

DIN EN 1993-1-2

ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN EN 1993-1-2:2006-10 und
DIN EN 1993-1-2
Berichtigung 1:2009-05

**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 1-2: Allgemeine Regeln –
Tragwerksbemessung für den Brandfall;
Deutsche Fassung EN 1993-1-2:2005 + AC:2009**

Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 1-2: General rules –
Structural fire design;
German version EN 1993-1-2:2005 + AC:2009

Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 1-2: Règles générales –
Calcul du comportement au feu;
Version allemande EN 1993-1-2:2005 + AC:2009

Gesamtumfang 88 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN



Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 1993-1-2:2005 + AC:2009) 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 der europäischen Berichtigungen AC:2005 und AC:2009 wird im Text durch die Textmarkierungen   angezeigt.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1993-1-2:1997-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vornorm-Charakter wurde aufgehoben;
- b) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute von CEN zu ENV 1993-1-2:1997-05 wurden berücksichtigt und der Inhalt wurde vollständig überarbeitet;
- c) Berichtigung EN 1993-1-2/AC:2005 wurde eingearbeitet.

Gegenüber DIN EN 1993-1-2:2006-10 und DIN EN 1993-1-2 Berichtigung 1:2009-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

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

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 1993-1-2: 1997-05

DIN EN 1993-1-2: 2006-10

DIN EN 1993-1-2 Berichtigung 1: 2009-05

Deutsche Fassung

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

Eurocode 3: Design of steel structures —
Part 1-2: General rules —
Structural fire design

Eurocode 3: Calcul des structures en acier —
Partie 1-2: Règles générales —
Calcul du comportement au feu

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. April 2004 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 18. März 2009 in Kraft und wurde in EN 1993-1-2:2005 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 des CEN 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-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	4
Hintergrund des Eurocode-Programms	4
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes	5
Nationale Fassungen der Eurocodes	6
Verhältnis zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)	6
1 Allgemeines	10
1.1 Anwendungsbereich	10
1.1.1 Anwendungsbereich von EN 1993	10
1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1993-1-2	10
1.2 Normative Verweisungen	11
1.3 Annahmen	12
1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	12
1.5 Begriffsbestimmungen	12
1.5.1 Besondere Begriffe zur allgemeinen Bemessung	12
1.5.2 Begriffe zu thermischen Einwirkungen	12
1.5.3 Begriffe mit Bezug auf Baustoffe und Bauprodukte	13
1.5.4 Begriffe mit Bezug auf Wärmeübertragungsberechnungen	13
1.5.5 Begriffe mit Bezug auf die Berechnung des Tragverhaltens	13
1.6 Symbole	14
2 Grundlagen der Bemessung	18
2.1 Anforderungen	18
2.1.1 Grundlegende Anforderungen	18
2.1.2 Nominelle Brandbeanspruchung	19
2.1.3 Parametrische Brandbeanspruchung	19
2.2 Einwirkungen	19
2.3 Bemessungswerte der Materialeigenschaften	19
2.4 Nachweisverfahren	20
2.4.1 Allgemeines	20
2.4.2 Bauteilberechnung	20
2.4.3 Berechnung von Teiltragwerken	22
2.4.4 Gesamtragwerksberechnung	23
3 Materialeigenschaften	23
3.1 Allgemeines	23
3.2 Mechanische Werkstoffeigenschaften von Kohlenstoffstahl	23
3.2.1 Festigkeits- und Verformungseigenschaften	23
3.2.2 Rohdichte	23
3.3 Mechanische Werkstoffeigenschaften von nichtrostendem Stahl	26
3.4 Thermische Werkstoffeigenschaften	26
3.4.1 Kohlenstoffstahl	26
3.4.2 Nichtrostender Stahl	29
3.4.3 Brandschutzmaterialien	29
4 Tragwerksbemessung für den Brandfall	29
4.1 Allgemeines	29
4.2 Einfache Bemessungsverfahren	30
4.2.1 Allgemeines	30
4.2.2 Querschnittsklassifizierung	31
4.2.3 Tragfähigkeit	31
4.2.4 Kritische Temperatur	39

4.2.5	Entwicklung der Stahltemperatur	40
4.3	Erweiterte Berechnungsmodelle	45
4.3.1	Allgemeines	45
4.3.2	Thermisches Verhalten	46
4.3.3	Tragverhalten	46
4.3.4	Überprüfung erweiterter Berechnungsmodelle	47
Anhang A (normativ) Verfestigung von Kohlenstoffstahl unter erhöhter Temperatur		48
Anhang B (normativ) Wärmeübertragung auf außen liegende Stahlbauteile.....		50
B.1	Allgemeines	50
B.1.1	Grundlagen	50
B.1.2	Vereinbarungen bei den Bauteilabmessungen	50
B.1.3	Wärmebilanz	50
B.1.4	Gesamtkonfigurationsfaktoren	52
B.2	Nicht direkt beflammte Stützen.....	53
B.2.1	Wärmeübertragung durch Strahlung	53
B.2.2	Emissionswert der Flamme	54
B.2.3	Flammentemperatur	58
B.2.4	Absorptionswert der Flamme.....	59
B.3	Nicht direkt beflammter Träger	59
B.3.1	Wärmeübertragung durch Strahlung	59
B.3.2	Emissionswert der Flamme	61
B.3.3	Flammentemperatur	62
B.3.4	Absorptionswert der Flamme.....	62
B.4	Direkt beflammte Stützen	62
B.5	Vollständig oder teilweise beflammte Träger	65
B.5.1	Wärmeübertragung durch Strahlung	65
B.5.2	Emissionswert der Flamme	68
B.5.3	Absorptionswert der Flamme.....	68
Anhang C (informativ) Nichtrostender Stahl		70
C.1	Allgemeines	70
C.2	Mechanische Eigenschaften von nichtrostendem Stahl.....	70
C.2.1	Festigkeits- und Verformungseigenschaften	70
C.2.2	Rohdichte	71
C.3	Thermische Materialeigenschaften	76
C.3.1	Thermische Dehnung.....	76
C.3.2	Spezifische Wärmekapazität	77
C.3.3	Wärmeleitfähigkeit.....	78
Anhang D (informativ) Verbindungen		80
D.1	Geschraubte Verbindungen	80
D.1.1	Tragfähigkeit von Schrauben auf Schub	80
D.1.2	Tragfähigkeit von Schrauben auf Zug.....	81
D.2	Tragfähigkeit von Schweißnähten	81
D.2.1	Stumpfnähte.....	81
D.2.2	Kehlnähte	81
D.3	Temperaturen von Verbindungen im Brandfall.....	82
D.3.1	Allgemeines	82
Anhang E (informativ) Klasse 4 Querschnitte.....		84
E.1	Erweiterte Berechnungsmodelle	84
E.2	Einfache Berechnungsverfahren	84

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-1-2:2005 + AC:2009) 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 zuständig.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt ENV 1993-1-2.

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.

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 1992, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion 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: 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.

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.

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.

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.

Der Nationale Anhang darf enthalten:

- Entscheidungen über die Anwendung der informativen Anhänge,
- Verweise zu ergänzenden, nicht widersprechenden Informationen, die dem Nutzer bei der Anwendung der Eurocodes helfen.

Verhältnis zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)

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 1993-1-2

EN 1993-1-2 beschreibt Grundsätze, Anforderungen und Regeln für die Tragwerksbemessung von Stahlkonstruktionen unter Brandbeanspruchung unter Berücksichtigung der folgenden Aspekte:

Sicherheitstechnische Anforderungen

EN 1993-1-2 ist für Bauherren (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 für die Gesellschaft, benachbarter Besitz und, falls erforderlich, der Umwelt oder unmittelbar betroffener Besitz im Brandfall.

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.

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 des Bauwerks über einen bestimmten Zeitraums vorausgesetzt werden kann,
- die Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerks begrenzt bleibt,
- die Ausbreitung von Feuer auf benachbarte Bauwerke begrenzt bleibt,
- die Nutzer das Gebäude unverletzt verlassen oder durch andere Maßnahmen gerettet werden können,
- die Sicherheit von Rettungsmannschaften berücksichtigt ist.“

Gemäß dem Grundlagendokument Nr. 2 „Brandschutz“⁴⁾ darf die wesentliche Anforderung durch Befolgen verschiedener in den Mitgliedstaaten geltender Brandschutzstrategien, wie konventionelle Brandszenarien (nominelle Brände) oder „natürliche“ (parametrische Brände) Brandszenarien, einschließlich vorbeugender und abwehrender Brandschutzmaßnahmen erfüllt werden.

Die den Brandschutz betreffenden Teile der Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau behandeln bestimmte Aspekte des passiven 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. nach der Einheits-Temperaturzeitkurve, die im Allgemeinen in nationalen Brandschutzregularien angegeben wird, festgelegt werden, oder mit Bezug auf Ingenieurmethoden im Brandschutz für die Ermittlung aktiver und passiver Brandschutzmaßnahmen gestellt werden.

Zusätzliche Anforderungen, die zum Beispiel

- den möglichen Einbau und die Instandhaltung von Sprinkleranlagen,
- die Bedingungen an die Nutzung von Gebäuden 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 Teilsicherheitsbeiwerte und andere Sicherheitselemente werden als empfohlene Werte angegeben, die ein annehmbares Niveau der Zuverlässigkeit ergeben. Sie wurden unter der Annahme ausgewählt, dass eine angemessene Ausführungsqualität und Qualitätsüberwachung stattfinden.

Bemessungsverfahren

Ein vollständiges 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 Unsicherheiten und die Bedeutung des Bauwerks (Konsequenzen bei Versagen) berücksichtigen.

Gegenwärtig ist es möglich, einen Nachweis zur Bestimmung einer ausreichenden Leistungsfähigkeit durchzuführen, der zumindest eine Reihe dieser Parameter beinhaltet, um damit nachzuweisen, dass das Bauwerk oder seine Bauteile bei einem tatsächlichen Brand eine ausreichende Leistungsfähigkeit aufweisen. Wenn das Nachweisverfahren jedoch auf einer nominellen Brandkurve beruht, das bestimmte Feuerwider-

4) Siehe Seite 6.

standsdauern vorgibt, berücksichtigt das Klassifizierungssystem (wenn auch nicht explizit) die oben angegebenen Merkmale und Unsicherheiten.

Die Anwendung dieses Teils 1-2 ist in Bild 0.1 dargestellt. Die Ansätze mit festgelegten Vorgaben und mit leistungsabhängigen Festlegungen werden herausgestellt. Der Ansatz mit festgelegten Vorgaben beruht auf nominellen Bränden, aus denen sich die thermischen Einwirkungen ergeben. Der auf leistungsabhängigen Festlegungen beruhende Ansatz mit Ingenieurmethoden für den Brandschutz bezieht sich auf thermische Einwirkungen, die auf physikalischen und chemischen Parametern beruhen.

Für die Bemessung nach diesem Teil wird EN 1991-1-2 benötigt, um die thermischen und mechanischen Einwirkungen auf die Konstruktion zu bestimmen.

Planungshilfen

Wenn vereinfachte Bemessungsverfahren nicht verfügbar sind, liefern die Brandschutzteile der Eurocodes Bemessungslösungen in Form von Tabellen (auf der Grundlage von Versuchen oder erweiterten Berechnungsmodellen), die innerhalb ihrer Gültigkeitsgrenzen verwendet werden dürfen.

Es wird erwartet, dass auf den Berechnungsmodellen nach EN 1993-1-2 beruhende Planungshilfen von den interessierten externen Organisationen erarbeitet werden.

Der Haupttext der EN 1993-1-2 beinhaltet zusammen mit den normativen Anhängen die meisten der grundsätzlichen Konzepte und Regeln für die Tragwerksbemessung von Stahlkonstruktionen im Brandfall.

Nationaler Anhang zu prEN 1993-1-2

Diese Norm enthält alternative Vorgehensweisen, Zahlenwerte sowie Empfehlungen für Klassen. In Anmerkungen wird angegeben, wo eine nationale Wahl getroffen werden darf. Daher sollte die die EN 1993-1-2 einführende nationale Norm einen Nationalen Anhang haben, in dem alle national zu bestimmenden Parameter festgelegt sind, die für den Entwurf, Bemessung und Berechnung von Stahlbauten in dem jeweiligen Land gültig sind.

Eine nationale Wahl darf in EN 1993-1-2 für folgende Abschnitte erfolgen:

2.3 (1)

2.3 (2)

4.1 (2)

4.2.3.6 (1)

4.2.4 (2)

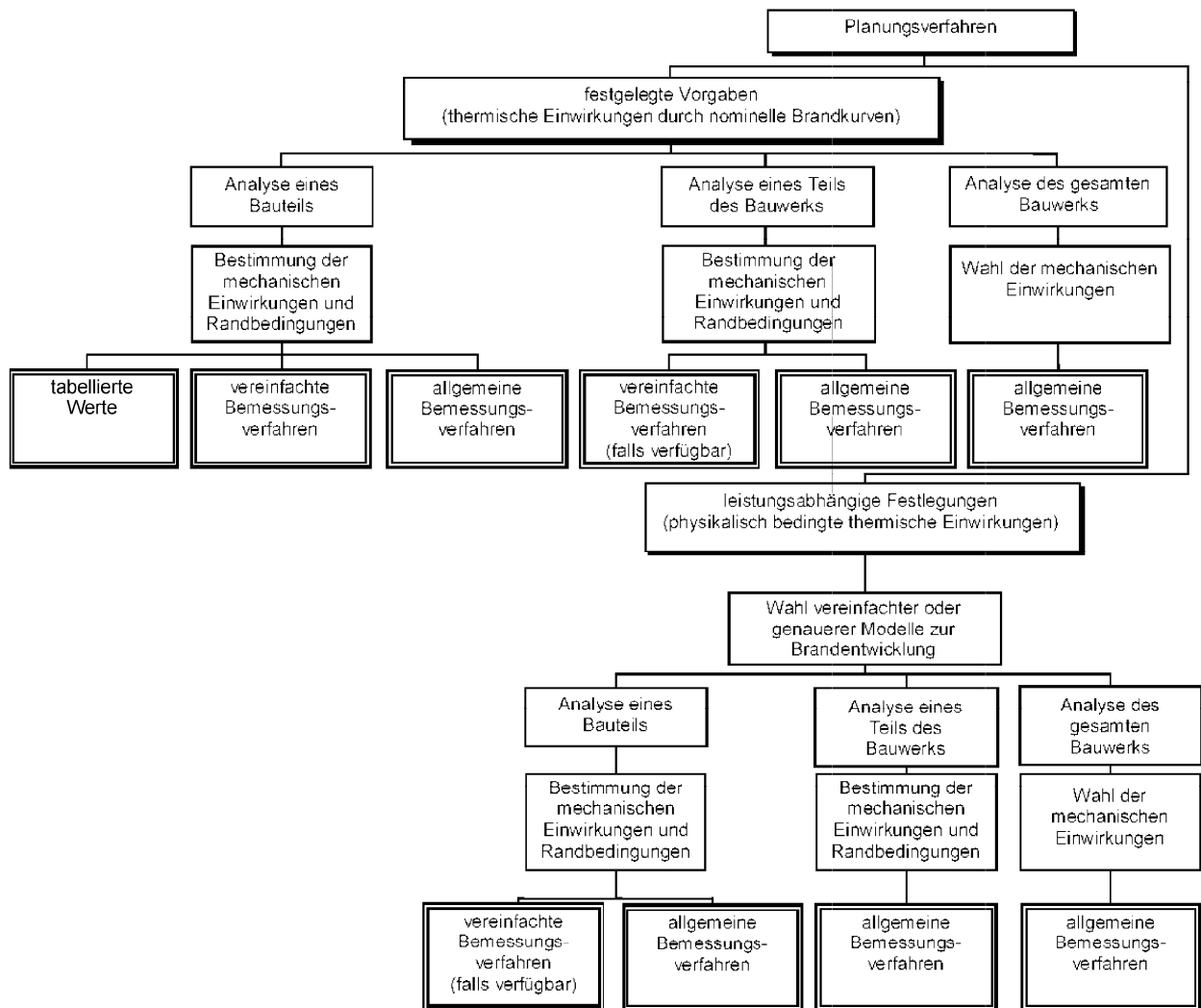


Bild 0.1 — Bemessungsverfahren

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

1.1.1 Anwendungsbereich von EN 1993

(1) EN 1993 gilt für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Bauwerken aus Stahl. Der Eurocode 3 entspricht den Grundsätzen und Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken sowie den Grundlagen für ihre Bemessung und Nachweise, die in der EN 1990 – Grundlagen der Tragwerksplanung – enthalten sind.

(2) EN 1993 behandelt ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit, die Dauerhaftigkeit und den Feuerwiderstand von Tragwerken aus Stahl. Andere Anforderungen, wie z. B. Wärmeschutz oder Schallschutz, werden nicht berücksichtigt.

(3) Die Anwendung von EN 1993 ist in Verbindung mit folgenden Regelwerken beabsichtigt:

- EN 1990 „Grundlagen der Tragwerksplanung“;
- EN 1991 „Einwirkungen auf Tragwerke“;
- hENs für Bauprodukte, die für Stahlbauten Verwendung finden;
- EN 1090 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken“;
- EN 1998 „Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben“, soweit Stahltragwerke in Erdbebengebieten errichtet werden.

(4) EN 1993 ist in sechs Teile eingeteilt:

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

EN 1993-2 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 2: Stahlbrücken.

EN 1993-3 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3: Türme, Maste und Schornsteine.

EN 1993-4 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4: Tank- und Silobauwerke und Rohrleitungen.

EN 1993-5 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände.

EN 1993-6 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Kranbahnträger.

1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1993-1-2

(1) EN 1993-1-2 behandelt die Bemessung von Stahlkonstruktionen für die außergewöhnliche Situation einer Brandeinwirkung. Seine Anwendung ist in Verbindung mit EN 1993-1-1 und EN 1991-1-2 vorgesehen. EN 1993-1-2 beschränkt sich auf Unterschiede oder Ergänzungen zur Bemessung bei Normaltemperatur.

(2) EN 1993-1-2 behandelt ausschließlich vorbeugende Verfahren des Brandschutzes.

(3) EN 1993-1-2 gilt für Stahlkonstruktionen, für die lastabtragende Funktion im Brandfall gefordert wird, indem ein vorzeitiges Versagen des Tragwerks vermieden werden soll.

ANMERKUNG Dieser Teil enthält keine Regeln für raumabschließende Bauteile.

(4) EN 1993-1-2 liefert Grundsätze und Anwendungsregeln für die Bemessung von Tragwerken für bestimmte Anforderungen im Hinblick auf die Tragfähigkeit und die Leistungsklassen.

(5) EN 1993-1-2 gilt für Tragwerke oder Teile davon, die in den Anwendungsbereich von EN 1993-1 fallen und danach bemessen wurden.

(6) Die angegebenen Verfahren können auf die folgenden Baustähle angewendet werden: S235, S275, S355, S420 und S460 nach EN 10025 sowie alle Stahlgüten nach EN 10210 und EN 10219.

(7) Die angegebenen Verfahren sind ebenfalls auf kaltgeformte dünnwandige Bauteile im Anwendungsbereich von EN 1993-1-3 anwendbar.

(8) Die angegebenen Verfahren sind auf alle Stahlgüten anwendbar, für die Hochtemperatureigenschaften nach harmonisierten Europäischen Normen vorliegen.

(9) Die angegebenen Verfahren sind auch auf nichtrostende Stähle innerhalb des Anwendungsbereichs nach EN 1993-1-4 anwendbar.

ANMERKUNG Zum Feuerwiderstand von Stahl-Beton-Verbundkonstruktionen siehe EN 1994-1-2.

1.2 Normative Verweisungen

(1) 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 10025 (alle Teile), *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*

 gestrichener Text 

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*

EN 1363-1, *Feuerwiderstandsprüfungen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

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

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

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

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

EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

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

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

EN 1993-1-3, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Allgemeine Regeln — Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche*

EN 1993-1-4, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen*

EN 1993-1-8, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen*

EN 1994-1-2, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

ISO 1000, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*

1.3 Annahmen

- (1) Zusätzlich zu den allgemeinen Annahmen nach EN 1990 gilt die folgende Annahme:

Jede berücksichtigte vorbeugende oder abwehrende Brandschutzmaßnahme wird ausreichend gewartet.

1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln

- (1) Es gelten die Regelungen nach EN 1990, 1.4 und EN 1991-1-2, 1.4.

1.5 Begriffsbestimmungen

- (1) Es gelten die Regeln nach EN 1990, 1.5.

- (2) Die folgenden Begriffsbestimmungen werden in dieser Europäischen Norm mit der folgenden Bedeutung verwendet:

1.5.1 Besondere Begriffe zur allgemeinen Bemessung

1.5.1.1

ausgesteifter Rahmen [en: braced frame]

ein Rahmen darf als ausgesteift klassifiziert werden, wenn seine Seitensteifigkeit durch ein Aussteifungssystem gegen Horizontallasten in der Rahmenebene gewährleistet wird. Das Aussteifungssystem sollte ausreichend steif sein, um annehmen zu dürfen, dass alle Horizontalkräfte aufgenommen werden.

1.5.1.2

Teiltragwerk [en: part of structure]

Teil eines Gesamttragwerks mit entsprechenden Lagerungs- und Randbedingungen

1.5.2 Begriffe zu thermischen Einwirkungen

1.5.2.1

Einheits-Temperaturzeitkurve [en: standard temperature-time curve]

nominelle Temperaturzeitkurve, die in EN 13501-2 definiert ist, um einen voll entwickelten Brand in einem Brandabschnitt abzubilden

1.5.3 Begriffe mit Bezug auf Baustoffe und Bauprodukte

1.5.3.1

Kohlenstoffstahl [en: carbon steel]

Stahlsorten nach EN 1993-1-1 mit Ausnahme von nichtrostendem Stahl

1.5.3.2

Brandschutzmaterial [en: fire protection material]

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

1.5.3.3

nichtrostender Stahl [en: stainless steel]

Stahl, der in EN 1993-1-4 behandelt wird

1.5.4 Begriffe mit Bezug auf Wärmeübertragungsberechnungen

1.5.4.1

Konfigurationsfaktor (Einstrahlzahl) [en: configuration factor]

der Konfigurationsfaktor für die Wärmestrahlung der Oberfläche A auf die Oberfläche B ist der Anteil der diffus von der Oberfläche A abgestrahlten Wärmeenergie, die auf der Oberfläche B einfällt

1.5.4.2

konvektiver Wärmeübergangskoeffizient [en: convective heat transfer coefficient]

konvektiver Wärmefluss zum Bauteil hin bezogen auf die Differenz zwischen Umgebungs- und Oberflächen-temperatur

1.5.4.3

Emissivität [en: emissivity]

entspricht der Absorptivität einer Oberfläche, die das Verhältnis der von der betrachteten Oberfläche absorbierten Strahlung zu der von einer schwarzen Oberfläche absorbierten Strahlung angibt

1.5.4.4

Netto-Wärmestrom [en: net heat flux]

von Bauteilen absorbierte Energie pro Zeiteinheit und Oberfläche

1.5.4.5

Profilfaktor [en: section factor]

für unbedeckte Stahlbauteile das Verhältnis der brandbeanspruchten Oberfläche zum Stahlvolumen und für bedeckte Stahlbauteile das Verhältnis der inneren Oberfläche der brandbeanspruchten Bekleidung zum Stahlvolumen

1.5.4.6

Profilfaktor des das Profil umschließenden Kastens [en: box value of section factor]

Verhältnis zwischen der beflamten Oberfläche eines gedachten das Stahlprofil umhüllenden Kastens und dem Stahlvolumen

1.5.5 Begriffe mit Bezug auf die Berechnung des Tragverhaltens

1.5.5.1

kritische Temperatur von Baustahl [en: critical temperature of a structural steel element]

Stahltemperatur, bei der unter einer gegebenen Belastung und gleichförmiger Temperaturverteilung Versagen in einem Stahlbauteil erwartet wird

1.5.5.2

effektive Fließgrenze [en: effective yield strength]

das Spannungsniveau bei einer gegebenen Temperatur, bei dem die Spannungs-Dehnungsbeziehung abgebrochen wird und so ein Fließplateau aufweist

1.6 Symbole

(1) Für die Anwendung von EN 1993-1-2 gelten die folgenden Formelzeichen:

Lateinische Großbuchstaben

A_i	Teilfläche eines Querschnittes mit der Temperatur θ_i ;
A_m	Bauteiloberfläche bezogen auf die Einheitslänge;
A_m / V	Profilfaktor des ungeschützten Stahlbauteils;
C_i	Schutzbeiwert der Bauteilseite i ;
A_p	entsprechende Oberfläche des Brandschutzmaterials bezogen auf die Einheitslänge [AC] m^2/m [AC];
E_a	Elastizitätsmodul bei Normaltemperatur;
$E_{a,\theta}$	Steigung im linear-elastischen Bereich von Stahl unter erhöhter Temperatur θ_a ;
$E_{fi,d}$	Bemessungswert der Beanspruchung im Brandfall nach EN 1991-1-2, einschließlich der Temperaturdehnung und -verformung;
$F_{b,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit von Schrauben;
$F_{b,t,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit von Schrauben im Brandfall;
$F_{v,Rd}$	Bemessungswert der Schubtragfähigkeit von Schrauben je Scherfuge unter der Annahme, dass die Scherfuge im Schaft liegt;
$F_{v,t,Rd}$	Bemessungswert der Schubtragfähigkeit von Schrauben im Brandfall;
$F_{w,Rd}$	Bemessungswert der Kehlnahtfestigkeit pro Längeneinheit;
$F_{w,t,Rd}$	Bemessungswert der Kehlnahtfestigkeit pro Längeneinheit im Brandfall;
G_k	charakteristische Wert einer ständigen Einwirkung;
I_f	Wärmestrom durch Strahlung aus einer Öffnung;
I_z	Wärmestrom durch Strahlung von einer Flamme;
$I_{z,i}$	Wärmestrom durch Strahlung von einer Flamme zu der Bauteilseite i einer Stütze;
L	Systemhöhe des betrachteten Stockwerkes;
$M_{b,fi,t,Rd}$	Bemessungswert der Biegedrillknickbeanspruchbarkeit zum Zeitpunkt t ;
$M_{fi,t,Rd}$	Bemessungswert der Momententragfähigkeit zum Zeitpunkt t ;
$M_{fi,\theta,Rd}$	Bemessungswert der Momententragfähigkeit eines Querschnittes mit einer gleichmäßigen Temperatur θ_a , die der gleichmäßigen Temperatur θ_a im Querschnitt zum Zeitpunkt t entspricht. Die Momententragfähigkeit ist dabei nicht durch Auflagerungen beeinflusst;
M_{Rd}	plastische Momententragfähigkeit $M_{pl,Rd}$ des Bruttoquerschnitts bei Normaltemperatur oder die elastische Momententragfähigkeit $M_{el,Rd}$ des Bruttoquerschnitts bei Normaltemperatur;

$N_{b,fi,t,Rd}$	Knickfestigkeit druckbeanspruchter Bauteile zum Zeitpunkt t ;
N_{Rd}	Bemessungswert der Tragfähigkeit des Bruttoquerschnitts $N_{pl,Rd}$ bei Berechnung für Normaltemperatur nach EN 1993-1-1;
$N_{fi,\theta,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit eines auf Zug beanspruchten Bauteils mit gleichmäßiger Temperatur θ_a ;
$N_{fi,t,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit zum Zeitpunkt t eines auf Zug beanspruchten Bauteils mit einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung über den Querschnitt;
$Q_{k,1}$	größte veränderliche Einwirkung;
$R_{fi,d,t}$	Bemessungswert der Beanspruchbarkeit des Stahlbauteils im Brandfall zum Zeitpunkt t ;
$R_{fi,d,0}$	Wert von $R_{fi,d,t}$ zum Zeitpunkt $t = 0$;
T_f	Temperatur des Brandes [K];
T_o	Flammentemperatur an der Öffnung [K];
T_x	Temperatur an der Flammenoberseite [813 K];
T_z	Temperatur der Flamme [K];
$T_{z,1}$	Flammentemperatur [K] nach EN 1991-1-2, Anhang B, in Höhe der Trägerunterkante;
$T_{z,2}$	Flammentemperatur [K] nach EN 1991-1-2, Anhang B, in Höhe der Trägersoberkante;
V	Volumen des Bauteils bezogen auf die Einheitslänge;
$V_{fi,t,Rd}$	Bemessungswert der Querkraftbeanspruchbarkeit zum Zeitpunkt t ;
V_{Rd}	Bemessungswert der Querkraftbeanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts bei Normaltemperatur nach EN 1993-1-1;
X_k	charakteristische Wert einer Festigkeits- oder Verformungseigenschaft (im Allgemeinen f_k oder E_k) bei Bemessung für Normaltemperatur nach EN 1993-1-1;

Lateinische Kleinbuchstaben

a_z	Absorptionswert der Flammen;
c	spezifische Wärmekapazität;
c_a	spezifische Wärmekapazität von Stahl;
c_p	temperaturunabhängige spezifische Wärmekapazität des Brandschutzmaterials;
d_i	Querschnittsabmessung der Bauteilseite i ;
d_p	Dicke des Brandschutzmaterials;
d_f	Dicke des Brandschutzmaterials ($d_f = 0$ bei ungeschützten Bauteilen);
$f_{p,\theta}$	Proportionalitätsgrenze von Stahl bei erhöhter Temperatur θ_a ;

f_y	Fließgrenze bei 20 °C;
$f_{y,\theta}$	effektive Fließgrenze von Stahl bei erhöhter Temperatur θ_a ;
$f_{y,i}$	die nominale Fließgrenze f_y der Teilfläche A_i , auf der Druckseite positiv und auf der Zugseite negativ;
$f_{u,\theta}$	Bruchfestigkeit unter erhöhter Temperatur und bei Berücksichtigung der Verfestigung;
$\dot{h}_{\text{net,d}}$	Bemessungswert des Netto-Wärmestroms bezogen auf die Fläche;
h_z	Höhe der Flammenoberseite über der Trägerunterkante;
i	Bezeichnung der Stützenseite (1), (2), (3) oder (4);
$k_{b,\theta}$	Abminderungsfaktor für die entsprechende Schraubentemperatur;
$k_{E,\theta}$	Abminderungsfaktor nach Abschnitt 3 für die Steigung im linear elastischen Bereich bei der Stahltemperatur θ_a zum Zeitpunkt t ;
$k_{E,\theta,\text{com}}$	Abminderungsfaktor nach Abschnitt 3 für die Steigung im linear elastischen Bereich bei maximaler Temperatur im Druckflansch $\theta_{a,\text{com}}$ zum Zeitpunkt t ;
k_{sh}	Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt;
K_θ	relativer Wert der Festigkeits- oder Verformungseigenschaft bei erhöhter Temperatur θ_a ;
k_θ	Abminderungsfaktor für eine Festigkeits- oder Verformungseigenschaft ($X_{k,\theta}/X_k$), in Abhängigkeit von der Materialtemperatur, siehe Abschnitt 3;
$k_{w,\theta}$	Abminderungsfaktor für die entsprechende Schweißnahttemperatur;
$k_{y,\theta}$	Abminderungsfaktor der Fließspannung von Stahl bei der Temperatur θ_a zum Zeitpunkt t , siehe Abschnitt 3;
$k_{y,\theta,\text{com}}$	Abminderungsfaktor nach Abschnitt 3 für die Fließgrenze bei maximaler Temperatur im Druckflansch $\theta_{a,\text{com}}$ zum Zeitpunkt t ;
$k_{y,\theta,i}$	Abminderungsfaktor der Fließspannung von Stahl bei der Temperatur θ_i der Teilfläche i ;
$k_{y,\theta,\text{max}}$	Abminderungsfaktor für die Fließgrenze von Stahl unter der maximal auftretenden Stahltemperatur $\theta_{a,\text{max}}$ zum Zeitpunkt t , siehe Abschnitt 3;
$k_{y,\theta,\text{web}}$	Abminderungsfaktor für die Fließgrenze von Stahl bei der Stahltemperatur θ_{web} , siehe Abschnitt 3;
k_y	Überlagerungsfaktor;
k_z	Überlagerungsfaktor;
k_{LT}	Überlagerungsfaktor;
m	Zahl der Öffnungen auf Seite m ;
n	Zahl der Öffnungen auf Seite n ;
l	Länge bei 20 °C oder Abstand einer Flamme von einer Öffnung, entlang der Flammenachse gemessen;
l_{fi}	Knicklänge einer Stütze bei einer Bemessung im Brandfall;

- s die horizontale Entfernung einer Stützenachse von der Wand des Brandabschnitts;
 t Dauer der Brandbeanspruchung;
 w_i Breite der Öffnung;
 z_i Abstand des Schwerpunktes der Teilfläche A_i von der plastische Nulllinie;

Griechische Großbuchstaben

- Δt Zeitintervall;
 Δl Ausdehnung infolge Temperatur;
 $\Delta \theta_{g,t}$ Anstieg der Umgebungstemperatur während des Zeitintervalls Δt [K];
 $\phi_{f,i}$ Konfigurationsfaktor einer Bauteilseite i zu einer Öffnung;
 ϕ_f Gesamtkonfigurationsfaktor zur Berechnung der Wärmeübertragung durch Strahlung aus einer Öffnung;
 ϕ_z Gesamtkonfigurationsfaktor für die Berechnung der Wärmestrahlung einer Flamme;
 $\phi_{z,i}$ Konfigurationsfaktor der Bauteilseite i für die Flamme;
 $\phi_{z,m}$ Gesamtkonfigurationsfaktor der Stütze für die Wärmestrahlung der Flammen auf der Seite m ;
 $\phi_{z,n}$ Gesamtkonfigurationsfaktor der Stütze für die Wärmestrahlung der Flammen auf der Seite n ;

Griechische Kleinbuchstaben

- α konvektive Wärmeübergangskoeffizient;
 β_M Anpassungsfaktor für den Momentenverlauf;
 γ_G Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen;
 γ_{M2} Teilsicherheitsbeiwert bei Normaltemperatur (Verbindungen);
 $\gamma_{M,fi}$ Teilsicherheitsbeiwert unter Brandbedingungen für die entsprechende Materialeigenschaft;
 $\gamma_{Q,1}$ Teilsicherheitsbeiwert für die veränderliche Einwirkung 1;
 ε_f Emissionswert einer Öffnung;
 ε_z Emissionswert der Flamme;
 $\varepsilon_{z,m}$ Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite m eines Bauteils;
 $\varepsilon_{z,n}$ Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite n eines Bauteils;
 ξ Abminderungsfaktor für ungünstige ständige Einwirkungen G ;
 η_{fi} Abminderungsfaktor der Bemessungslasten im Brandfall;
 θ Temperatur;

θ_a	Stahltemperatur [$^{\circ}\text{C}$];
$\theta_{a,cr}$	kritische Stahltemperatur;
$\theta_{g,t}$	Temperatur der umgebenden Brandgase zum Zeitpunkt t ;
θ_{web}	mittlere Temperatur im Steg;
θ_i	Temperatur der Teilfläche A_i ;
κ	Anpassungsfaktor;
κ_1	Anpassungsfaktors für eine ungleichmäßige Temperaturverteilung über den Querschnitt;
κ_2	Anpassungsfaktors für eine ungleichmäßige Temperaturverteilung entlang des Trägers;
λ	Wärmeleitfähigkeit;
λ_i	Flammendicke für eine Öffnung i ;
λ_p	Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzsystems;
λ_f	effektive Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzmaterials;
μ_0	Ausnutzungsgrad zum Zeitpunkt $t =$;
σ	Stefan-Boltzmann-Konstante [$5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$];
ρ_a	Rohdichte von Stahl;
ρ_p	Rohdichte des Brandschutzsystems;
χ_{fi}	Abminderungsfaktor für Biegeknicken im Brandfall;
$\chi_{LT,fi}$	Abminderungsfaktor für Biegedrillknicken im Brandfall;
$\chi_{min,fi}$	kleinster Abminderungsfaktor von $\chi_{y,fi}$ und $\chi_{z,fi}$;
$\chi_{z,fi}$	Abminderungsfaktor für Biegeknicken um die z-Achse im Brandfall;
$\chi_{y,fi}$	Abminderungsfaktor für Biegeknicken um die y-Achse im Brandfall;
ψ_{fi}	Kombinationsbeiwert für häufige Einwirkungen, gegeben durch $\psi_{1,1}$ oder $\psi_{2,1}$.

2 Grundlagen der Bemessung

2.1 Anforderungen

2.1.1 Grundlegende Anforderungen

[AC] (1)P Wenn Tragfähigkeit im Brandfall gefordert wird, müssen Stahltragwerke so konstruiert und bemessen werden, dass sie ihre Tragfunktion während der maßgebenden Brandeinwirkung erfüllen. **[AC]**

(2) Es sollten Verformungskriterien für die lastabtragende Konstruktion verwendet werden, wenn Schutzziele oder Anforderungen an raumabschließende Bauteile dies erfordern.

(3) Mit Ausnahme von (2) ist es nicht erforderlich, die Verformungen der lastabtragenden Konstruktion zu berücksichtigen, wenn, soweit zutreffend:

- die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen nach 3.4.3 nachgewiesen wird und
- die raumabschließenden Bauteile die Anforderungen bei einer nominalen Brandbeanspruchung erfüllen müssen.

2.1.2 Nominelle Brandbeanspruchung

(1) Bei Beanspruchung durch die Einheits-Temperaturzeitkurve sollten die Bauteile das Kriterium „R“ wie folgt erfüllen:

Nur lastabtragend: mechanischer Widerstand (Kriterium R).

(2) Es wird unterstellt, dass das Kriterium „R“ erfüllt ist, wenn die lastabtragende Funktion über die geforderte Dauer der Brandbeanspruchung erhalten bleibt.

(3) Bei Verwendung der Hydrocarbonkurve sollte das gleiche Kriterium verwendet werden. Jedoch sollte der Bezug auf diese spezielle Kurve durch die Buchstaben „HC“ deutlich gemacht werden.

2.1.3 Parametrische Brandbeanspruchung

(1) Die lastabtragende Funktion ist sichergestellt, wenn kein Versagen während der gesamten Brandeinwirkung einschließlich der Abkühlphase oder innerhalb einer geforderten Widerstandsdauer eintritt.

2.2 Einwirkungen

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

(2) In Ergänzung zu EN 1991-1-2 sollte die Emissivität der Baustahloberfläche mit 0,7 und die von nichtrostendem Stahl nach Anhang C mit 0,4 berücksichtigt werden.

2.3 Bemessungswerte der Materialeigenschaften

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

$$X_{d,fi} = k_0 X_k / \gamma_{M,fi} \quad (2.1)$$

Dabei ist

X_k der charakteristische Wert einer Festigkeits- oder Verformungseigenschaft (im Allgemeinen f_k oder E_k) bei Bemessung für Normaltemperatur nach EN 1993-1-1;

k_0 der Abminderungsfaktor für eine Festigkeits- oder Verformungseigenschaft ($X_{k,0} / X_k$), in Abhängigkeit von der Materialtemperatur, siehe Abschnitt 3;

$\gamma_{M,fi}$ der Teilsicherheitsbeiwert der entsprechenden Materialeigenschaft im Brandfall.

ANMERKUNG Siehe Nationaler Anhang zum Teilsicherheitsbeiwert der mechanischen Materialeigenschaften. Die Verwendung von $\gamma_{M,fi} = 1,0$ wird empfohlen.

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

— wenn sich eine Vergrößerung der Eigenschaft günstig auf die Sicherheit auswirkt:

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

— wenn sich eine Vergrößerung der Eigenschaft ungünstig auf die Sicherheit auswirkt:

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

Dabei ist

$X_{k,\theta}$ der Wert einer Materialeigenschaft im Brandfall, im Allgemeinen abhängig von der Materialtemperatur, siehe Abschnitt 3,

$\gamma_{M,fi}$ der Teilsicherheitsbeiwert der entsprechenden Materialeigenschaft im Brandfall.

ANMERKUNG Zu den Teilsicherheitsbeiwerten der thermischen Materialeigenschaften in der jeweiligen Brandfallsituation, siehe Nationaler Anhang. Die Verwendung von $\gamma_{M,fi} = 1,0$ wird empfohlen.

2.4 Nachweisverfahren

2.4.1 Allgemeines

(1) Das für die Berechnung und Bemessung nach dieser Europäischen Norm herangezogene Tragwerksmodell sollte das erwartete Tragverhalten der Konstruktion im Brandfall abbilden.

ANMERKUNG Wenn die in dieser Europäischen Norm angegebenen Regeln ausschließlich für Brandbeanspruchungen nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gültig sind, dann wird darauf in den entsprechenden Abschnitten hingewiesen.

AC (2)P Es muss nachgewiesen werden, dass für die maßgebliche Dauer t der Brandeinwirkung gilt:

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

Dabei ist

$E_{fi,d}$ der Bemessungswert der Einwirkungen im Brandfall nach EN 1991-1-2, einschließlich der Wirkung aus Temperaturdehnung und -verformung;

$R_{fi,d,t}$ der zugehörige Bemessungswert des Widerstands im Brandfall.

(3) Die Tragwerksbemessung im Brandfall sollte nach EN 1990, 5.1.4 (2), durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 — Für die Bauteilberechnung, siehe 2.4.2;
— für die Berechnung von Teilen des Tragwerkes, siehe 2.4.3;
— für die Gesamttragwerksberechnung, siehe 2.4.4.

ANMERKUNG 2 Für den Nachweis der Anforderungen an den Feuerwiderstand bei Einheits-Temperaturzeitkurve ist eine Bauteilberechnung ausreichend.

(4) Alternativ zu den Berechnungsverfahren darf eine Bemessung auf der Grundlage von Ergebnissen von Brandversuchen durchgeführt werden. Außerdem ist eine Bemessung durch Kombination von Berechnungen und Ergebnissen von Brandversuchen zulässig.

2.4.2 Bauteilberechnung

(1) Beanspruchungen sollten für den Zeitpunkt $t = 0$ unter Verwendung der Kombinationsbeiwerte $\psi_{1,1}$ oder $\psi_{2,1}$ nach EN 1991-1-2, 4.3.1, bestimmt werden.

(2) Als Vereinfachung von (1) dürfen die Beanspruchungen $E_{d,fi}$ der Berechnung des Gesamttragwerks für Normaltemperatur entnommen werden, mit:

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

Dabei ist

E_d der Bemessungswert der entsprechenden Schnittgröße bei Normaltemperatur gerechnet für die Grundkombination der Einwirkungen (siehe EN 1990);

η_{fi} der Abminderungsfaktor der Bemessungslasten für den Brandfall.

(3) Der Abminderungsfaktor η_{fi} für die Lastkombination (6.10) in EN 1990 sollte berechnet werden mit

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (2.5)$$

oder bei Anwendung der Lastkombinationen (6.10a) und (6.10b) in EN 1990 als der kleinste Wert aus den beiden folgenden Gleichungen:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}} \quad (2.5a)$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\xi \gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (2.5b)$$

Dabei ist

$Q_{k,1}$ die führende veränderliche Einwirkung;

G_k der charakteristische Wert einer ständigen Einwirkung;

γ_G der Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen;

$\gamma_{Q,1}$ der Teilsicherheitsbeiwert für die veränderliche Einwirkung 1;

ψ_{fi} der Kombinationsbeiwert für Einwirkungen, gegeben durch $\psi_{1,1}$ oder $\psi_{2,1}$, siehe EN1991-1-2;

ξ der Abminderungsfaktor für ungünstige ständige Einwirkungen G .

ANMERKUNG 1 Ein Beispiel für die Variation des Abminderungsfaktors η_{fi} in Abhängigkeit von dem Lastverhältnis $Q_{k,1}/G_k$ für verschiedene Größen des Kombinationsbeiwertes $\psi_{fi} = \psi_{1,1}$ nach Gleichung (2.5) ist in Bild 2.1 angegeben; dabei gelten die folgenden Annahmen: $\gamma_G = 1,35$ und $\gamma_Q = 1,5$. Die Teilsicherheitsbeiwerte werden in den entsprechenden Nationalen Anhängen von EN 1990 angegeben. Die Gleichungen (2.5a) und (2.5b) ergeben leicht erhöhte Werte.

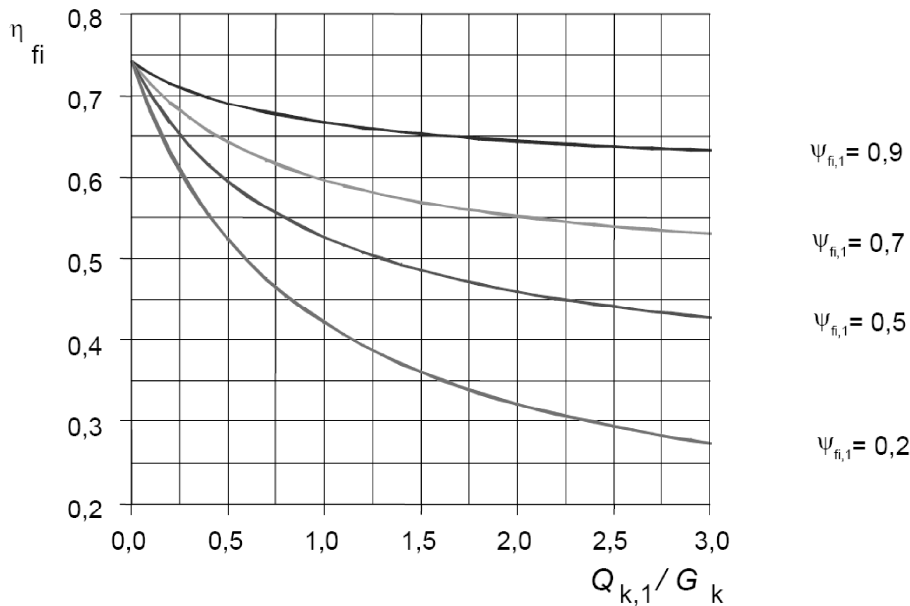


Bild 2.1 — Abhängigkeit des Abminderungsfaktors η_{fi} vom Verhältnis von $Q_{k,1} / G_k$

ANMERKUNG 2 Als Vereinfachung wird die Verwendung von $\eta_{fi} = 0,65$ empfohlen. Ausgenommen davon sind aufgebrachte Lasten der Kategorie E nach EN 1991-1-1 (Flächen, die zur Lagerung von Waren vorgesehen sind, einschließlich der Zufahrtsflächen), für die der Wert 0,7 empfohlen wird.

(4) Es brauchen für die Schnittgrößen nur die Folgen von Temperaturgradienten über den Querschnitt berücksichtigt zu werden. Die Folgen der Temperatúrausdehnung in Bauteilachse dürfen vernachlässigt werden.

(5) Die Randbedingungen an den Auflagerpunkten und Enden von Bauteilen dürfen als konstant über die Dauer der Brandbeanspruchung angenommen werden.

(6) Die vereinfachten oder erweiterten Berechnungsverfahren nach 4.2 und 4.3 sind für den Nachweis von Bauteilen im Brandfall geeignet.

2.4.3 Berechnung von Teiltragwerken

(1) Es gilt 2.4.2 (1).

(2) Alternativ zur Durchführung einer Gesamttragwerksberechnung für den Brandfall zum Zeitpunkt $t = 0$ dürfen die Schnittgrößen an den Auflagern und Rändern des Teiltragwerks aus der Berechnung bei Normaltemperatur nach 2.4.2 ermittelt werden.

(3) Das zu untersuchende Teiltragwerk sollte unter Berücksichtigung der möglichen Temperaturdehnungen und -verformungen in der Weise festgelegt werden, dass die Wechselwirkungen mit anderen Teilen des Gesamttragwerks näherungsweise durch zeitunabhängige Lagerungs- und Randbedingungen während der Brandbeanspruchung beschrieben werden können.

(4) Bei der Berechnung des zu untersuchenden Teiltragwerkes sollten die maßgebende Versagensart bei Brandbeanspruchung, die temperaturabhängigen Materialeigenschaften und Bauteilsteifigkeiten und die Temperaturdehnungen und -verformungen (indirekte Brandeinwirkung) berücksichtigt werden.

(5) Die Lagerungsbedingungen sowie Schnittgrößen an den Rändern des Teiltragwerkes dürfen im Brandfall als unveränderlich angesehen werden.

2.4.4 Gesamttragwerksberechnung

(1) Wird eine Gesamttragwerksberechnung im Brandfall durchgeführt, sollten die maßgebende Versagensart bei Brandbeanspruchung, die temperaturabhängigen Materialeigenschaften und Bauteilsteifigkeiten sowie die Auswirkungen von Temperaturdehnungen und -verformungen (indirekte Brandeinwirkungen) bei der Berechnung zu berücksichtigen.

3 Materialeigenschaften

3.1 Allgemeines

(1) Soweit die Werte der Materialeigenschaften nicht als Bemessungswerte angegeben wurden, sollten die in diesem Abschnitt angegebenen Werte als charakteristische Werte betrachtet werden.

(2) Die mechanischen Werkstoffeigenschaften von Stahl bei 20 °C sollten EN 1993-1-1 entnommen werden.

3.2 Mechanische Werkstoffeigenschaften von Kohlenstoffstahl

3.2.1 Festigkeits- und Verformungseigenschaften

(1) Bei Erwärmungsgeschwindigkeiten zwischen 2 K/min und 50 K/min sind die Festigkeits- und Verformungseigenschaften von Stahl unter erhöhter Temperatur der Spannungs-Dehnungsbeziehung in Bild 3.1 zu entnehmen.

ANMERKUNG Die Regeln dieser Norm unterstellen, dass die Erwärmungsgeschwindigkeit innerhalb dieser Grenzen liegt.

(2) Die Spannungs-Dehnungsbeziehung nach Bild 3.1 sollte für die Berechnung der Tragfähigkeiten bei Zug-, Druck-, Momenten- und Schubbeanspruchung verwendet werden.

(3) Tabelle 3.1 enthält die Abminderungsfaktoren für die Spannungs-Dehnungsbeziehung von Stahl unter erhöhter Temperatur nach Bild 3.1. Diese Abminderungsfaktoren sind wie folgt definiert:

— effektive Fließgrenze, relativ zur Fließgrenze bei 20 °C: $k_{y,0} = f_{y,0} / f_y$

— Proportionalitätsgrenze, relativ zur Fließgrenze bei 20 °C: $k_{p,0} = f_{p,0} / f_y$

— Steigung im elastischen Bereich, relativ zu der Steigung bei 20 °C: $k_{E,0} = E_{a,0} / E_a$

ANMERKUNG Bild 3.2 stellt die Abhängigkeit dieser Abminderungsfaktoren von der Temperatur dar.

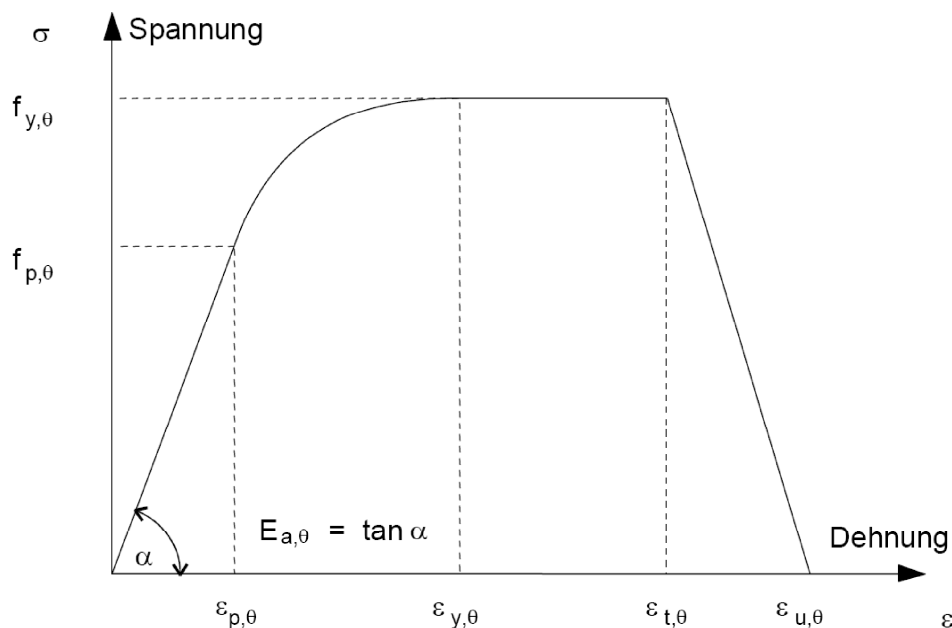
(4) Alternativ darf bei Temperaturen unter 400 °C die in (1) angegebene Spannungs-Dehnungsbeziehung um die in Anhang A beschriebene Verfestigung erweitert werden, vorausgesetzt, es tritt kein frühzeitiges lokales oder globales Stabilitätsversagen auf.

3.2.2 Rohdichte

(1) Es darf angenommen werden, dass die Rohdichte von Stahl ρ_a unabhängig von der Temperatur ist. Der folgende Wert darf verwendet werden:

$$\rho_a = 7\,850 \text{ kg/m}^3$$

Dehnungsbereich	Spannung σ	Tangentenmodul
$\varepsilon \leq \varepsilon_{p,\theta}$	$\varepsilon E_{a,\theta}$	$E_{a,\theta}$
$\varepsilon_{p,\theta} < \varepsilon < \varepsilon_{y,\theta}$	$f_{p,\theta} - c + (b/a) \left[a^2 - (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)^2 \right]^{0,5}$	$\frac{b(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)}{a \left[a^2 - (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)^2 \right]^{0,5}}$
$\varepsilon_{y,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{t,\theta}$	$f_{y,\theta}$	0
$\varepsilon_{t,\theta} < \varepsilon < \varepsilon_{u,\theta}$	$f_{y,\theta} \left[1 - (\varepsilon - \varepsilon_{t,\theta}) / (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{t,\theta}) \right]$	-
$\varepsilon = \varepsilon_{u,\theta}$	0,00	-
Parameter	$\varepsilon_{p,\theta} = f_{p,\theta} / E_{a,\theta}$ $\varepsilon_{y,\theta} = 0,02$	$\varepsilon_{t,\theta} = 0,15$ $\varepsilon_{u,\theta} = 0,20$
Funktionen	$a^2 = (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta})(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta} + c / E_{a,\theta})$ $b^2 = c (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta}) E_{a,\theta} + c^2$ $c = \frac{(f_{y,\theta} - f_{p,\theta})^2}{(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta}) E_{a,\theta} - 2(f_{y,\theta} - f_{p,\theta})}$	



Legende

- $f_{y,\theta}$ effektive Fließgrenze;
- $f_{p,\theta}$ Proportionalitätsgrenze;
- $E_{a,\theta}$ Steigung im elastischen Bereich;
- $\varepsilon_{p,\theta}$ Dehnung an der Proportionalitätsgrenze;
- $\varepsilon_{y,\theta}$ Fließdehnung;
- $\varepsilon_{t,\theta}$ Grenzdehnung für die Fließgrenze;
- $\varepsilon_{u,\theta}$ Bruchdehnung.

Bild 3.1 — Spannungs-Dehnungsbeziehung von Stahl unter erhöhter Temperatur

Tabelle 3.1 — Abminderungsfaktoren für die Spannungs-Dehnungsbeziehung von Kohlenstoffstahl unter erhöhter Temperatur

Stahl- temperatur θ_a	Abminderungsfaktoren bei Temperatur θ_a relativ zu dem Wert f_y oder E_a bei 20 °C		
	Abminderungsfaktor (relativ zu f_y) für die effektive Fließgrenze $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	Abminderungsfaktor (relativ zu f_y) für die Proportionalitätsgrenze $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	Abminderungsfaktor (relativ zu E_a) für die Steigung im elastischen Bereich $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20 °C	1,000	1,000	1,000
100 °C	1,000	1,000	1,000
200 °C	1,000	0,807	0,900
300 °C	1,000	0,613	0,800
400 °C	1,000	0,420	0,700
500 °C	0,780	0,360	0,600
600 °C	0,470	0,180	0,310
700 °C	0,230	0,075	0,130
800 °C	0,110	0,050	0,090
900 °C	0,060	0,0375	0,0675
1 000 °C	0,040	0,0250	0,0450
1 100 °C	0,020	0,0125	0,0225
1 200 °C	0,000	0,0000	0,0000
ANMERKUNG Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.			