A_i ; wird auf der Druckseite der plastischen Nulllinie positiv und auf der Zugseite negativ angerechnet
h	Breite oder Höhe eines Stahlquerschnitts
h_1	Höhe der Betonschicht einer Verbunddecke oberhalb des Trapez- oder hinterschnittenen Profils
h_2	Höhe der Betonschicht einer Verbunddecke in den Sicken des Trapez- oder hinterschnittenen Profils (entspricht der Höhe des Stahlblechprofils)
h_3	Dicke des Estrichs oberhalb des Betons
h_c	Querschnittshöhe der Verbundstütze mit einem vollständig einbetonierten Querschnitt oder Dicke der Betondecke
h_{eff}	effektive Dicke einer Verbunddecke
h_{fi}	Höhenreduzierung des Kammerbetons zwischen den Flanschen
$\dot{h}_{net}$	Netto-Wärmestrom in 1 m ² Oberfläche

$\dot{h}_{\text{net,c}}$	Netto-Wärmestrom durch Konvektion in 1 m ² Oberfläche
$\dot{h}_{\text{net,r}}$	Netto-Wärmestrom durch Strahlung in 1 m ² Oberfläche
h_u	Höhe der Druckzone
$h_{u,n}$	Höhe der Druckzone (mit n Schichten)
h_v	Höhe des Kopfbolzens, der an den Steg des Stahlprofils geschweißt ist
h_w	Höhe des Stahlstegs des Stahlprofils
$k_{c,\theta}$	Reduktionsfaktor für die Druckfestigkeit von Beton; beschreibt die Festigkeit im Brandfall $f_{c,\theta}$, in Abhängigkeit von der Temperatur
$k_{E,\theta}$	Reduktionsfaktor für den Elastizitätsmodul von Baustahl; beschreibt die Steigung im linear-elastischen Bereich im Brandfall $E_{a,\theta}$, in Abhängigkeit von der Temperatur
$k_{y,\theta}$	Reduktionsfaktor für die Streckgrenze von Baustahl zur Bestimmung des maximalen Spannungsniveaus $f_{ay,\theta}$ bei erhöhter Temperatur
$k_{p,\theta}$	Reduktionsfaktor für die Streckgrenze von Bau- oder Bewehrungsstahl zur Bestimmung der Proportionalitätsgrenze $f_{ap,\theta}$ oder $f_{sp,\theta}$ bei erhöhter Temperatur
k_r, k_s	Reduktionsfaktor der Streckgrenze von Bewehrungsstahl
k_{shadow}	Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt
$k_{u,\theta}$	Reduktionsfaktor für die Streckgrenze von Bau- oder Bewehrungsstahl zur Bestimmung des Spannungsniveaus im Verfestigungsbereich $f_{au,\theta}$, bei erhöhter Temperatur
k_θ	Reduktionsfaktor einer Festigkeits- oder Verformungseigenschaft; abhängig von der Temperatur θ im Brandfall
ℓ	Länge oder Knicklänge
ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3	spezielle Abmessungen eines hinterschnittenen oder eines Trapez-Profils
ℓ_w	Schweißnahtlänge (Anschluss von Bügeln im Kammerbeton an den Stahlsteg)
ℓ_θ	Knicklänge einer Stütze im Brandfall
s_s	Länge der Einspannung (Berechnung der Materialtragfähigkeit von Steifen)
t	Zeit, Branddauer
$t_{fi,d}$	Bemessungswert der Feuerwiderstandsdauer eines Bauteiles im Brandfall
$t_{fi,requ}$	erforderliche Feuerwiderstandsdauer im Brandfall
t_i	Feuerwiderstandsdauer bezüglich der Wärmedämmung
u	geometrischer Mittelwert der Achsabstände u_1 und u_2 (Verbundquerschnitt mit teilweise einbetonierten Stahlprofilen)

$u_1; u_2$	kleinster Abstand vom Mittelpunkt eines Bewehrungsstabes zur Innenseite des Stahlflansches oder zur Betonoberfläche
$z_i; z_j$	Abstand der plastischen Nulllinie zum Schwerpunkt einer Teilfläche A_i oder A_j

Große griechische Buchstaben

Δl	temperaturbedingte Verlängerung eines Bauteils
$\Delta l/l$	thermische Dehnung
Δt	Zeitintervall
$\Delta \theta_{a,t}$	Temperaturzuwachs eines Stahlträgers innerhalb eines Zeitintervalls Δt
$\Delta \theta$	Zuwachs der Gastemperatur [°C] innerhalb eines Zeitintervalls Δt
Φ	Konfigurations- oder Sichtfaktor

Kleine griechische Buchstaben

α	Neigungswinkel des Stegs
α_c	konvektiver Wärmeübergangskoeffizient
α_{slab}	Koeffizient zur Berücksichtigung der Annahme eines rechteckigen Spannungsblocs bei der Bemessung von Decken
γ_G	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen G_k
$\gamma_{M,fi}$	Teilsicherheitsbeiwert für eine Werkstoffeigenschaft im Brandfall
$\gamma_{M,fi,a}$	Teilsicherheitsbeiwerte für die Festigkeit von Baustahl im Brandfall
$\gamma_{M,fi,c}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Festigkeit von Beton im Brandfall
$\gamma_{M,fi,s}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Festigkeit von Bewehrungsstahl im Brandfall
$\gamma_{M,fi,v}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Abscherfestigkeit von Kopfbolzendübeln im Brandfall
γ_Q	Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen Q_k
γ_v	Teilsicherheitsbeiwert für die Abscherfestigkeit von Kopfbolzendübeln für die Bemessung bei Normaltemperatur
δ	Exzentrizität
ε	Dehnung
ε_a	axiale Dehnung des Stahlprofils einer Stütze
$\varepsilon_{a,0}$	Dehnung im Brandfall
$\varepsilon_{ae,0}$	Grenzdehnung im Brandfall

$\varepsilon_{ay,\theta}$	Fließdehnung im Brandfall
$\varepsilon_{ap,\theta}$	Dehnung an der Proportionalitätsgrenze
$\varepsilon_{au,\theta}$	Grenzdehnung für den Bereich des Fließplateaus
ε_c	axiale Dehnung des Betons einer Stütze
$\varepsilon_{c,\theta}$	Betonstauchung im Brandfall
$\varepsilon_{ce,\theta}$	maximale Betonstauchung im Brandfall
$\varepsilon_{ce,\theta_{max}}$	maximale Betonstauchung im Brandfall bei maximaler Temperatur
$\varepsilon_{cu,\theta}$	die zu $f_{c,\theta}$ gehörige Betonstauchung
$\varepsilon_{cu,\theta_{max}}$	Betonstauchung bei maximaler Temperatur
ε_f	Emissivität der Flamme
ε_m	Emissivität der Oberfläche eines Bauteils
ε_s	axiale Dehnung des Bewehrungsstahls einer Stütze
ϕ_b	Stabdurchmesser von Betonstahl
ϕ_s	Stabdurchmesser von Bügelbewehrung
ϕ_r	Stabdurchmesser der Längsbewehrung in den Ecken von Bügelbewehrung
η	Lastausnutzungsgrad nach ENV 1994-1-1
η_{fi}	Reduktionsfaktor für E_d zur Ermittlung von $E_{fi,d}$
$\eta_{fi,t}$	Lastausnutzungsgrad für die Bemessung für den Brandfall
θ	Temperatur
θ_a	Temperatur von Baustahl
$\theta_{a,t}$	Stahltemperatur zum Zeitpunkt t unter der Annahme, dass im ganzen Stahlquerschnitt die gleiche Temperatur vorhanden ist
θ_c	Temperatur von Beton
θ_{cr}	kritische Temperatur von Bauteilen
θ_i	Temperatur einer Teilfläche A_i
θ_{lim}	Grenztemperatur
θ_{max}	maximale Temperatur
θ_r	Temperatur von Steifen
θ_R	die Temperatur von Zulagebewehrung in den Rippen
θ_s	Temperatur von Bewehrungsstahl
θ_t	Brandraumtemperatur zum Zeitpunkt t

θ_v	Temperatur von Kopfbolzendübeln
θ_w	Temperatur im Steg
λ_a	Wärmeleitfähigkeit des Stahls
λ_c	Wärmeleitfähigkeit des Betons
λ_p	Wärmeleitfähigkeit der Brandschutzbekleidung
$\bar{\lambda}$	bezogene Schlankheit
$\bar{\lambda}_\theta$	bezogene Schlankheitsgrad von Steifen im Brandfall
ξ	Reduktionsfaktor für ungünstige, ständige Einwirkungen G_k
ρ_a	Rohdichte des Stahls
ρ_c	Rohdichte des Betons
$\rho_{c,NC}$	Rohdichte des Normalbetons
$\rho_{c,LC}$	Rohdichte des Leichtbetons
ρ_p	Rohdichte der Brandschutzbekleidung
σ	Spannung
$\sigma_{a,\theta}$	Spannung in dem Stahlprofil im Brandfall
$\sigma_{c,\theta}$	Druckspannung im Beton im Brandfall
$\sigma_{s,\theta}$	Spannung im Betonstahl im Brandfall
$\varphi_{a,\theta}$	Reduktionskoeffizient für das Stahlprofil aufgrund der Auswirkungen von thermischen Spannungen im Brandfall
$\varphi_{c,\theta}$	Reduktionskoeffizient für Beton aufgrund der Auswirkungen von thermischen Spannungen im Brandfall
$\varphi_{s,\theta}$	Reduktionskoeffizient für Betonstahl aufgrund der Auswirkungen von thermischen Spannungen im Brandfall
χ	Reduktions- oder Korrekturkoeffizient und -faktor
χ_z	Reduktions- oder Korrekturkoeffizient und -faktor (für Biegung um die z-Achse)
$\psi_{0,1}$	Kombinationsfaktor für den charakteristischen oder seltenen Wert einer veränderlichen Einwirkung
$\psi_{1,1}$	Kombinationsfaktor für den häufigen Anteil einer veränderlichen Einwirkung
$\psi_{2,1}$	Kombinationsfaktor für den quasi-ständigen Anteil einer veränderlichen Einwirkung
ψ_{fi}	Kombinationsfaktor für eine veränderliche Einwirkung im Brandfall, gegeben entweder durch $\psi_{1,1}$ oder $\psi_{2,1}$

2 Grundlagen der Bemessung

2.1 Anforderungen

2.1.1 Grundlegende Anforderungen

(1)P Falls Tragfähigkeit im Brandfall gefordert wird, müssen Verbundkonstruktionen aus Stahl und Beton so bemessen und ausgeführt werden, dass ihre Tragfähigkeitsfunktion während der maßgebenden Brandbeanspruchung aufrechterhalten bleibt.

(2)P Wird eine Unterteilung in Brandabschnitte gefordert, müssen die Bauteile, die den Brandabschnitt begrenzen, einschließlich Verbindungen, so bemessen und ausgeführt werden, dass ihre raumabschließende Wirkung während der maßgebenden Brandbeanspruchung aufrechterhalten bleibt. Dies muss erforderlichenfalls sicherstellen, dass

- kein Verlust des Raumabschlusses auftritt;
- kein Versagen der Wärmedämmung auftritt.

ANMERKUNG 1 Für die Definition siehe EN 1991-1-2, 1.5.1.8 und 1.5.1.9.

ANMERKUNG 2 Bei Verbunddecken ist das Strahlungskriterium nicht maßgebend.

(3)P Verformungskriterien sind anzuwenden, wenn Verformungen des Tragwerks im Hinblick auf Brandschutzbekleidungen oder Bemessungskriterien für raumabschließende Bauteile zu berücksichtigen sind.

(4) Die Verformung des Tragwerks braucht nicht berücksichtigt zu werden, wenn:

- die Wirksamkeit der Brandschutzbekleidung nach 3.3.4 sichergestellt ist und
- die raumabschließenden Bauteile die Anforderungen an eine nominelle Brandbeanspruchung erfüllen.

2.1.2 Nominelle Brandbeanspruchung

(1)P Bauteile müssen unter Brandbeanspruchung durch die Einheits-Temperaturzeitkurve die Kriterien R, E und I wie folgt erfüllen:

- nur raumabschließende Funktion: Raumabschluss (Kriterium E) und erforderlichenfalls Wärmedämmung (Kriterium I);
- nur tragende Funktion: Tragfähigkeit (Kriterium R);
- raumabschließende und tragende Funktion: die Kriterien R, E und erforderlichenfalls I.

(2) Das Kriterium „R“ darf dann als erfüllt betrachtet werden, wenn ausreichende Tragfähigkeit während der erforderlichen Branddauer erhalten bleibt.

(3) Das Kriterium „I“ darf dann als erfüllt betrachtet werden, wenn die mittlere Temperaturerhöhung auf der gesamten brandabgewandten Seite 140 K nicht überschreitet und die maximale Temperaturerhöhung an keiner Stelle 180 K überschreitet.

(4) Für die Außenbrandkurve sind in der Regel dieselben Kriterien zu verwenden, jedoch ist in der Regel der Verweis auf diese besondere Kurve durch die Buchstaben „EF“ zu kennzeichnen.

ANMERKUNG Siehe EN 1991-1-2, 1.5.3.5 und 3.2.2.

(5) Für die Hydrokarbonkurve sind in der Regel dieselben Kriterien zu verwenden, jedoch ist in der Regel der Verweis auf diese besondere Kurve durch die Buchstaben „HC“ zu kennzeichnen.

ANMERKUNG Siehe EN 1991-1-2, 1.5.3.11 und 3.2.3.

2.1.3 Parametrische Brandbeanspruchung

(1) Die Traglastfunktion ist sichergestellt, wenn ein Versagen über die gesamte Dauer der Brandbeanspruchung, einschließlich Abkühlphase, oder eine erforderliche Branddauer verhindert wird.

(2) Die raumabschließende Funktion hinsichtlich der Wärmedämmung ist dann erfüllt, wenn

- zum Zeitpunkt der maximalen Brandraumtemperatur die mittlere Temperaturerhöhung auf der gesamten brandabgewandten Seite 140 K nicht überschreitet und die maximale Temperaturerhöhung an keiner Stelle 180 K überschreitet,
- während der Abkühlphase des Brandes die mittlere Temperaturerhöhung auf der gesamten brandabgewandten Seite $\Delta\theta_1$ nicht überschreitet und die maximale Temperaturerhöhung an keiner Stelle $\Delta\theta_2$ überschreitet.

ANMERKUNG Die Werte für $\Delta\theta_1$ und $\Delta\theta_2$ können für die Anwendung in den einzelnen Ländern durch den Nationalen Anhang bestimmt werden. Die empfohlenen Werte sind $\Delta\theta_1 = 200$ K und $\Delta\theta_2 = 240$ K.

2.2 Einwirkungen

(1)P Die thermischen und mechanischen Einwirkungen müssen EN 1991-1-2 entnommen werden.

(2) Ergänzend zu EN 1991-1-2, 3.1(6) ist in der Regel die Emissivität von Stahl und Beton an der Bauteiloberfläche $\varepsilon_m = 0,7$ anzusetzen.

2.3 Bemessungswerte der Werkstoffeigenschaften

(1)P Die Bemessungswerte der mechanischen Materialparameter $X_{fi,d}$ (für Festigkeit und Verformung) sind wie folgt definiert:

$$X_{fi,d} = k_\theta \cdot X_k / \gamma_{M,fi} \quad (2.1)$$

Dabei ist

- X_k der charakteristische Wert oder Nennwert einer Festigkeits- oder Verformungseigenschaft (i. Allg. f_k oder E_k) bei der Bemessung für Normaltemperatur nach EN 1994-1-1;
- k_θ der Reduktionsfaktor einer Festigkeits- oder Verformungseigenschaft ($X_{k,\theta} / X_k$) in Abhängigkeit von der Werkstofftemperatur – siehe Abschnitt 3;
- $\gamma_{M,fi}$ der Teilsicherheitsfaktor für die entsprechende Werkstoffeigenschaft für den Brandfall.

ANMERKUNG 1 Für die mechanischen Eigenschaften von Stahl und Beton sind die empfohlenen Werte für den Teilsicherheitsbeiwert im Brandfall $\gamma_{M,fi,a} = 1,0$; $\gamma_{M,fi,s} = 1,0$; $\gamma_{M,fi,c} = 1,0$; $\gamma_{M,fi,v} = 1,0$; wo Abweichungen erforderlich sind, dürfen diese in den entsprechenden nationalen Anhängen von EN 1992-1-2 und EN 1993-1-2 definiert werden.

ANMERKUNG 2 Wenn die vorgeschlagenen Zahlenwerte nicht verwendet werden, müssen die Bemessungstabellen eventuell angepasst werden.

(2)P Die Bemessungswerte der thermischen Materialeigenschaften $X_{fi,d}$ sind wie folgt definiert:

— falls ein Zuwachs der Werte die Sicherheit erhöht;

$$X_{fi,d} = X_{k,\theta} / \gamma_{M,fi} \quad (2.2a)$$

— falls ein Zuwachs der Werte die Sicherheit verringert.

$$X_{fi,d} = \gamma_{M,fi} X_{k,\theta} \quad (2.2b)$$

Dabei ist

$X_{k,\theta}$ der charakteristische Wert einer Werkstoffeigenschaft bei der Bemessung für den Brandfall, i. Allg. abhängig von der Werkstofftemperatur - siehe 3.3;

$\gamma_{M,fi}$ der Teilsicherheitsfaktor für die maßgebende Werkstoffeigenschaft bei der Bemessung für den Brandfall.

ANMERKUNG 1 Für die thermischen Eigenschaften von Stahl und Beton wird für den Teilsicherheitsbeiwert für Werkstoffe bei der Bemessung für den Brandfall der Wert $\gamma_{M,fi} = 1,0$ empfohlen; wo Abweichungen erforderlich sind, dürfen diese in den relevanten Nationalen Anhängen von EN 1992-1-2 und EN 1993-1-2 definiert werden.

ANMERKUNG 2 Wenn die vorgeschlagenen Zahlenwerte nicht verwendet werden, müssen die Bemessungstabellen evtl. angepasst werden.

(3) Der Bemessungswert für die Betondruckfestigkeit ist in der Regel mit $1,0 f_c$, dividiert durch $\gamma_{M,fi,c}$ anzunehmen, bevor die Festigkeit aufgrund der Temperatur nach 3.2.2 abgemindert wird.

2.4 Nachweismethoden

2.4.1 Allgemeines

(1)P Das Tragwerksmodell für die Bemessung nach dieser Norm muss das zu erwartende Verhalten des Gesamttragwerks bei Brandbeanspruchung widerspiegeln.

(2)P Für die relevante Branddauer t muss nachgewiesen werden:

$$E_{fi,d,t} \leq R_{fi,d,t} \quad (2.3)$$

Dabei ist

$E_{fi,d,t}$ der Bemessungswert der Einwirkung im Brandfall, ermittelt nach EN 1991-1-2, unter Berücksichtigung der Auswirkungen von thermischen Ausdehnungen und Verformungen;

$R_{fi,d,t}$ der entsprechende Bemessungswert der Tragfähigkeit im Brandfall.

(3) Die Tragwerksberechnung im Brandfall ist in der Regel nach EN 1990, 5.1.4(2) durchzuführen.

ANMERKUNG Zum Nachweis der Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer ist eine Bauteilberechnung ausreichend.

(4) Gelten bestimmte Anwendungsregeln in diesem Teil 1-2 nur für die Einheits-Temperaturzeitkurve, so ist dieses in den entsprechenden Regeln gekennzeichnet.

(5) Den Bemessungstabellen nach 4.2 liegt die Einheits-Temperaturzeitkurve zu Grunde.

(6)P Alternativ zu einer Bemessung mit den rechnerischen Nachweismethoden darf sich die Bemessung im Brandfall auch auf Ergebnisse von Brandversuchen oder auf Brandversuche in Verbindung mit Berechnungen stützen; siehe dazu EN 1990, 5.2.

2.4.2 Bauteilberechnung

(1) Die mechanischen Einwirkungen sind in der Regel zum Zeitpunkt $t = 0$ unter Verwendung der Kombinationsfaktoren $\psi_{1,1}$ oder $\psi_{2,1}$ nach EN 1991-1-2, 4.3.1 (2) zu bestimmen.

(2) Als Vereinfachung zu (1) darf die Größe der Einwirkung $E_{fi,d,t}$ aus der Bauteilbemessung bei normaler Temperatur abgeleitet werden:

$$E_{fi,d,t} = E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d \quad (2.4)$$

Dabei ist

E_d der Bemessungswert für die entsprechende Kraft oder das entsprechende Moment aus der Bemessung bei Normaltemperatur für eine Grundkombination der Einwirkungen (siehe EN 1990);

η_{fi} der Reduktionsfaktor für E_d .

(3) Der Reduktionsfaktor η_{fi} ist in der Regel für die Lastkombination (6.10) aus EN 1990 wie folgt zu bestimmen:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,l}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,l} Q_{k,l}} \quad (2.5)$$

oder für die Lastkombination (6.10a) und (6.10b) aus EN 1990 durch den kleineren Wert der beiden folgenden Gleichungen:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,l}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,l} \psi_{0,l} Q_{k,l}} \quad (2.5a)$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,l}}{\xi \gamma_G G_k + \gamma_{Q,l} Q_{k,l}} \quad (2.5b)$$

Dabei ist

$Q_{k,l}$ der charakteristische Wert der führenden veränderlichen Einwirkung 1;

G_k der charakteristische Wert für ständige Einwirkungen;

γ_G der Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen G_k ;

$\gamma_{Q,l}$ der Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen $Q_{k,l}$;

ξ der Reduktionsfaktor für ungünstige ständige Einwirkungen G_k ;

$\psi_{0,1}$ der Kombinationsfaktor für den charakteristischen Wert einer veränderlichen Einwirkung;

ψ_{fi} der Kombinationsbeiwert für eine veränderliche Einwirkung im Brandfall, gegeben entweder durch $\psi_{1,1}$ (häufiger Wert) oder $\psi_{2,1}$ (quasi-ständiger Wert) nach EN 1991-1-2, 4.3.1(2).

ANMERKUNG 1 Bild 2.1 zeigt den Verlauf des Reduktionsfaktors η_{fi} in Abhängigkeit von dem Lastverhältnis $Q_{k,1}/G_k$ für verschiedene Werte des Kombinationsfaktors $\psi_{fi} = \psi_{1,1}$ nach Gleichung (2.5) unter folgenden Annahmen: $\gamma_G = 1,35$ und $\gamma_Q = 1,5$. Teilsicherheitsbeiwerte werden in den entsprechenden Nationalen Anhängen von EN 1990 angegeben. Die Gleichungen (2.5a) und (2.5b) ergeben leicht höhere Werte.

ANMERKUNG 2 Vereinfacht darf der Wert $\eta_{fi} = 0,65$ verwendet werden; allerdings wird für Verkehrslasten nach der Lastgruppe E nach EN 1991-1-1 der Wert 0,7 empfohlen (Bereiche, wo eine Anhäufung von Gegenständen zu erwarten ist; einschließlich Zugangsbereiche).

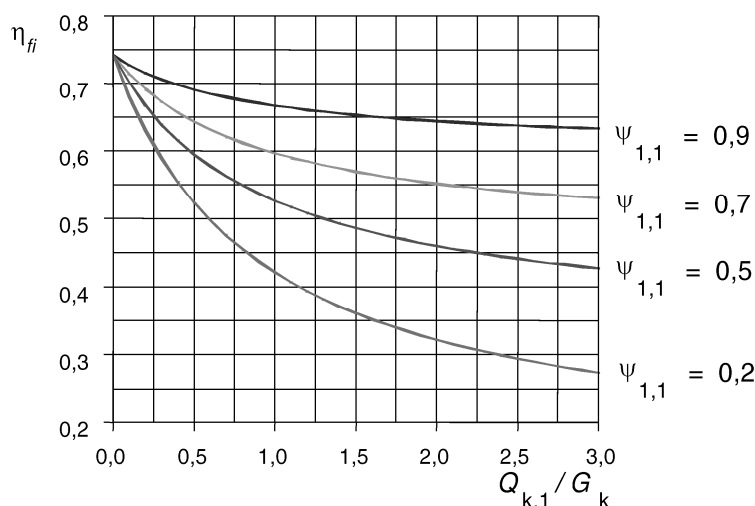


Bild 2.1 — Verlauf des Reduktionsfaktors η_{fi} in Abhängigkeit des Lastverhältnisses $Q_{k,1}/G_k$

(4) Es müssen nur temperaturbedingte Verformungen berücksichtigt werden, die aus Temperaturgradienten über dem Querschnitt resultieren. Die Auswirkungen axialer oder ebener thermischer Ausdehnung dürfen vernachlässigt werden.

(5) Die Randbedingungen an Auflagern und Enden von Bauteilen dürfen während des gesamten Brandverlaufes als unveränderlich angenommen werden.

(6) Die Bemessungstabellen, die vereinfachten oder die allgemeinen Bemessungsverfahren, die in 4.2, 4.3 bzw. 4.4 angegeben sind, sind für den Nachweis von Bauteilen im Brandfall geeignet.

2.4.3 Teiltragwerksberechnung

(1) Die mechanischen Einwirkungen sind in der Regel zum Zeitpunkt $t = 0$ unter Verwendung der Kombinationsfaktoren $\psi_{1,1}$ oder $\psi_{2,1}$ nach EN 1991-1-2, 4.3.1(2), zu bestimmen.

(2) Anstelle einer Tragwerksberechnung im Brandfall zum Zeitpunkt $t = 0$ dürfen die Lagerreaktionen und die inneren Kräfte und Momente an den Rändern der Teiltragwerke aus einer Tragwerksberechnung bei Normaltemperatur nach 2.4.2 abgeleitet werden.

(3) Das zu bemessene Teiltragwerk ist in der Regel auf Basis der zu erwartenden temperaturbedingten Längenänderungen und Verformungen so auszuwählen, dass sein Zusammenwirken mit anderen Tragwerksteilen durch zeitunabhängige Lagerungs- und Randbedingungen während der Brandbeanspruchung angenähert werden kann.

(4) Für das zu bemessene Teiltragwerk müssen die maßgebende Versagensart im Brandfall, die temperaturabhängigen Materialparameter und Bauteilsteifigkeiten sowie Auswirkungen von temperaturabhängigen Ausdehnungen und Verformungen (indirekte Einwirkungen im Brandfall) berücksichtigt werden.

(5) Während der Brandbeanspruchung dürfen die Randbedingungen an den Lagern und die Kräfte und Momente an den Rändern des Teiltragwerkes als konstant angenommen werden.

2.4.4 Gesamttragwerksberechnung

(1)P Gesamttragwerksberechnungen für den Brandfall sind unter Berücksichtigung des maßgebenden Versagenszustandes unter Brandbeanspruchung, der temperaturabhängigen Werkstoffeigenschaften und Bauteilsteifigkeiten und der Auswirkungen temperaturbedingter Längenänderungen und Verformungen durchzuführen.

3 Werkstoffeigenschaften

3.1 Allgemeines

(1)P Im Brandfall müssen die temperaturabhängigen Eigenschaften berücksichtigt werden.

(2) Die thermischen und mechanischen Eigenschaften von Stahl und Beton sind in der Regel nach den folgenden Abschnitten zu bestimmen.

(3)P Die in 3.2 angegebenen Werte für Werkstoffeigenschaften müssen als charakteristische Werte nach 2.3(1)P behandelt werden.

(4) Die mechanischen Eigenschaften von Beton, Bewehrungs- und Spannstahl bei Normaltemperatur (20 °C) sind in der Regel den Werten nach EN 1992-1-1 für eine Bemessung bei Normaltemperatur entsprechend anzunehmen.

(5) Die mechanischen Eigenschaften für Stahl bei 20 °C sind in der Regel den Werten entsprechend EN 1993-1-1 für eine Bemessung bei Normaltemperatur anzunehmen.

3.2 Mechanische Eigenschaften

3.2.1 Festigkeits- und Verformungseigenschaften von Baustahl

(1) Für Aufheizgeschwindigkeiten zwischen 2 K/min und 50 K/min sind die Festigkeits- und Verformungseigenschaften von Baustahl bei erhöhten Temperaturen in der Regel den in Bild 3.1 dargestellten Spannungs-Dehnungsbeziehungen zu entnehmen.

ANMERKUNG Es wurde für die Regeln in dieser Norm angenommen, dass die Aufheizgeschwindigkeiten in den angegebenen Grenzen liegen.

(2) Die in Bild 3.1 und Tabelle 3.1 angegebenen Spannungs-Dehnungsbeziehungen sind durch drei Parameter definiert:

- die Neigung der elastischen Geraden $E_{s,0}$;
- die Proportionalitätsgrenze $f_{ap,0}$;
- das maximale Spannungsniveau oder die effektive Streckgrenze $f_{ay,0}$.

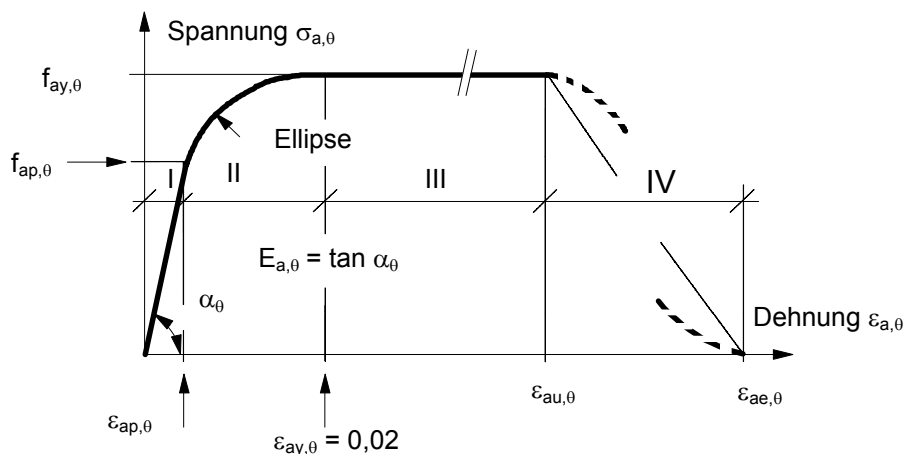


Bild 3.1 — Mathematisches Modell der Spannungs-Dehnungsbeziehungen von Baustahl bei erhöhten Temperaturen

Tabelle 3.1 — Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern des mathematischen Modells nach Bild 3.1

Dehnungs-Bereich	Spannung σ	Tangentenmodul
I / elastisch $\varepsilon \leq \varepsilon_{ap,\theta}$	$E_{a,\theta} \varepsilon_{a,\theta}$	$E_{a,\theta}$
II / Übergang elliptisch $\varepsilon_{ap,\theta} \leq \varepsilon$ $\varepsilon \leq \varepsilon_{ay,\theta}$	$\left(f_{ap,\theta} - c\right) + \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - \left(\varepsilon_{ay,\theta} - \varepsilon_{a,\theta}\right)^2}$ mit $a^2 = \left(\varepsilon_{ay,\theta} - \varepsilon_{ap,\theta}\right)\left(\varepsilon_{ay,\theta} - \varepsilon_{ap,\theta} + c / E_{a,\theta}\right)$ $b^2 = E_{a,\theta} \left(\varepsilon_{ay,\theta} - \varepsilon_{ap,\theta}\right) c + c^2$ $c = \frac{\left(f_{ay,\theta} - f_{ap,\theta}\right)^2}{E_{a,\theta} \left(\varepsilon_{ay,\theta} - \varepsilon_{ap,\theta}\right) - 2\left(f_{ay,\theta} - f_{ap,\theta}\right)}$	$\frac{b\left(\varepsilon_{ay,\theta} - \varepsilon_{a,\theta}\right)}{a \sqrt{a^2 - \left(\varepsilon_{ay,\theta} - \varepsilon_{a,\theta}\right)^2}}$
III / plastisch $\varepsilon_{ay,\theta} \leq \varepsilon$ $\varepsilon \leq \varepsilon_{au,\theta}$	$f_{ay,\theta}$	0

(3) Tabelle 3.2 enthält die Reduktionsfaktoren k_θ für erhöhte Stahltemperaturen θ_a , die zur Ermittlung der Parameter nach 3.2.1(2) mit den entsprechenden Bezugswerten E_a oder f_{ay} zu multiplizieren sind. Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

(4) Sofern örtliches Stabilitätsversagen ausgeschlossen und das Verhältnis $f_{au,\theta}/f_{ay}$ auf 1,25 begrenzt ist, dürfen die Spannungs-Dehnungsbeziehungen nach 3.2.1(1)P für Temperaturen unter 400 °C durch einen optionalen Verfestigungsbereich nach Tabelle 3.2 erweitert werden.

ANMERKUNG Der optionale Verfestigungsbereich wird im informativen Anhang A näher beschrieben.

(5) Der Verfestigungsbereich darf nur dann angesetzt werden, wenn die Berechnung auf der Basis allgemeiner Berechnungsverfahren nach 4.4 erfolgt und wenn nachgewiesen wird, dass ein örtliches Versagen (z. B. örtliches Beulen, Schubversagen, Betonabplatzungen usw.) bei großen Dehnungen nicht eintritt.

ANMERKUNG Werte für $\varepsilon_{au,\theta}$ und $\varepsilon_{ae,\theta}$, die die Bereiche der maximalen Spannungen und den abfallenden Ast nach Bild 3.1 beschreiben, dürfen dem informativen Anhang A entnommen werden.

(6) Die Formulierung der Spannungs-Dehnungsbeziehungen wurde aus Zugversuchen abgeleitet. Diese Beziehungen dürfen auch für Stahl im Druckbereich verwendet werden.

(7) Im Falle von Brandbeanspruchungen nach EN 1991-1-2, 3.3 (Naturbrand-Modelle) insbesondere im Abkühlungsbereich dürfen die in Tabelle 3.2 für die Spannungs-Dehnungsbeziehungen von Baustahl angegebenen Werte als hinreichend genaue Näherung verwendet werden.

Tabelle 3.2 — Reduktionsfaktoren k_θ für Spannungs-Dehnungsbeziehungen von Baustahl unter erhöhten Temperaturen.

Stahl- temperatur $\theta_a [^\circ\text{C}]$	$k_{E,\theta} = \frac{E_{a,\theta}}{E_a}$	$k_{p,\theta} = \frac{f_{ap,\theta}}{f_{ay}}$	$k_{y,\theta} = \frac{f_{ay,\theta}}{f_{ay}}$	$k_{u,\theta} = \frac{f_{au,\theta}}{f_{ay}}$
20	1,00	1,00	1,00	1,25
100	1,00	1,00	1,00	1,25
200	0,90	0,807	1,00	1,25
300	0,80	0,613	1,00	1,25
400	0,70	0,420	1,00	
500	0,60	0,360	0,78	
600	0,31	0,180	0,47	
700	0,13	0,075	0,23	
800	0,09	0,050	0,11	
900	0,0675	0,0375	0,06	
1 000	0,0450	0,0250	0,04	
1 100	0,0225	0,0125	0,02	
1 200	0	0	0	

3.2.2 Festigkeits- und Verformungseigenschaften von Beton

(1) Für Aufheizgeschwindigkeiten zwischen 2 K/min und 50 K/min sind die Festigkeits- und Verformungseigenschaften von Beton bei erhöhten Temperaturen in der Regel der in Bild 3.2 dargestellten Spannungs-Dehnungsbeziehung zu entnehmen.

ANMERKUNG Es wurde für die Regeln in dieser Norm angenommen, dass die Aufheizgeschwindigkeit in den angegebenen Grenzen liegt.

(2) Die Festigkeits- und Verformungseigenschaften einachsig beanspruchten Betons bei erhöhten Temperaturen müssen den Spannungs-Dehnungsbeziehungen nach EN 1992-1-2, siehe auch Bild 3.2, entnommen werden.

(3) Die Spannungs-Dehnungsbeziehungen nach Bild 3.2 sind durch zwei Parameter definiert:

- die Druckfestigkeit $f_{c,\theta}$;
- die zu $f_{c,\theta}$ gehörende Betonstauchung $\varepsilon_{cu,\theta}$.

(4) Tabelle 3.3 enthält für erhöhte Betontemperaturen θ_c die Stauchungen $\varepsilon_{cu,\theta}$ und die Reduktionsfaktoren $k_{c,\theta}$ die zur Ermittlung von $f_{c,\theta}$ mit dem Bezugswert f_c zu multiplizieren sind. Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

ANMERKUNG Infolge unterschiedlicher Versuchsverfahren zeigt $\varepsilon_{cu,\theta}$ eine beträchtliche Streuung, die in Tabelle B.1 des informativen Anhanges B dargestellt ist. Empfohlene Werte für $\varepsilon_{ce,\theta}$, die den Bereich des absteigenden Astes beschreiben, dürfen dem Anhang B entnommen werden.

(5) Für Leichtbeton (LC) sind in der Regel Werte für $\varepsilon_{cu,\theta}$, falls erforderlich, aus Versuchen zu ermitteln.

(6) Die Werte der Tabelle 3.3 gelten für alle quarzitischen Betone. Für kalkhaltige Betone dürfen die gleichen Werte verwendet werden. Diese Annahme ist üblicherweise konservativ. Für genauere Informationen wird auf ENV 1992-1-2, Tabelle 3.1 verwiesen.

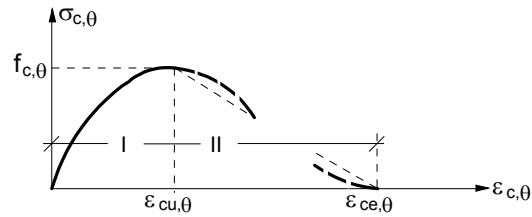
(7) Im Falle von Brandbeanspruchungen nach ENV 1991-1-2, 3.3 (Naturbrand-Modelle) insbesondere im Abkühlungsbereich ist in der Regel das mathematische Modell der Spannungs-Dehnungsbeziehungen für Beton in Bild 3.2 zu modifizieren.

ANMERKUNG Da Beton nach Aufheizung und Abkühlung seine Anfangsdruckfestigkeit nicht wieder erreicht, darf der Vorschlag im informativen Anhang C, in Verbindung mit einem allgemeinen Berechnungsmodell nach 4.4, angewendet werden.

(8) Die Zugfestigkeit von Beton darf, auf der sicheren Seite liegend, zu null angenommen werden.

(9) Wird eine Zugfestigkeit von Beton bei einem Nachweis mit Hilfe eines allgemeinen Berechnungsmodells berücksichtigt, so sind in der Regel die Werte nach EN 1992-1-2, 3.2.2.2 nicht zu überschreiten.

(10) Bei Betonzugspannungen sind in der Regel Modelle mit abfallender Spannungs-Dehnungskurve wie in Bild 3.2 zu verwenden.



BEREICH I:

$$\sigma_{c,\theta} = f_{c,\theta} \left[\frac{3 \left(\frac{\varepsilon_{c,\theta}}{\varepsilon_{cu,\theta}} \right)}{2 + \left(\frac{\varepsilon_{c,\theta}}{\varepsilon_{cu,\theta}} \right)^3} \right]$$

$$k_{c,\theta} = \frac{f_{c,\theta}}{f_c} \left. \vphantom{\frac{f_{c,\theta}}{f_c}} \right\} \text{entsprechend den Werten nach Tabelle 3.3}$$

und $\varepsilon_{cu,\theta}$

BEREICH II:

Aus numerischen Gründen ist in der Regel ein abfallender Ast anzunehmen.

Bild 3.2 — Mathematisches Modell der Spannungs-Dehnungsbeziehungen von Beton im Druckbereich bei erhöhten Temperaturen

Tabelle 3.3 — Werte für die zwei Hauptparameter der Spannungs-Dehnungsbeziehungen von Normalbeton (NC) und Leichtbeton (LC) bei erhöhten Temperaturen

Betontemperatur θ_c [°C]	$k_{c,\theta} = f_{c,\theta} / f_c$		$\varepsilon_{cu,\theta} \cdot 10^3$
	NC	LC	NC
20	1	1	2,5
100	1	1	4,0
200	0,95	1	5,5
300	0,85	1	7,0
400	0,75	0,88	10,0
500	0,60	0,76	15,0
600	0,45	0,64	25,0
700	0,30	0,52	25,0
800	0,15	0,40	25,0
900	0,08	0,28	25,0
1 000	0,04	0,16	25,0
1 100	0,01	0,04	25,0
1 200	0	0	-