

DIN EN 1993-1-4



ICS 91.010.30; 91.080.13

EntwurfEinsprüche bis 2023-03-27
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 1993-1-4:2015-10**Eurocode 3 –
Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 1-4: Tragwerke aus nichtrostenden Stählen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1993-1-4:2023**

Eurocode 3 –
Design of steel structures –
Part 1-4: Stainless steel structures;
German and English version prEN 1993-1-4:2023

Eurocode 3 –
Calcul des structures en acier –
Partie 1-4: Structures en acier inoxydable;
Version allemande et anglaise prEN 1993-1-4:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-01-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 127 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1993-1-4:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung (SpA zu CEN/TC 250/SC 3, ISO/TC 167/SC 1)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1993-1-4:2015-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) das Dokument wurde vollständig überarbeitet;
- b) redaktionelle Anpassungen vorgenommen.

<i>Titel de:</i>	Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Tragwerke aus nichtrostenden Stählen
<i>Titel en:</i>	Eurocode 3 — Design of steel structures — Part 1-4: Stainless steel structures
<i>Titel fr:</i>	Eurocode 3 — Calcul des structures en acier — Partie 1-4: Structures en aciers inoxydables

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
0 Einleitung	5
0.1 Einleitung zu den Eurocodes	5
0.2 Einleitung zu EN 1993 (alle Teile)	5
0.3 Einleitung zu prEN 1993-1-4	7
0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen	7
0.5 Nationaler Anhang zu prEN 1993-1-4	7
1 Anwendungsbereich	8
1.1 Anwendungsbereich von prEN 1993-1-4	8
1.2 Voraussetzungen	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Symbole	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Symbole und Abkürzungen	9
3.2.1 Allgemeines	9
3.2.2 Lateinische Großbuchstaben	9
3.2.3 Lateinische Kleinbuchstaben	10
3.2.4 Griechische Großbuchstaben	10
3.2.5 Griechische Kleinbuchstaben	10
4 Grundlagen der Bemessung	11
4.1 Allgemeine Bemessungsregeln	11
4.1.1 Grundlegende Anforderungen	11
4.2 Versuchsgestützte Bemessung	12
5 Werkstoffe	12
5.1 Nichtrostende Stähle im Bauwesen	12
5.1.1 Allgemeines	12
5.1.2 Mechanische Eigenschaften	13
5.1.3 Bruchzähigkeit	16
5.1.4 Eigenschaften in Dickenrichtung	20
5.1.5 Werte anderer Werkstoffeigenschaften	20
5.2 Verbindungsmittel	20
5.2.1 Mechanische Verbindungselemente	20
5.2.2 Vorgespannte Schrauben	21
5.2.3 Schweißzusatzwerkstoffe	21
6 Dauerhaftigkeit	21
7 Tragwerksberechnung	21
7.1 Tragwerksmodellierung für die Berechnung	21
7.2 Berechnung des gesamten Tragwerkes	22
7.2.1 Berücksichtigung von Einflüssen nach Theorie II. Ordnung	22
7.3 Imperfektionen	22
7.3.1 Äquivalente Vorkrümmung für die Tragwerks- und Bauteilbemessung	22
7.3.2 Imperfektionen auf der Grundlage der Knickbiegelineien nach der Elastizitätstheorie	22
7.4 Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung nicht-linearen Werkstoffverhaltens	23
7.4.1 Allgemeines	23

7.4.2	Tragwerksberechnung nach der Elastizitätstheorie.....	23
7.4.3	Tragwerksberechnung nach der Plastizitätstheorie	24
7.5	Einstufung in Querschnittsklassen	28
8	Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	33
8.1	Teilsicherheitsbeiwerte.....	33
8.2	Querschnittsbeanspruchbarkeit	33
8.2.1	Allgemeines	33
8.2.2	Wirksame Querschnittswerte.....	34
8.2.3	Druckbeanspruchung	35
8.2.4	Biegemomentenbeanspruchung.....	36
8.2.5	Querkraftbeanspruchung.....	36
8.2.6	Beanspruchbarkeit bei Lasteinleitung von Querlasten in der Blechebene	37
8.2.7	Quersteifen im Steg.....	38
8.3	Stabilitätsnachweise für Bauteile.....	38
8.3.1	Allgemeines	38
8.3.2	Gleichförmige Bauteile mit planmäßig zentrischem Druck.....	38
8.3.3	Gleichförmige Bauteile mit Biegung um die Hauptachse	39
8.3.4	Durch Biegung und Druck beanspruchte gleichförmige Bauteile	41
9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	42
9.1	Allgemeines	42
9.2	Ermittlung von Verformungen	43
10	Bemessung von Verbindungen.....	44
10.1	Allgemeines	44
10.2	Schraubenverbindungen	44
10.3	Bemessung von Schweißnähten	48
11	Ermüdung.....	49
12	Feuerwiderstand	49
Anhang A (normativ) Werkstoffauswahl und Dauerhaftigkeit		50
A.1	Anwendung dieses Anhangs.....	50
A.2	Anwendungsbereich und Anwendungsfeld	50
A.3	Korrosionsschutz von Bauprodukten — Anforderungen.....	50
A.4	Werkstoffauswahl	50
A.5	Schwimmballenatmosphäre.....	53
A.6	Korrosionsschutz von Verbindungen mit anderen Metallen	54
A.7	Verzinkung und Kontakt mit geschmolzenem Zink	54
Anhang B (normativ) Verformungsbasierte Bemessung (Continuous strength method – CSM)		55
B.1	Anwendung dieses Anhangs.....	55
B.2	Anwendungsbereich und Anwendungsfeld	55
B.3	Allgemeines	55
B.4	Werkstoffmodellierung.....	55
B.5	Querschnittsverformungsvermögen.....	56
B.5.1	Grundlinie	56
B.5.2	Schlankheitsgrad des Querschnittes	57
B.6	Querschnittstragfähigkeit.....	58
B.6.1	Zug.....	58
B.6.2	Druck.....	58
B.6.3	Biegung.....	58
B.6.4	Kombinierte Biegung und Normalkraft	60
Literaturhinweise.....		62

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1993-1-4:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 1993-1-4:2006 und dessen Änderungen ersetzen.

Die erste Generation der EN Eurocodes wurde zwischen den Jahren 2002 und 2007 veröffentlicht. Dieses Dokument wurde als Teil der zweiten Generation der Eurocodes im Rahmen des Mandats M/515 erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Die Eurocodes wurden erarbeitet, um in Verbindung mit einschlägigen Ausführungs-, Werkstoff-, Produkt- und Prüfnormen angewendet zu werden und um Anforderungen an Ausführung, Werkstoffe, Produkte und Prüfung zu identifizieren, auf denen die Eurocodes beruhen.

Die Eurocodes erkennen die Verantwortlichkeit aller Mitgliedstaaten an und wahren deren Recht, sicherheitsbezogene Werte auf nationaler Ebene in Nationalen Anhängen festzulegen.

0 Einleitung

0.1 Einleitung zu den Eurocodes

Die Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus umfassen 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*
- 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*
- Neue Teile sind derzeit in Erarbeitung, z. B. der Eurocode für die Bemessung von tragenden Konstruktionen aus Glas.

Die Eurocodes sind für die Anwendung durch Tragwerksplaner, Bauherren, Hersteller, Ausführende, zuständige Behörden (bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben in Übereinstimmung mit nationalen oder internationalen Vorschriften), Lehrkräfte, Softwareentwickler und Normenausschüsse, in denen verwandte Produktnormen, Prüfnormen und Ausführungsnormen erarbeitet werden, gedacht.

ANMERKUNG Einige Entwurfs- und Bemessungsaspekte werden am zutreffendsten von den zuständigen Behörden festgelegt oder können, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien wie Tragwerksplanern und Bauherren vereinbart werden. In den Eurocodes werden solche Aspekte durch ausdrückliche Bezugnahme auf die zuständigen Behörden und die beteiligten Parteien gekennzeichnet.

0.2 Einleitung zu EN 1993 (alle Teile)

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

EN 1993 (alle Teile) 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.

EN 1993 ist in folgende Teile unterteilt:

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

EN 1993-2, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 2: Stahlbrücken*;

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

EN 1993-4, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4: Silos und Tankbauwerke*;

EN 1993-5, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände*;

EN 1993-6, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 6: Kranbahnen*;

EN 1993-7, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 7: Bemessung von Sandwich-Paneelen*.

EN 1993-1 existiert nicht als ein physikalisches Dokument, sondern besteht aus den folgenden 14 gesonderten Teilen, deren grundlegender Teil EN 1993-1-1 ist:

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

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

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

ANMERKUNG Kaltgeformte Hohlprofile nach EN 10219 werden in EN 1993-1-1 behandelt.

EN 1993-1-4, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Tragwerke aus nichtrostenden Stählen*;

EN 1993-1-5, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile*;

EN 1993-1-6, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen*;

EN 1993-1-7, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-7: Plattenförmige Bauteile mit Querbelaastung*;

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

EN 1993-1-9, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*;

EN 1993-1-10, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*;

EN 1993-1-11, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-11: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl*;

EN 1993-1-12, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlsorten bis S960*;

EN 1993-1-13, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-13: Regeln für Träger mit großen Stegöffnungen*;

EN 1993-1-14, *Design of Steel Structures — Part 1-14: Design assisted by finite element analysis*.

Alle Teile von EN 1993-1-2 bis EN 1993-1-14 behandeln allgemeine Themen, die unabhängig von der Art des Bauwerks sind, wie die Tragwerksbemessung für den Brandfall, ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche, ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen, plattenförmige Bauteile usw.

Alle Teile von EN 1993-2 bis EN 1993-7 behandeln Themen, die für eine bestimmte Bauwerksart relevant sind, wie Stahlbrücken; Türme, Maste und Schornsteine; Silos und Tankbauwerke; Pfähle und Spundwände; Kranbahnen usw. EN 1993-2 bis EN 1993-7 beziehen sich auf die allgemeinen Regeln in EN 1993-1 und ergänzen, ändern oder ersetzen diese.

0.3 Einleitung zu prEN 1993-1-4

prEN 1993-1-4 enthält ergänzende Regeln für die Tragwerksbemessung von Stahlbauwerken, welche die Anwendung von EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-5 und EN 1993-1-8 bezüglich nichtrostenden Stahl erweitern und abändern. Das Hauptaugenmerk liegt auf den Verfahren und Regeln für die Bemessung von Bauteilen und Grundgerüsten im Hinblick auf Tragfähigkeit und Stabilität.

0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen

Das Verb „muss“ beschreibt eine Anforderung die zwingend zu befolgen ist und von der bei Anwendung der Eurocodes keine Abweichung zulässig ist.

Das Verb „sollte“ beschreibt eine streng empfohlene Auswahl oder Vorgehensweise. In Abhängigkeit von nationalen Regeln und/oder relevanten Vertragsbestimmungen können alternative Lösungen verwendet/angenommen werden, wenn sie technisch gerechtfertigt sind.

Das Verb „darf“ beschreibt eine erlaubte Vorgehensweise innerhalb der Anwendungsgrenzen der Eurocodes.

Das Verb „kann“ beschreibt Möglichkeiten und Fähigkeiten; es wird für Tatsachenfeststellungen und Erklärungen verwendet.

0.5 Nationaler Anhang zu prEN 1993-1-4

Nationale Festlegungen sind in dieser Norm zulässig, wo dies ausdrücklich in Anmerkungen angegeben wird. Nationale Festlegungen umfassen die Auswahl der Werte für national festzulegende Parameter (NDP, en: nationally determined parameters).

Die jeweilige nationale Ausgabe von prEN 1993-1-4 kann einen Nationalen Anhang mit allen nationalen Festlegungen enthalten, die für den Entwurf und die Bemessung von zu errichtenden Stahlbauten im jeweiligen Land Verwendung finden.

Wird keine nationale Festlegung angeführt, ist die in dieser Norm angegebene Standardfestlegung anzuwenden.

Wenn keine nationale Festlegung angeführt wird und keine Standardfestlegung in dieser Norm angegeben ist, kann die Festlegung durch eine zuständige Behörde getroffen werden, oder sofern keine Festlegungen getroffen wurden, können die beteiligten Parteien im Einzelfall eine Vereinbarung treffen.

Nationale Festlegungen sind in prEN 1993-1-4 zu den folgenden Abschnitten gestattet:

5.1.1(1)	5.2.2(1)	7.2.1(1)	7.4.3.5(3)
8.1(1)	A.2(8)	A.3, Tabelle A.4	

Der Nationale Anhang kann, direkt oder durch Verweisungen, ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Erleichterung der Umsetzung enthalten, sofern dadurch keine Bestimmungen der Eurocodes geändert werden.

1 Anwendungsbereich

1.1 Anwendungsbereich von prEN 1993-1-4

(1) Dieses Dokument enthält ergänzende Regeln für die Tragwerksbemessung von Stahlbauten, die die Anwendung von EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-5 und EN 1993-1-8 auf austenitische nichtrostende Stähle, (austenitisch-ferritische) nichtrostende Duplexstähle und ferritische nichtrostende Stähle erweitern und abändern.

ANMERKUNG 1 Austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle sind allgemein bekannt als nichtrostende Duplexstähle. In dieser Norm wird die Benennung nichtrostender Duplexstahl verwendet.

ANMERKUNG 2 Informationen zur Dauerhaftigkeit von nichtrostenden Stählen sind in Anhang A enthalten.

ANMERKUNG 3 Die Ausführung von Tragwerken aus nichtrostenden Stählen wird in EN 1090-2 und EN 1090-4 behandelt.

1.2 Voraussetzungen

(1) Sofern nicht spezifisch angegeben, gelten EN 1990, EN 1991 (alle Teile), EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-5 und EN 1993-1-8.

(2) Die in prEN 1993-1-4 angegebenen Bemessungsverfahren sind anwendbar, wenn

- die Qualität der Ausführung den Festlegungen von EN 1090-2 und EN 1090-4 entspricht, und
- die verwendeten Baustoffe und Bauprodukte den Festlegungen von EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-5 und EN 1993-1-8, oder den maßgebenden Baustoff- und Produktspezifikationen entsprechen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG In den Literaturhinweisen sind weitere zitierte Dokumente aufgeführt, die keine normativen Verweisungen sind, einschließlich solcher Dokumente, die als Empfehlungen (d. h. durch „sollte“-Sätze) und Erlaubnisse (d. h. durch „darf“-Sätze) in Bezug genommen werden.

EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken*

EN 1090-4, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 4: Technische Anforderungen an tragende, kaltgeformte Bauelemente aus Stahl und tragende, kaltgeformte Bauteile für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen*

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991 (alle Teile), *Eurocode 1: Einwirkungen 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 Bauteile und Bleche

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

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

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1990, EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-5 and EN 1993-1-8.

3.2 Symbole und Abkürzungen

3.2.1 Allgemeines

Zusätzlich zu den in EN 1990, EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-5 und EN 1993-1-8 angegebenen Symbolen werden folgende Symbole verwendet.

3.2.2 Lateinische Großbuchstaben

A_c	gesamte Eckquerschnittsfläche des Profils
CRF	Korrosionsbeständigkeitsfaktor (en: corrosion resistance factor)
CSM	Verformungsbasierte Bemessung (en: continuous strength method)
C_1, C_2, C_3	Werkstoffkoeffizienten für die Beschreibung des CSM-Werkstoffmodells
E_s	Sekantenmodul
E_{sh}	Verfestigungsmodul
$E_{s,ser}$	elastischer Sekantenmodul für Berechnungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
$E_{s,1}$	Sekantenmodul zugehörig zur Spannung im Zugflansch
$E_{s,2}$	Sekantenmodul zugehörig zur Spannung im Druckflansch
$F_{p,S}$	Vorspannkraft für Schrauben
F_{Rd}	Bemessungswert der Beanspruchbarkeit des Bauteils, berechnet anhand von F_{Rk}
F_{Rk}	charakteristischer Wert der Beanspruchbarkeit des Bauteils als Spitzenwert aus einer Tragwerksberechnung nach der Plastizitätstheorie oder als Punkt, bei dem die CSM-Grenzdehnung erreicht wird, wobei der kleinere Wert gilt
F_1	Risiko der Exposition gegenüber Chloriden aus Salzwasser oder Auftausalzen (Streusalz)
F_2	Risiko der Exposition gegenüber Schwefeldioxid
F_3	Reinigungskonzept oder Exposition gegenüber Abwaschen durch Regen
K	seitliche Anfangssteifigkeit des Bauwerks
K_s	seitliche Sekantensteifigkeit des Bauwerks unter Bemessungsbeanspruchung
KV	Kerbschlagarbeit in Joule [J] aus einer Charpy-V-Kerbprobe
$L_{b,cs}$	lokale Beulhalbwellenlänge

M	Abstand vom Meer
$M_{\text{csm,Rd}}$	Bemessungswert der CSM-Biegemomentenbeanspruchbarkeit um eine Hauptachse eines Querschnittes
$M_{\text{csm,y,Rd}}$	Bemessungswert der CSM-Biegemomentenbeanspruchbarkeit um die starke (y-y)-Achse
$M_{\text{csm,z,Rd}}$	Bemessungswert der CSM-Biegemomentenbeanspruchbarkeit um die schwache (z-z)-Achse
$M_{\text{N,csm,y,Rd}}$	Bemessungswert der abgeminderten CSM-Biegemomentenbeanspruchbarkeit um die starke (y-y)-Achse zur Berücksichtigung einer vorhandenen Axialkraft
$M_{\text{N,csm,z,Rd}}$	Bemessungswert der abgeminderten CSM-Biegemomentenbeanspruchbarkeit um die schwache (z-z)-Achse zur Berücksichtigung einer vorhandenen Axialkraft
$N_{\text{csm,Rd}}$	Bemessungswert der CSM-Normalkraftbeanspruchbarkeit des Querschnittes bei gleichförmigem Druck
$N_{\text{csm,t,Rd}}$	Bemessungswert der CSM-Normalkraftbeanspruchbarkeit unter Zugbeanspruchung
$R_{p0,2}$	Spannung, bei der die plastische Dehnung 0,2 % beträgt (d. h. 0,2 %-Dehngrenze), übernommen aus der Produktnorm
S	Abstand von Straßen mit Einsatz von Auftausalzen (Streusalz)
Y	Faktor, der den Steifigkeitsverlust aufgrund von Einflüssen nach Theorie II. Ordnung annähert

3.2.3 Lateinische Kleinbuchstaben

f_{ua}	durchschnittliche Zugfestigkeit unter Berücksichtigung der Verfestigung infolge Kaltumformung
f_{ub}	Nenn-Zugfestigkeit von Schrauben aus nichtrostendem Stahl
f_{yb}	Nenn-Streckgrenze von Schrauben aus nichtrostendem Stahl
f_{yCHS}	erhöhte Streckgrenze eines kaltgewalzten runden Hohlprofils
f_{yc}	erhöhte Streckgrenze des Eckbereiches
f_{yf}	erhöhte Streckgrenze der flachen Abschnitte von kaltgewalzten rechteckigen Hohlprofilen
k_s	Koeffizient für die Berechnung des Gleitwiderstandes von gleitfesten Verbindungen
n	Verfestigungsexponent
n_c	Anzahl von 90°-Ecken des Profils
n_{csm}	Verhältnis des Bemessungswertes der Normalkraft (Druck) N_{Ed} zum Bemessungswert der CSM-Normalkraftbeanspruchbarkeit (Druck) $N_{\text{csm,Rd}}$
n_p	Exponent für die Berechnung der erhöhten Streckgrenze

3.2.4 Griechische Großbuchstaben

Ω	projektspezifischer Parameter, der den zulässigen Grad der plastischen Verformung festlegt
----------	--

3.2.5 Griechische Kleinbuchstaben

α	CSM-Biegeparameter
----------	--------------------

$\alpha_{cr,sw,mod}$	modifizierter Faktor, mit dem der Bemessungswert der Belastung erhöht werden müsste, um die ideale Verzweigungslast des Gesamttragwerks am globalen seitlich verschieblichen System zu erreichen, um den Einfluss der Plastizität auf die seitlich verschiebliche Steifigkeit des Rahmens zu berücksichtigen
α_{csm}	CSM-Interaktionskoeffizient für zweiachsige Biegung
β_{csm}	CSM-Interaktionskoeffizient für zweiachsige Biegung
β_w	Korrelationsbeiwert für Verbindungen mit Kehlnähten
ε_{CHS}	während der Umformung in einem runden Hohlprofil eingebrachte Dehnung
ε_c	während der Umformung eingebrachte Dehnung im Eckbereich
ε_{csm}	Grenzdehnung (Druck) für die verformungsbasierte Bemessung (CSM)
$\varepsilon_{csm,max}$	maximaler Bemessungswert der CSM-Dehnung
$\varepsilon_{csm,t}$	maximal erreichbarer Wert der CSM-Zugdehnung
ε_{Ed}	Bemessungsdehnung
ε_f	während der Umformung eingebrachte Dehnung in den flachen Abschnitten von rechteckigen Hohlquerschnitten
$\varepsilon_{p0,2}$	Gesamtdehnung zugehörig zur 0,2 %-Dehngrenze
ε_u	Bruchdehnung zugehörig zur Zugfestigkeit f_u
ε_y	elastische Dehnung an der Streckgrenze
$\bar{\lambda}_0$	bezogene Grenzschlankheit
$\bar{\lambda}_m$	bezogener Schlankheitsgrad des Bauteils, ermittelt am kritischen Querschnitt m
$\bar{\lambda}_{c,cs}$	Schlankheitsgrad des Querschnittes für runde Hohlprofile
$\bar{\lambda}_{p,cs}$	Schlankheitsgrad des Querschnittes für Profile aus flachen Blechen
μ	Haftreibungszahl
ρ_{csm}	Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Interaktion zwischen Biegung und Schub
$\sigma_{cr,c}$	elastische Beulspannung des vollständigen Querschnittes des runden Hohlprofils
$\sigma_{cr,cs}$	elastische lokale Beulspannung des vollständigen Querschnittes
$\sigma_{i,Ed,ser}$	Bemessungswert der Normalspannung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

4 Grundlagen der Bemessung

4.1 Allgemeine Bemessungsregeln

4.1.1 Grundlegende Anforderungen

(1) Die Bemessung von Tragwerken aus nichtrostendem Stahl muss in Übereinstimmung mit den allgemeinen Regeln von EN 1990 und EN 1991 (alle Teile) sowie mit den spezifischen Bemessungsvorschriften für Stahltragwerke nach EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-5 und EN 1993-1-8 erfolgen.

(2) Stahltragwerke, die nach diesem Dokument bemessen und konstruiert werden, müssen nach EN 1090-2 und EN 1090-4 mit den in den zutreffenden Teilen von EN 1993 oder in den maßgebenden Werkstoff- und Produktspezifikationen festgelegten Baustoffen und -produkten ausgeführt werden.

4.2 Versuchsgestützte Bemessung

(1) Versuchskörper sollten auf ähnliche Art und Weise wie die Komponenten des Endproduktes hergestellt werden, so dass sich dieselben Verfestigungsgrade einstellen.

(2) Aufgrund der Anisotropie von kaltverformten nichtrostenden Stählen sollten die Versuchskörper aus Platten oder Blechen mit gleicher Orientierung zur Walzrichtung wie für das Tragwerk beabsichtigt hergestellt werden (d. h. senkrecht oder parallel zur Walzrichtung). Ist die endgültige Walzrichtung nicht bekannt oder kann sie nicht garantiert werden, sollten Versuche für beide Walzrichtungen durchgeführt und das ungünstigste Ergebnis zugrunde gelegt werden.

5 Werkstoffe

5.1 Nichtrostende Stähle im Bauwesen

5.1.1 Allgemeines

(1) Für die Bemessung von Tragwerken aus austenitischem nichtrostenden Stahl, aus nichtrostendem Duplexstahl und aus ferritischem nichtrostenden Stahl nach diesem Dokument sollte der Werkstoff einer der in Tabelle A.3 angegebenen Stahlsorten und einer der Produktnormen EN 10088, EN 10028-7, EN 10296-2 und EN 10297-2 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Die gebräuchlichsten Sorten nichtrostender Stähle von Tabelle A.3 sind in Tabelle 5.1 entsprechend ihrer Korrosionsbeständigkeitsklasse und ihrer Festigkeitsklasse aufgeführt.

ANMERKUNG 2 Andere Sorten nichtrostender Stähle und andere Erzeugnisse können im Nationalen Anhang festgelegt sein.

(2) Falls andere Sorten nichtrostender Stähle als die in (1) genannten verwendet werden, müssen ihre mechanischen Eigenschaften - bei Prüfung in Übereinstimmung mit den einschlägigen EN-, ISO- oder EN ISO-Prüfnormen - die in 5.1.2.1(4), 5.1.3 und 5.1.4 angegebenen Anforderungen erfüllen. Sofern maßgebend, sollte eine fachliche Beratung in Bezug auf Dauerhaftigkeit, Fertigung, Schweißbarkeit, Ermüdungsfestigkeit und Verhalten bei hohen Temperaturen dieser Stahlsorten hinzugezogen werden.

Tabelle 5.1 — Festigkeits- und Korrosionsbeständigkeitsklassen für gebräuchliche nichtrostende Stähle

Korrosions- beständigkeitsklasse (siehe Anhang A)	Festigkeitsklasse			
	SC210		SC450	
	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)
	210	500	450	650
I	1.4003 ^a (F)			
II	1.4301 (A) 1.4307 (A)		1.4482 (D)	
III	1.4401 (A) 1.4404 (A) 1.4435 (A) 1.4571 (A)		1.4162 (D) 1.4362 ^b (D) 1.4062 (D)	

Korrosions- beständigkeitsklasse (siehe Anhang A)	Festigkeitsklasse			
	SC210		SC450	
	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)
	210	500	450	650
IV			1.4462 (D) 1.4662 (D)	
V			1.4410 (D) 1.4501 (D)	
ANMERKUNG 1 Nichtrostende Stähle: F = ferritisch, A = austenitisch und D = Duplex.				
ANMERKUNG 2 Die gebräuchlichsten austenitischen nichtrostenden Stähle sind 1.4301/1.4307 und 1.4401/1.4404.				
ANMERKUNG 3 Die Festigkeiten beziehen sich auf Bleche, Platten und Bänder sowie auf die daraus hergestellten Produkte. Die Festigkeiten beziehen sich auch auf kaltgeformte Hohlprofile ohne Berücksichtigung der durch die Fertigung bedingten Festigkeitssteigerung.				
ANMERKUNG 4 Für Stangen, warmgewalzte offene Profile und nahtlose Rohre beträgt $f_y = 180$ N/mm ² für die Stahlsorten der Festigkeitsklasse SC210, während EN 10088 die Werte für f_y für die Stahlsorten der Festigkeitsklasse SC450 enthält.				
ANMERKUNG 5 Tabelle A.3 enthält eine größere Auswahl nichtrostender Stähle und ordnet diese in Korrosionsbeständigkeitsklassen ein.				
^a $f_y = 250$ N/mm ² bis 280 N/mm ² für 1.4003, je nach Erzeugnisform, und $f_u = 450$ N/mm ² . Für Stäbe gelten ausschließlich die f_u -Werte.				
^b $f_y = 400$ N/mm ²				

5.1.2 Mechanische Eigenschaften

5.1.2.1 Allgemeines

(1) Die Nennwerte der Streckgrenze f_y und der Zugfestigkeit f_u für nichtrostenden Stahl sollten wie folgt ermittelt werden:

- a) entweder durch Anwendung der Festigkeitsklassen von Tabelle 5.1;
- b) oder durch direkte Übernahme der Werte $f_y = R_{p0,2}$ und $f_u = R_m$ (als die Untergrenze des angegebenen Bereiches) aus der Produktnorm.

ANMERKUNG In Abhängigkeit von der Erzeugnisform kann die Produktnorm höhere Festigkeitswerte als die in Tabelle 5.1 angegebenen enthalten.

Die Festigkeiten der Stahlsorten, die nicht in Tabelle 5.1 aufgeführt sind, sollten der Produktnorm entnommen werden.

(2) Höhere Festigkeitswerte können sich bei der Kaltverformung von Blechen, wie in 5.1.2.2 und Tabelle 5.2 angegeben, oder bei der Herstellung von kaltverformten Profilen, wie in 5.1.2.3 angegeben, ergeben.

(3) Die Festigkeitssteigerung durch Kaltumformung sollte nicht bei Bauteilen angewendet werden, die geschweißt werden oder die einer Wärmebehandlung unterzogen werden, es sei denn, die örtlich begrenzte Festigkeitsminderung durch Glühen wird anhand von Versuchen am vollständigen Querschnitt bestimmt.

(4) Die Duktilitätsanforderungen von EN 1993-1-1 müssen auch für nichtrostende Stähle angewendet werden. Von Stählen, die mit einer der in Tabelle 5.1 aufgeführten Stahlsorte übereinstimmen, darf angenommen werden, dass sie diesen Anforderungen entsprechen. In Tabelle 5.2 aufgeführte Stähle sollten festgelegte Eigenschaften aufweisen, die die Duktilitätsanforderungen von EN 1993-1-1 erfüllen.

(5) Wenn die Bauteiltragfähigkeit durch Kaltverformung erhöht wird (siehe 5.1.2.3), sollte die Bemessung der Anschlüsse unter Berücksichtigung dieser erhöhten Bauteiltragfähigkeit erfolgen, besonders dann, wenn eine Kapazitätsbemessung erforderlich ist.

5.1.2.2 Kaltverfestigte Werkstoffe

(1) Dieses Dokument behandelt die Bemessung von austenitischem nichtrostenden Stahl in den kaltverfestigten Zuständen CP350 und CP500. Die Nennwerte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit sind in Tabelle 5.2 angegeben.

(2) Entsprechend EN 10088-4 legt die CP-Klassifizierung nur die erforderliche 0,2 %-Dehngrenze, f_y , fest. Deshalb sollte der Stahl festgelegte Eigenschaften aufweisen, die die tabellierten konservativen Werte für die Zugfestigkeit, f_u , erfüllen, sofern nicht durch eine Musterprüfung die Zulässigkeit höherer Werte nachgewiesen wird.

Tabelle 5.2 — Nennwerte der Streckgrenze f_y und der Zugfestigkeit f_u für kaltverfestigte austenitische nichtrostende Stähle

Kaltverfestigter Zustand	f_y (N/mm ²) ^a			f_u (N/mm ²)
	Stahlsorte	Zug	Druck	
CP350	1.4301, 1.4541, 1.4401, 1.4571	350	315	600
CP500	1.4301, 1.4541, 1.4401, 1.4571	470	350	650
	1.4318	430		

^a EN 10088 enthält die festgelegten Mindestwerte für die 0,2 %-Dehngrenzen bei Zugbeanspruchung von 350 N/mm² und 500 N/mm² in Querrichtung für CP350 bzw. CP500. Die in dieser Tabelle angegebenen abgeminderten Werte für f_y berücksichtigen die Anisotropie und das asymmetrische Verhalten des kaltverfestigten Werkstoffes. Für f_u ist keine Abminderung erforderlich.

5.1.2.3 Werkstoffeigenschaften von kaltumgeformten Profilen und Blechen

(1) Anstelle von f_y und f_u dürfen eine durchschnittliche Streckgrenze f_{ya} und eine durchschnittliche Zugfestigkeit f_{ua} verwendet werden, um die Festigkeitssteigerung zu berücksichtigen, die bei der Herstellung von kaltumgeformten Profilen erzielt wird, außer für Werkstoffe in den kaltverfestigten Zuständen CP350 und CP500 (siehe Tabelle 5.2).

(2) f_{ya} ergibt sich aus:

$$f_{ya} = \frac{f_{yc} A_c + f_{yf}(A - A_c)}{A} \quad \text{Für gekantete Profile oder kaltgewalzte rechteckige Hohlprofile} \quad (5.1)$$

$$f_{ya} = f_{yCHS} \quad \text{für kaltgewalzte runde Hohlprofile} \quad (5.2)$$

Dabei ist

A die Gesamtquerschnittsfläche des Profils;

A_c die gesamte Eckquerschnittsfläche des Profils, die sich wie folgt ergibt:

$$A_c = \left(n_c \pi \frac{t}{4} \right) (2r + t) \quad \text{für gekantete Profile} \quad (5.3)$$

$$A_c = \left(n_c \pi \frac{t}{4} \right) (2r + t) + 4n_c t^2 \quad \text{für kaltgewalzte rechteckige Hohlprofile} \quad (5.4)$$

Dabei ist

n_c die Anzahl der 90°-Ecken dieses Profils;

r der innere Biegeradius, der mit $2t$ angesetzt werden darf, sofern er nicht bekannt ist;

f_{yc} die erhöhte Streckgrenze im Eckbereich, ermittelt durch:

$$f_{yc} = 0,85 f_y \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{p0,2}} + 1 \right)^{n_p} \quad \text{aber} \quad f_y \leq f_{yc} \leq f_u \quad (5.5)$$

f_{yf} die erhöhte Streckgrenze in den flächigen Abschnitten von kaltgewalzten rechteckigen Hohlprofilen, ermittelt mit Gleichung (5.6). Bei gekanteten Profilen sollte f_{yf} als f_y angesetzt werden.

$$f_{yf} = 0,85 f_y \left(\frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_{p0,2}} + 1 \right)^{n_p} \quad \text{aber} \quad f_y \leq f_{yf} \leq f_u \quad (5.6)$$

f_y die Streckgrenze des Grundwerkstoffes (siehe 5.1.2.1(1));

f_{yCHS} die erhöhte Streckgrenze eines kaltgewalzten runden Hohlprofils, ermittelt durch:

$$f_{yCHS} = 0,85 f_y \left(\frac{\varepsilon_{CHS}}{\varepsilon_{p0,2}} + 1 \right)^{n_p} \quad \text{aber} \quad f_y \leq f_{yCHS} \leq f_u \quad (5.7)$$

Dabei ist

$$n_p = \frac{\ln(f_y/f_u)}{\ln(\varepsilon_{p0,2}/\varepsilon_u)} \quad (5.8)$$

$$\varepsilon_{p0,2} = 0,002 + \frac{f_y}{E} \quad (5.9)$$

E der Elastizitätsmodul, siehe 5.1.5;

f_u die Zugfestigkeit des Grundwerkstoffes (siehe 5.1.2.1(1));

ε_c die Dehnung im Eckbereich, die während der Profilumformung eingebracht wird, die sich wie folgt ergibt:

$$\varepsilon_c = \frac{t}{2(2r + t)} \quad (5.10)$$

ε_f die Dehnung in den flachen Abschnitten von rechteckigen Hohlprofilen, die während der Profilumformung eingebracht wird die sich mit Gleichung (5.11) ergibt, wobei alle Maße in Millimeter angegeben werden müssen:

$$\varepsilon_f = \left[\frac{t}{900} \right] + \left[\frac{\pi t}{2(b + h - 2t)} \right] \quad (5.11)$$

ε_{CHS} die Dehnung in einem runden Hohlprofil, die während der Profilumformung eingebracht wird, ermittelt durch:

$$\varepsilon_{CHS} = \frac{t}{2(d - t)} \quad (5.12)$$

ε_u die Bruchdehnung, zugehörig zur Zugfestigkeit f_u , die näherungsweise wie folgt bestimmt werden darf:

a) für austenitische nichtrostende Stähle und nichtrostende Duplexstähle

$$\varepsilon_u = 1 - \frac{f_y}{f_u} \quad \text{aber} \quad \varepsilon_u \leq \varepsilon_f \quad (5.13)$$

b) für ferritische nichtrostende Stähle

$$\varepsilon_u = 0,6 \left[1 - \frac{f_y}{f_u} \right] \quad \text{aber} \quad \varepsilon_u \leq \varepsilon_f \quad (5.14)$$

ε_f die Bruchdehnung, wie in der Produktnorm definiert.

(3) f_{ua} ergibt sich aus:

a) für austenitische nichtrostende Stähle und nichtrostende Duplexstähle

$$f_{ua} = \frac{f_{ya}}{0,20 + 185 \frac{f_{ya}}{E}} \quad (5.15)$$

b) für ferritische nichtrostende Stähle

$$f_{ua} = \frac{f_{ya}}{0,46 + 145 \frac{f_{ya}}{E}} \quad (5.16)$$

5.1.3 Bruchzähigkeit

(1) Austenitische nichtrostende Stähle, ferritische nichtrostende Stähle und nichtrostende Duplexstähle besitzen unterschiedliche Bruchzähigkeiten.

ANMERKUNG Informationen zur Versprödung infolge des Kontaktes mit flüssigem Zink sind in A.5 angegeben.

(2) Von den austenitischen nichtrostenden Stählen, die in diesem Dokument behandelt werden, darf angenommen werden, dass sie eine ausreichende Bruchzähigkeit aufweisen und Sprödbbruch von zugbeanspruchten Bauteilen bei Betriebstemperaturen bis zu -50°C somit vermieden wird.

Falls die Stahlsorten 1.4301, 1.4307, 1.4311, 1.4318 oder 1.4306 stark kaltverfestigt werden, sollte nachgewiesen werden, dass die Bruchzähigkeit des Werkstoffes bei einer Dicke über 10 mm nicht kleiner ist als der kleinste KV-Wert, der in EN 10088-4 oder EN 10088-5 festgelegt ist.

(3) Falls austenitische nichtrostende Stähle bei Temperaturen unter -50 °C verwendet werden, sollte anhand von Prüfungen nachgewiesen werden, dass der Werkstoff nach den erforderlichen Fertigungsschritten einen KV-Wert von mindestens 40 J bei der niedrigsten Betriebstemperatur besitzt.

(4) Von den in diesem Dokument behandelten ferritischen nichtrostenden Stählen darf angenommen werden, dass sie eine ausreichende Bruchzähigkeit besitzen und Spröddbruch vermieden wird, wenn die Dicke der zugbeanspruchten Bauteile $t \leq 5\text{ mm}$ beträgt. Wenn $t > 5\text{ mm}$, sollte der Nachweis einer ausreichenden Bruchzähigkeit erbracht werden, indem das bruchmechanisch basierte Konzept der EN 1993-1-10 angewendet wird.

(5) Für die in diesem Dokument behandelten nichtrostenden Duplexstähle enthalten Tabelle 5.3 und Tabelle 5.4 die höchstzulässigen Erzeugnisdicken als Funktion der Stahlfestigkeit, der Anforderungen an die Bruchzähigkeit im Sinne des KV-Wertes, der aufgetragenen Spannung σ_{Ed} und der Bezugstemperatur T_{Ed} . Tabelle 5.3 gilt für die Ausführungsklassen EXC3 und EXC4, und Tabelle 5.4 gilt für die Ausführungsklassen EXC1 und EXC2.

Da EN 10088 keine CVN-Anforderungen bei niedrigen Temperaturen enthält, sind in Tabelle 5.3 und Tabelle 5.4 die höchstzulässigen Werte der Erzeugnisdicke für vier Bruchzähigkeitsanforderungen, TR1 bis TR4, festgelegt. Der Bemessungsingenieur muss die mindestens erforderliche Bruchzähigkeitsanforderung festlegen, die für die jeweilige Anwendung geeignet sind.

σ_{Ed} und T_{Ed} sollten nach EN 1993-1-10 berechnet werden. Die Werte in den Tabellen basieren auf den Annahmen von EN 1993-1-10.

$f_y(t) = f_y - 0,25(t/t_0)$ mit $t_0 = 1\text{ mm}$, oder $f_y(t)$ darf als $R_{p0,2}$ aus der Produktnorm übernommen werden.

ANMERKUNG Tabelle 5.3 und Tabelle 5.4 behandeln keine kaltgeformten Profile und Bleche.

(6) Falls erforderlich, müssen Prüfungen durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass nichtrostende Duplexstähle bei der nach Tabelle 5.3 oder Tabelle 5.4 für die jeweilige Güte gewählten Prüftemperatur einen KV-Wert von mindestens 40 J besitzen.

Tabelle 5.3 — Höchstzulässige Werte der Erzeugnisdicke t , in mm, für nichtrostenden Duplexstahl in den Ausführungsklassen EXC3 und EXC4

Stahlsorte	f_y N/mm ² (warm- gewalzt- tes Blech)	Bruch- zähigkeits- anforde- rung	KV		Bezugstemperatur T_{Ed} [°C]																				
			bei T	J_{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
			[°C]	[J]	$\sigma_{Ed} = 0,75f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,50f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,25f_y(t)$				
1.4062, 1.4162, 1.4482	450	TR1	-20	40	70	60	45	40	30	25	20	120	100	85	70	55	45	40	185	160	140	120	105	90	75
		TR2	-30	40	85	70	60	45	40	30	25	140	120	100	85	70	55	45	200	185	160	140	120	105	90
1.4662	480	TR1	-20	40	65	55	45	35	30	20	15	110	95	80	65	55	45	35	180	155	135	115	100	85	70
		TR2	-30	40	80	65	55	45	35	30	20	130	110	95	80	65	55	45	200	180	155	135	115	100	85
1.4362	400	TR3	-40	40	110	95	80	65	50	40	35	175	150	130	110	90	75	65	200	200	195	170	150	130	110
		TR4	-50	40	130	110	95	80	65	50	40	200	175	150	130	110	90	75	200	200	200	195	170	150	130
1.4462	460	TR3	-40	40	100	85	70	55	45	35	30	160	135	115	95	80	70	55	200	200	185	160	140	120	100
		TR4	-50	40	120	100	85	70	55	45	35	185	160	135	115	95	80	70	200	200	200	185	160	140	120
1.4410, 1.4501, 1.4507	530	TR3	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	145	125	105	85	70	60	50	200	195	170	150	125	110	95
		TR4	-50	40	110	90	75	60	50	40	30	170	145	125	105	85	70	60	200	200	195	170	150	125	110

ANMERKUNG 1

Es kann linear interpoliert werden. Die meisten Anwendungen fordern σ_{Ed} -Werte zwischen $0,75 f_y(t)$ und $0,50 f_y(t)$. $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ ist für Zwecke der Interpolation und zur Anwendung für Elemente unter Druckspannung angegeben.

ANMERKUNG 2

Die höchstzulässigen Werte der Erzeugnisdicke t sind auf 200 mm begrenzt. Die in den Tabellen angegebenen Dickenwerte können den oberen Grenzwert der Dicke, der in den einschlägigen Produktnormen angegeben ist, überschreiten.

Tabelle 5.4 — Höchstzulässige Werte der Erzeugnisdicke t , in mm, für nichtrostenden Duplexstahl in den Ausführungsklassen EXC1 und EXC2

Stahlsorte	f_y N/mm ² (warm- gewalz- tes Blech)	Bruch- zähigkeits- anforde- rung	KV		Bezugstemperatur T_{Ed} [°C]																						
			bei T	J_{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50		
			[°C]	[J]	$\sigma_{Ed} = 0,75f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,50f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,25f_y(t)$						
1.4062, 1.4162, 1.4482	450	TR1	-20	40	200	200	200	150	105	75	50	200	200	200	200	200	195	140	200	200	200	200	200	200	200		
		TR2	-30	40	200	200	200	200	150	105	75	200	200	200	200	200	200	195	200	200	200	200	200	200	200		
1.4662	480	TR1	-20	40	200	200	195	135	95	65	45	200	200	200	200	200	175	125	200	200	200	200	200	200	200		
		TR2	-30	40	200	200	200	195	135	95	65	200	200	200	200	200	200	175	200	200	200	200	200	200	200		
1.4362	400	TR3	-40	40	200	200	200	200	200	185	130	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		
		TR4	-50	40	200	200	200	200	200	200	185	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		
1.4462	460	TR3	-40	40	200	200	200	200	200	145	100	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		
		TR4	-50	40	200	200	200	200	200	200	145	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		
1.4410, 1.4501, 1.4507	530	TR3	-40	40	200	200	200	200	160	110	80	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		
		TR4	-50	40	200	200	200	200	200	160	110	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		
ANMERKUNG 1 Es kann linear interpoliert werden. Die meisten Anwendungen fordern σ_{Ed} -Werte zwischen $0,75 f_y(t)$ und $0,50 f_y(t)$. $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ ist für Zwecke der Interpolation und zur Anwendung für Elemente unter Druckspannung angegeben.																											
ANMERKUNG 2 Die höchstzulässigen Werte der Erzeugnisdicke t sind auf 200 mm begrenzt. Die in den Tabellen angegebenen Dickenwerte können den oberen Grenzwert der Dicke, der in den einschlägigen Produktnormen angegeben ist, überschreiten.																											

5.1.4 Eigenschaften in Dickenrichtung

(1) Für austenitische nichtrostende Stähle und nichtrostende Duplexstähle ist es nicht notwendig, verbesserte Eigenschaften in Dickenrichtung für die Werkstoffe festzulegen, weil sie keinen Terrassenbruch zeigen.

(2) Wenn ein Blech aus ferritischem nichtrostenden Stahl mit einer Dicke über 20 mm in geschweißten T-, Kreuz- oder Eckverbindungen verwendet wird, sollten die Hinweise zur Auswahl der Eigenschaften in Dickenrichtung von EN 1993-1-10 befolgt werden. Der niedrige Schwefelgehalt dieser nichtrostenden Stähle bedeutet jedoch, dass ein Terrassenbruch unwahrscheinlich ist.

5.1.5 Werte anderer Werkstoffeigenschaften

(1) Die Werkstoffeigenschaften, die in den Berechnungen zu verwenden sind, sollten als die folgenden Mittelwerte für nichtrostende Stähle angesetzt werden:

Elastizitätsmodul $E = 200\,000\text{ N/mm}^2$

Schubmodul $G = \frac{E}{2(1+\nu)} \approx 77\,000\text{ N/mm}^2$

Poisson'sche Zahl $\nu = 0,3$

Wärmeausdehnungskoeffizient
(für $T \leq 100^\circ\text{C}$) $\alpha_T = 16 \times 10^{-6}\text{ je K}$ für austenitische nichtrostende Stähle

$\alpha_T = 13 \times 10^{-6}\text{ je K}$ für nichtrostende Duplexstähle

$\alpha_T = 10 \times 10^{-6}\text{ je K}$ für ferritische nichtrostende Stähle

(2) Spannungs-Dehnungs-Kurven nach prEN 1993-1-14:2022 dürfen zur Beschreibung des Werkstoffverhaltens verwendet werden.

(3) Der Werkstoffparameter ε ist wie folgt festgelegt:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (5.18)$$

(4) Zur Berechnung der Verformungen von Einzelbauteilen darf der Sekantenmodul, der zur Bauteilspannung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit gehört, verwendet werden, siehe 9.2(5).

5.2 Verbindungsmittel

5.2.1 Mechanische Verbindungselemente

(1) Schrauben und Muttern aus nichtrostendem Stahl sollten EN ISO 3506-1 und EN ISO 3506-2 entsprechen. Unterlegscheiben sollten aus nichtrostendem Stahl bestehen und sollten EN ISO 7089 oder EN ISO 7090 entsprechen. Die Korrosionsbeständigkeit der Schrauben sollte der Korrosionsbeständigkeit des Grundmaterials entsprechen oder besser sein.

(2) Die Nennwerte für Streckgrenze f_{yb} und Zugfestigkeit f_{ub} für Schrauben aus nichtrostendem Stahl sollten Tabelle 5.5 entnommen werden.

Tabelle 5.5 — Nennwerte für f_{yb} und f_{ub} für Schrauben aus nichtrostendem Stahl

Werkstoffgruppen	Festigkeitsklasse nach EN ISO 3506	Streckgrenze f_{yb} N/mm²	Zugfestigkeit f_{ub} N/mm²
Austenitisch	50	210	500
Austenitisch und Duplex	70	450	700
Austenitisch und Duplex	80	600	800
Austenitisch und Duplex	100	800	1 000

5.2.2 Vorgespannte Schrauben

(1) Schraubengarnituren der Festigkeitsklassen 80 und 100 aus austenitischem nichtrostenden Stahl und nichtrostendem Duplexstahl dürfen als vorgespannte Schraubengarnituren in gleitfesten Verbindungen verwendet werden. Deren Eignung zum Vorspannen muss nachgewiesen werden, und die Anziehparameter müssen mithilfe einer Verfahrensprüfung zur Qualifizierung der Verschraubung abgeleitet werden. Die Verfahrensprüfung zur Qualifizierung der Verschraubung muss die Garnitur für die Schraubverbindung, das Anziehverfahren, die Anziehparameter, die Vorspannkraftverluste und die Anforderungen an die Inspektion festlegen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann die Auswahlprüfung des Verschraubungsverfahrens festlegen. CEN/TS XXXX, *Bolt tightening qualification procedure for stainless steel preloaded bolts* ist derzeit in Vorbereitung.

5.2.3 Schweißzusatzwerkstoffe

(1) EN 1993-1-8 enthält allgemeine Anforderungen an Schweißzusatzwerkstoffe.

(2) Die Schweißelektroden sollten zusätzlich zu den Anforderungen von EN 1993-1-8 in der Lage sein, eine Schweißnaht herzustellen, deren Korrosionsbeständigkeit für die Einsatzumgebung geeignet ist.

(3) Falls die Korrosionsbeständigkeit des Auftragwerkstoffes und des Schweißgutes nicht kleiner ist als die des zu schweißenden Materials, darf davon ausgegangen werden, dass die Korrosionsbeständigkeit der Schweißelektroden angemessen ist.

6 Dauerhaftigkeit

(1) Das Verfahren für die Auswahl einer für die Einsatzumgebung geeigneten nichtrostenden Stahlsorte muss Anhang A entsprechen.

7 Tragwerksberechnung

7.1 Tragwerksmodellierung für die Berechnung

(1) Die Festlegungen von EN 1993-1-1:2022, Abschnitt 7, sollten auf nichtrostende Stähle angewendet werden, sofern sie nicht durch die besonderen Festlegungen dieses Dokuments abgeändert oder ersetzt werden.

7.2 Berechnung des gesamten Tragwerkes

7.2.1 Berücksichtigung von Einflüssen nach Theorie II. Ordnung

(1) Eine Berechnung nach Theorie II. Ordnung ist nicht erforderlich, wenn die Anforderungen von EN 1993-1-1:2022, Gleichung (7.1) und Gleichung (7.2), erfüllt sind.

ANMERKUNG Der Wert von k_0 in EN 1993-1-1:2022, Gleichung (7.1), beträgt $1/\bar{\lambda}_0^2$, wobei $\bar{\lambda}_0$ die bezogene Grenزشlankheit nach Tabelle 8.3 ist, es sei denn, der Nationale Anhang enthält einen anderen Wert.

7.3 Imperfektionen

7.3.1 Äquivalente Vorkrümmung für die Tragwerks- und Bauteilbemessung

(1) Bei der elastischen Berechnung nach Theorie II. Ordnung und der Fließgelenkberechnung nach Theorie II. Ordnung darf die äquivalente Vorkrümmung e_0 von Bauteilen für Biegeknicken nach EN 1993-1-1:2022, 7.3.3.1, bestimmt werden.

(2) Bei der Fließzonenberechnung nach Theorie II. Ordnung mit entweder einem bi-linearen Werkstoffmodell (siehe 7.4.3.3) oder dem nichtlinearen Werkstoffmodell (siehe 7.4.3.4), das in prEN 1993-1-14:2022, 5.3.3 für nichtrostenden Stahl angegeben ist, darf die äquivalente Vorkrümmung e_0 für Biegeknicken nach Gleichung (7.1) bestimmt werden:

$$e_0 = \frac{\alpha L}{150} \quad (7.1)$$

Dabei ist

L die Bauteillänge;

α der Imperfektionsbeiwert in Abhängigkeit von der maßgebenden Knicklinie nach Tabelle 8.3.

7.3.2 Imperfektionen auf der Grundlage der Knickbiegelinien nach der Elastizitätstheorie

(1) Bei der elastischen Berechnung nach Theorie II. Ordnung und der Fließgelenkberechnung nach Theorie II. Ordnung (siehe 7.4.3.2) darf die Form der maßgebenden Knickbiegeline nach der Elastizitätstheorie η_{cr} des Tragwerkes als einzige globale Imperfektion und örtlich begrenzte Imperfektion nach EN 1993-1-1:2022, 7.3.6, angesetzt werden. Der Stich dieser Imperfektion sollte mit Gleichung (7.2) ermittelt werden:

$$e_{0,m} = \alpha_{\eta,m} (\bar{\lambda}_m - \bar{\lambda}_0) \frac{M_{Rk,m}}{N_{Rk,m}} \quad (7.2)$$

Dabei ist

m der Index, der den maßgebenden Querschnitt des Gesamttragwerkes oder des nachzuweisenden Bauteils bezeichnet. Der Index m gibt an, dass der Wert oder Die Eigenschaft zum maßgebenden Querschnitt gehört;

$\bar{\lambda}_m = \sqrt{\frac{N_{Rk,m}}{N_{cr,m}}}$ der bezogene Schlankheitsgrad des Bauteils, berechnet für den maßgebenden Querschnitt m ;

$N_{cr,m} = \alpha_{cr} N_{Ed,m}$ der Wert der kritischen Normalkraft im Querschnitt m und auch die kritische Normalkraft des Ersatzstabs;

α_{cr}	der kleinstmögliche Vergrößerungsfaktor der Normalkräfte N_{Ed} der Bauteile, um die ideale Verzweigungslast des Tragwerks zu erreichen;
$\alpha_{\eta,m}$	der Imperfektionsbeiwert α der zutreffenden Knicklinie am maßgebenden Querschnitt m , siehe Tabelle 8.3;
$\bar{\lambda}_0$	die bezogene Grenzschlankheit, siehe Tabelle 8.3;
$M_{Rk,m}$	der charakteristische Wert der Momentenbeanspruchbarkeit des maßgebenden Querschnittes m , z. B. $M_{el,Rk,m}$ oder $M_{pl,Rk,m}$, soweit maßgebend;
$N_{Rk,m}$	der charakteristische Wert der Normalkraftbeanspruchbarkeit des maßgebenden Querschnittes m .

7.4 Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung nicht-linearen Werkstoffverhaltens

7.4.1 Allgemeines

(1) Die Schnittgrößen dürfen nach einem der beiden folgenden Verfahren ermittelt werden:

- a) Tragwerksberechnung nach der Elastizitätstheorie (siehe 7.4.2), oder
- b) Tragwerksberechnung nach der Plastizitätstheorie (siehe 7.4.3.1).

7.4.2 Tragwerksberechnung nach der Elastizitätstheorie

(1) Die Tragwerksberechnung nach der Elastizitätstheorie darf für alle Tragwerke angewendet werden, bei denen das Verhalten aller Bauteile, die zur Gesamtstabilität beitragen, unter allen Lastfällen vorwiegend elastisch bleibt (siehe 7.4.2(3)) und für Tragwerke, bei denen ein Steifigkeitsverlust durch nichtlineares Werkstoffverhalten einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Schnittkräfte hat.

(2) Nichtlineares Werkstoffverhalten verringert die Steifigkeit des Tragwerkes. Die Auswirkungen dieser Steifigkeitsverringerung sollten durch eine Fließzonenberechnung berücksichtigt werden (siehe 7.4.3.3 oder 7.4.3.4), falls sie die Schnittgrößen deutlich vergrößern oder das Tragwerksverhalten erheblich beeinflussen.

(3) Es wird davon ausgegangen, dass Bauteile vorwiegend elastisch bleiben, wenn die Bedingung von Gleichung (7.3) erfüllt ist.

$$\frac{E_s}{E} > 0,2 \quad (7.3)$$

wobei E_s der Sekantenmodul bezogen auf die Spannung σ nach Gleichung (7.4) ist:

$$E_s = \frac{E}{1 + 0,002 \frac{E}{\sigma} \left(\frac{\sigma}{f_y} \right)^n} \quad (7.4)$$

E ist der Elastizitätsmodul;

σ ist die maximale Spannung, die anhand einer elastischen Berechnung nach Theorie I. Ordnung ermittelt wird, im Querschnitt eines beliebigen Bauteils, das zur Gesamtstabilität des Tragwerks bei Bemessungslast beiträgt,;

f_y ist die Fließgrenze;

n ist der Verfestigungsexponent, siehe Tabelle 9.1.

7.4.3 Tragwerksberechnung nach der Plastizitätstheorie

7.4.3.1 Allgemeines

(1) Die Tragwerksberechnung nach der Plastizitätstheorie berücksichtigt die Einflüsse nichtlinearen Werkstoffverhaltens bei der Ermittlung der Schnittgrößen. Die Tragwerksberechnung sollte nach einem der drei folgenden Verfahren erfolgen:

- a) Fließgelenkverfahren (siehe 7.4.3.2): das nicht-lineare Werkstoffverhalten konzentriert sich auf voll plastizierte Querschnitte in den Fließgelenken und/oder Anschlüssen, die als Fließgelenke wirken;
- b) Fließzonenverfahren mit einem bi-linearen Werkstoffmodell (siehe 7.4.3.3): die Teilplastizierung der Bauteile in Fließzonen wird explizit berücksichtigt durch Anwendung eines bi-linearen Werkstoffmodells (siehe EN 1993-1-1:2022, Bild 7.9); Verfestigung wird ebenfalls durch Anwenden eines bi-linearen Werkstoffmodells mit Verfestigung berücksichtigt (siehe B.4 und Bild B.1);
- c) Das Fließzonenverfahren mit dem zweistufigen Ramberg-Osgood-Werkstoffmodell (siehe 7.4.3.4): die Teilplastizierung, der schrittweiser Steifigkeitsverlust und die Verfestigung von Bauteilen in den Fließzonen werden explizit mithilfe des Werkstoffmodells von prEN 1993-1-14:2022, 5.3.3, berücksichtigt.

(2) Bei der Tragwerksberechnung nach der Plastizitätstheorie (Fließgelenk oder Fließzone) darf Theorie I. Ordnung zur Bestimmung der Biegemomente in der Ebene für den verschieblichen Versagensmodus nach EN 1993-1-1:2022, 7.2.1(5), angewendet werden, wenn das Kriterium von Gleichung (7.5) erfüllt ist:

$$\alpha_{cr,sw,mod} \geq 10 \quad (7.5)$$

Dabei ist

$\alpha_{cr,sw,mod}$ der modifizierte Faktor, bestimmt mit Gleichung (7.6), mit dem der Bemessungswert der Belastung erhöht werden müsste, um die ideale Verzweigungslast des Gesamttragwerks am seitlich verschieblichen System zu erreichen wobei der Einfluss der Plastizität auf die seitliche Verschiebungsteifigkeit des Rahmens zu berücksichtigen;

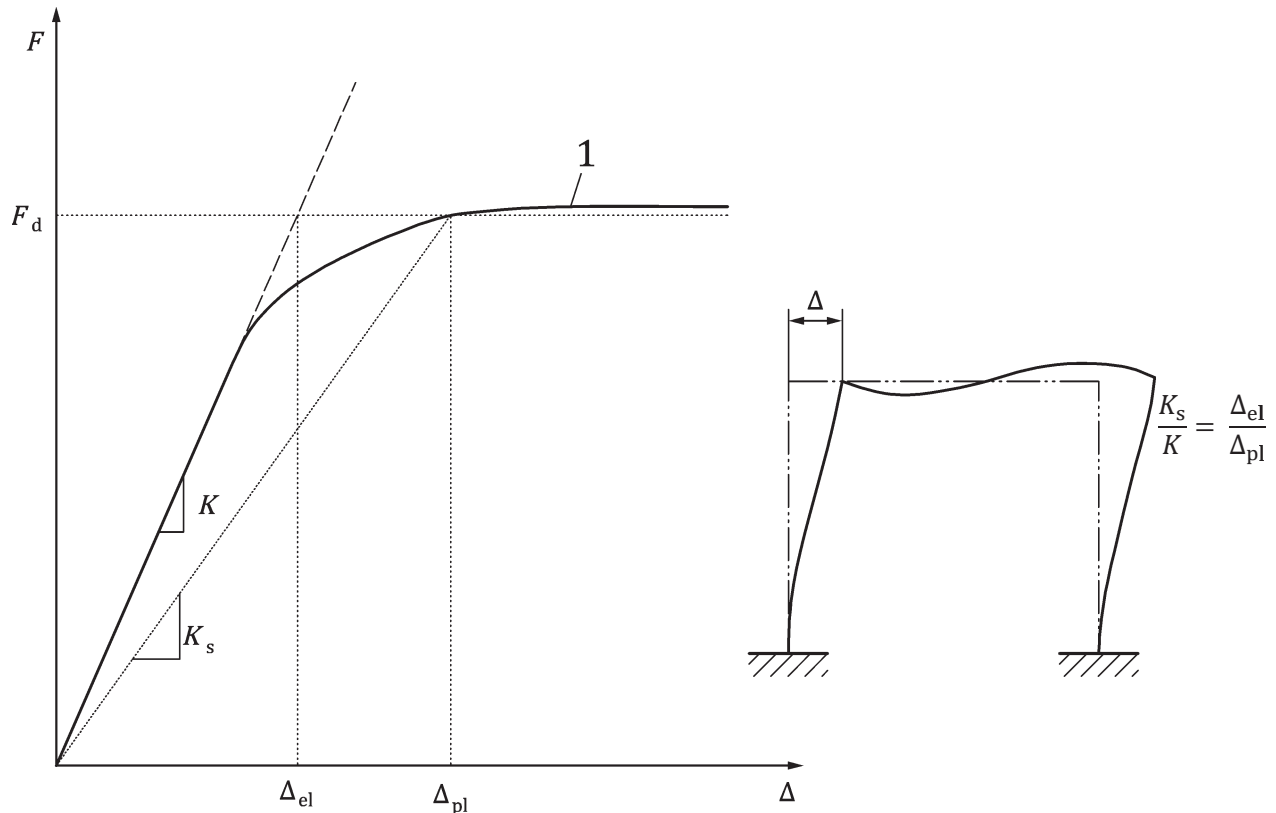
$$\alpha_{cr,sw,mod} = \frac{K_s}{K} Y \alpha_{cr,sw} \quad (7.6)$$

K_s/K das Verhältnis von seitlicher Sekantensteifigkeit beim Bemessungswert der auf das Tragwerk wirkenden Last, F_d , zur seitlichen Anfangssteifigkeit des Tragwerks infolge des Einflusses der Plastizität (d. h. durch eine plastische Tragwerksberechnung (Fließgelenk oder Fließzone) nach Theorie I. Ordnung ermittelt, wie in Bild 7.1 dargestellt). K_s/K darf alternativ in Form von Verformungen Δ_{el}/Δ_{pl} angegeben werden, wie in Bild 7.1 dargestellt;

Y der Faktor, mit dem der weitere Steifigkeitsverlust aus Einflüssen aus Theorie II. Ordnung näherungsweise erfasst wird, übernommen aus Tabelle 7.1;

$\alpha_{cr,sw}$ darf nach EN 1993-1-1:2022, Gleichung (7.2), berechnet werden.

Bei mehrstöckigen Rahmentragwerken sollte K_s/K basierend auf dem kritischen Stockwerk berechnet werden.



Legende

F Last

Δ horizontale Verformung

1 Reaktion erhalten aus einer Berechnung des nichtlinearen Werkstoffverhaltens

Bild 7.1 — Bestimmung des Verhältnisses K_s/K

Tabelle 7.1 — γ -Faktor

Nichtrostender Stahl	Für einstöckige Hallenrahmen	Für alle anderen Rahmen
Austenitisch	0,80	0,55
Duplex	0,85	0,60
Ferritisch	0,90	0,65

7.4.3.2 Fließgelenkverfahren

(1) Die in 7.4.3.1 dieses Dokuments und in EN 1993-1-1:2022, 7.6, festgelegten Anforderungen an Fließgelenke sollten erfüllt sein.

(2) Die Auswirkungen einer verformten Geometrie des Tragwerks und die strukturelle Stabilität des Rahmens sollten nach 7.4.3.1(2) nachgewiesen werden.

(3) Das Fließgelenkverfahren darf ausschließlich für austenitische nichtrostende Stähle und für nichtrostende Duplexstähle angewendet werden.

7.4.3.3 Fließzonenverfahren mit bi-linearem Werkstoffmodell

(1) Die bi-lineare elastisch, perfekt plastische Spannungs-Dehnungs-Beziehung von EN 1993-1-1:2022, Bild 7.9, oder die bi-linear elastische Spannungs-Dehnungs-Beziehung mit linearer Verfestigung von Bild B.1 dürfen angewendet werden.

(2) Die Auswirkungen einer verformten Geometrie des Tragwerks und die strukturelle Stabilität des Rahmens sollten nach 7.4.3.1(2) nachgewiesen werden.

(3) Der Nachweis der Querschnittstragfähigkeit darf entweder durch Überprüfungen der Querschnittstragfähigkeit (siehe 8.2 oder Anhang B) oder, auf genauere Weise, durch die Anwendung von Dehnungsgrenzen erfolgen, siehe 7.4.3.5.

(4) Unter der Voraussetzung, dass die Dehnungsgrenzen aus nach der verformungsbasierten Bemessung (CSM) nach 7.4.3.5 eingehalten werden, darf eine Fließzonenberechnung mit einem bi-linearen Werkstoffmodell für Tragwerke aller Querschnittsklassen angewendet werden. Eine Klassifizierung der Querschnitte ist nicht erforderlich.

(5) Bei der Anwendung der Verfahren M4 und M5 (siehe EN 1993-1-1:2022, 7.2.2) mit Fließzonenberechnung unter Anwendung eines bi-linearen Werkstoffmodells sollten die äquivalenten Vorkrümmungen von 7.3.1 angewendet werden und der Elastizitätsmodul sollte als der charakteristische (fünftes Perzentil) Wert gleich $E = 191\,000\text{ N/mm}^2$ angesetzt werden.

7.4.3.4 Fließzonenverfahren mit dem zweistufigen Ramberg-Osgood-Werkstoffmodell

(1) Das nichtlineare Spannungs-Dehnungs-Verhalten des Werkstoffes, beschrieben durch das zweistufige Ramberg-Osgood-Werkstoffmodell in prEN 1993-1-14:2022, sollte angewendet werden.

(2) Unter der Voraussetzung, dass die Dehnungsgrenzen in 7.4.3.5 eingehalten werden, darf eine Fließzonenberechnung mit dem zweistufigen Ramberg-Osgood-Werkstoffmodell für Tragwerke aller Querschnittsklassen angewendet werden. Eine Klassifizierung der Querschnitte ist nicht erforderlich.

(3) Bei der Anwendung der Verfahren M4 und M5 (siehe EN 1993-1-1:2022, 7.2.2) mit Fließzonenberechnung unter Anwendung des zweistufigen Ramberg-Osgood-Werkstoffmodells sollten die äquivalenten Vorkrümmungen von 7.3.1 angewendet werden und der Elastizitätsmodul sollte als der charakteristische (fünftes Perzentil) Wert gleich $E = 191\,000\text{ N/mm}^2$ angesetzt werden.

7.4.3.5 Dehnungsgrenzen für die Fließzonenberechnung

(1) Bei der Fließzonenberechnung von doppelt-symmetrischen I-Profilen und rechteckigen Hohlprofilen dürfen für eine erhöhte Genauigkeit anstelle der Überprüfung der Querschnitte die Dehnungsgrenzen der CSM, siehe Gleichung (7.9) und Gleichung (7.10), verwendet werden. Die Dehnungsgrenzen simulieren örtliches Beulen und steuern das Ausmaß der Ausbreitung der Plastizität, der Momentenumlagerung und der Verfestigung.

(2) Das Gesamttragwerk oder das tragende Bauteil muss das Kriterium nach Gleichung (7.7) erfüllen:

$$\frac{F_d}{F_{Rd}} \leq 1 \quad (7.7)$$

Dabei ist

$$F_{Rd} = F_{Rk}/\gamma_{M1}$$

F_{Rk} der charakteristische Wert der Beanspruchbarkeit des Bauteils als Spitzenwert aus einer Tragwerksberechnung nach der Plastizitätstheorie oder als Punkt, bei dem die CSM-Grenzdehnung (siehe 7.4.3.5(3)) erreicht wird, wobei der kleinere Wert gilt.

(3) Die maximale Dehnung infolge Druck in Längsrichtung unter Bemessungslast ε_{Ed} muss in jedem Querschnitt das Kriterium von Gleichung (7.8) erfüllen:

$$\frac{\varepsilon_{Ed}}{\varepsilon_{csm}} \leq 1,0 \quad (7.8)$$

Dabei ist

ε_{csm} die CSM-Grenzdehnung nach Gleichung (7.9), wenn ein bi-lineares Werkstoffmodell verwendet wird (siehe 7.4.3.3), und nach Gleichung (7.10), wenn das gerundete zweistufige Ramberg-Osgood-Werkstoffmodell verwendet wird (siehe 7.4.3.4).

$$\frac{\varepsilon_{csm}}{\varepsilon_y} = \begin{cases} \frac{0,25}{\bar{\lambda}_{p,cs}^{3,6}} \leq \min\left(\Omega, \frac{C_1 \varepsilon_u}{\varepsilon_y}\right) & \text{für } \bar{\lambda}_{p,cs} \leq 0,68 \\ \left(1 - \frac{0,222}{\bar{\lambda}_{p,cs}^{1,050}}\right) \frac{1}{\bar{\lambda}_{p,cs}^{1,050}} & \text{für } 0,68 < \bar{\lambda}_{p,cs} \leq 1,00 \end{cases} \quad (7.9)$$

$$\frac{\varepsilon_{csm}}{\varepsilon_y} = \begin{cases} \frac{0,25}{\bar{\lambda}_{p,cs}^{3,6}} + \frac{0,002}{\varepsilon_y} \leq \Omega \text{ für } \bar{\lambda}_{p,cs} \leq 0,68 \\ \left(1 - \frac{0,222}{\bar{\lambda}_{p,cs}^{1,050}}\right) \frac{1}{\bar{\lambda}_{p,cs}^{1,050}} + \frac{0,002(\sigma/f_y)^n}{\varepsilon_y} \text{ für } 0,68 < \bar{\lambda}_{p,cs} < 1,00 \end{cases} \quad (7.10)$$

Dabei ist

$\varepsilon_y = f_y/E$ die elastische Dehnung an der Streckgrenze;

$\bar{\lambda}_{p,cs} = \sqrt{f_y/\sigma_{cr,cs}}$ der Schlankheitsgrad des Querschnittes;

$\sigma_{cr,cs}$ die elastische kritische Beulspannung des Gesamtquerschnittes, die numerisch oder nach [11] bestimmt werden darf;

σ die maximale Druckspannung;

C_1 ein Werkstoffkoeffizient nach Tabelle B.1;

Ω ein projektspezifischer Parameter, der die höchstzulässige plastische Dehnung im Tragwerk festlegt;

n der Verfestigungsexponent, siehe Tabelle 9.1.

ANMERKUNG Der Wert von Ω beträgt 15, sofern im Nationalen Anhang kein anderer Wert angegeben ist.

(4) ε_{Ed} darf als der Durchschnittswert der maximalen Dehnung über eine Bauteillänge gleich der elastischen lokalen Beulhalbwellenlänge $L_{b,cs}$ angesetzt werden. $L_{b,cs}$ darf numerisch oder nach [12] bestimmt werden.

Es sollte eine maximale Elementlänge von $L_{b,cs}$ verwendet werden. Die Dehnungen sollten über die Anzahl der Elemente gemittelt werden, die vollständig innerhalb von $L_{b,cs}$ liegen.

(5) Die Interaktion zwischen Biegung und Schub sollte durch Erfüllen des Kriteriums nach Gleichung (7.11) berücksichtigt werden:

$$\frac{\varepsilon_{Ed}}{\rho_{csm} \varepsilon_{csm}} \leq 1 \quad (7.11)$$

Dabei ist

$$\rho_{csm} = \begin{cases} 1 & \text{für } V_{Ed} \leq 0,5V_{pl,Rd} \\ \frac{0,5}{0,5 + \rho} & \text{für } V_{Ed} > 0,5V_{pl,Rd} \end{cases} \quad (7.12)$$

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (7.13)$$

V_{Ed} der Bemessungswert der Querkraft;

$V_{pl,Rd}$ die plastische Querkraftbeanspruchbarkeit des Querschnittes.

7.5 Einstufung in Querschnittsklassen

(1) Die Höchstwerte der c/t -Verhältnisse druckbeanspruchter Querschnittsteile für die Klassen 1, 2 und 3 sollten Tabelle 7.2 bis Tabelle 7.4 entnommen werden. Sie sind abhängig vom Werkstoffparametern ε nach 5.1.5(3). Querschnittsteile, die die Anforderungen der Querschnittsklasse 3 nicht erfüllen, sollten in Querschnittsklasse 4 eingestuft werden.

(2) Für kaltgeformte Profile und Bleche muss die Klassifizierung des Querschnittes auf der durchschnittlichen Streckgrenze f_{ya} basieren, wenn die Querschnittstragfähigkeit auf Basis der durchschnittlichen Streckgrenze f_{ya} bestimmt wird. Hierzu wird f_y durch f_{ya} in der Definition des Werkstoffparameters ε und des Parameters α_c ersetzt.

Tabelle 7.2 — Maximale c/t -Verhältnisse für beidseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile

Beidseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile				
Legende 1 Biegeachse				
		Biegebeanspruchtes Teil	Druckbeanspruchtes Teil	Durch Biegung und Normalkraft beanspruchtes Teil
Spannungsverteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)	Querschnittsart			
Klasse 1	alle	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	wenn $\alpha_c > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha_c - 1}$ wenn $\alpha_c \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha_c}$
Klasse 2	alle	$c/t \leq 76\varepsilon$	$c/t \leq 35\varepsilon$	wenn $\alpha_c > 0,5$: $c/t \leq \frac{420\varepsilon}{13\alpha_c - 1}$ wenn $\alpha_c \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{38\varepsilon}{\alpha_c}$
Spannungsverteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)	Querschnittsart			
Klasse 3	geschweißt	$c/t \leq 87\varepsilon$	$c/t \leq 35,4\varepsilon$	wenn $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{35,4\varepsilon}{0,71 + 0,296\psi + 0,006\psi^2}$ wenn $\psi \leq -1^a$: $c/t \leq 43,5\varepsilon(1 - \psi)$

Für rechteckige Hohlprofile und C-Profile sowie I- oder H-Profile mit gleichen Flanschen unter Normalkraft und einem Biegemoment um die Hauptachse parallel zu den Flanschen darf der Parameter α_c , der die Position der plastischen Neutralachse definiert, wie folgt bestimmt werden:

wenn $N_{\text{Ed}} \leq -c n t_w f_y \quad \alpha_c = 0$

Dabei ist N_{Ed} der Bemessungswert der Normalkraft, Druckkräfte sind positiv, Zugkräfte negativ einzusetzen, und $n = 1$ für C-Profile, I- oder H-Profile und $n = 2$ für rechteckige Hohlprofile.

^a Es gelten $\psi \leq -1$ und eine Druckspannung $\sigma_{\text{com,Ed}} = f_y$, wenn die Zugdehnung $\varepsilon_t > f_y/E$ ist.

Tabelle 7.3 — Maximale c/t -Verhältnisse für druckbeanspruchte Querschnittsteile von einseitig gestützten Flanschen

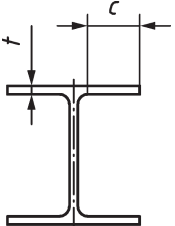
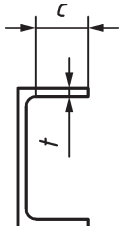
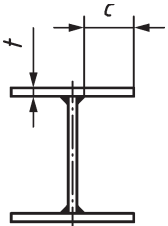
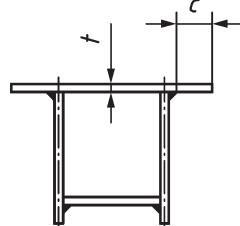
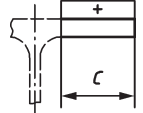
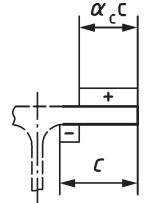
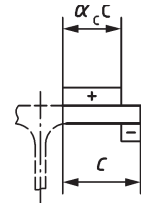
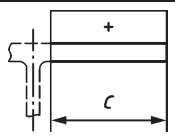
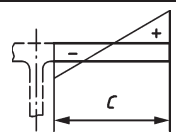
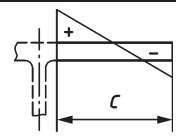
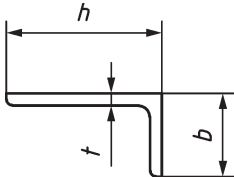
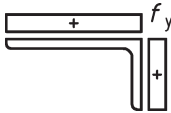
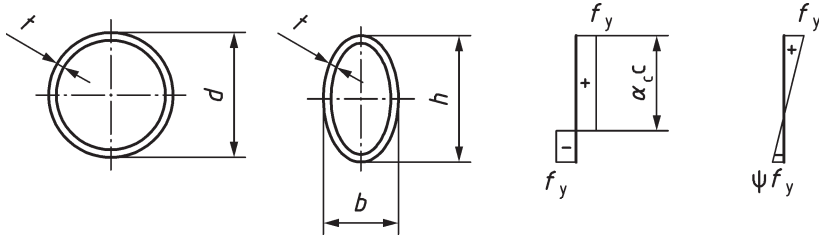
Einseitig gestützte Flansche				
				
Gewalzte Querschnitte		Geschweißte Querschnitte		
		Rein druckbeanspruchtes Teil	Durch Biegung und Normalkraft beanspruchtes Teil	
Spannungsverteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)	Querschnittsart			
Klasse 1	alle	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha_c}$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha_c \sqrt{\alpha_c}}$
Klasse 2	alle	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha_c}$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha_c \sqrt{\alpha_c}}$
Spannungsverteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)	Querschnittsart			
Klasse 3	geschweißt	$c/t \leq 11,5\varepsilon$	$c/t \leq 17\varepsilon \sqrt{k_\sigma}$	
	andere	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 21,0\varepsilon \sqrt{k_\sigma}$ Für k_σ siehe EN 1993-1-5.	

Tabelle 7.4 — Maximale c/t -Verhältnisse für druckbeanspruchte Querschnittsteile von Winkeln und von runden und elliptischen Hohlprofilen

Siehe auch „einseitig gestützte Flansche“ (Tabelle 7.3)	<div>Winkel</div> 		Gilt nicht für Winkel mit durchgehender Verbindung zu anderen Bauteilen
Spannungsverteilung über den Querschnitt (Druck positiv)			
Klasse 3	$\frac{h}{t} \leq 15\varepsilon$ und $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\varepsilon$		
<div>Runde und elliptische Hohlprofile</div> 			
	auf Druck beanspruchte Querschnittsteile	auf Biegung beanspruchte Querschnittsteile	auf Biegung und Normalkraft beanspruchte Querschnittsteile
Klasse 1	$d_e/t \leq 50\varepsilon^2$	$d_e/t \leq 50\varepsilon^2$	$d_e/t \leq 50\varepsilon^2$
Klasse 2	$d_e/t \leq 70\varepsilon^2$	$d_e/t \leq 70\varepsilon^2$	$d_e/t \leq 70\varepsilon^2$
Klasse 3	$d_e/t \leq 90\varepsilon^2$ ANMERKUNG Für $d_e/t > 90\varepsilon^2$ siehe 8.2.2(6).	$d_e/t \leq 280\varepsilon^2$ ANMERKUNG Für $d_e/t > 280\varepsilon^2$ siehe EN 1993-1-6.	$d_e/t \leq \frac{5040\varepsilon^2}{19\psi + 37}$
Äquivalenter Durchmesser d_e für runde und elliptische Hohlprofile			
Für runde Hohlprofile:		$d_e = d$	
Für elliptische Hohlprofile:			
Auf Druck beansprucht:			
$d_e = d_{e,c} = h \left[1 + \left(1 - 2,3 \left(\frac{t}{h} \right)^{0,6} \right) \left(\frac{h}{b} - 1 \right) \right]$ oder konservativ: $d_e = d_{e,c} = \frac{h^2}{b}$			
Auf Biegung um die starke Achse			
Für $h/b \leq 1,36$: $d_e = d_{e,b,y} = \frac{b^2}{h}$ Für $h/b > 1,36$: $d_e = d_{e,b,y} = 0,4 \frac{h^2}{b}$			
Auf Biegung um die schwache Achse beansprucht, oder auf Druck und Biegung um die schwache Achse:			
$d_e = d_{e,b,z} = \frac{h^2}{b}$			

Bei Druck- und Biegebeanspruchung um die starke Achse darf d_e durch lineare Interpolation zwischen $d_{e,c}$ und $d_{e,b,y}$ bestimmt werden, wie angegeben durch:

$$d_e = d_{e,b,y} + (d_{e,c} - d_{e,b,y})(2\alpha_c - 1) \quad \text{für Querschnitte der Klasse 1 und der Klasse 2}$$

$$d_e = d_{e,b,y} + (d_{e,c} - d_{e,b,y})(\psi + 1)/2 \quad \text{für Querschnitte der Klasse 3 und der Klasse 4}$$

Bei Druck- und zweiachsiger Biegebeanspruchung darf d_e , wie oben beschrieben, angesetzt werden, dabei sind α_c und ψ mit einer modifizierten Normalkraft zu berechnen: $N_{Ed} + M_{z,Ed} A/W_{pl,z}$ für Querschnitte der Klasse 1 und Klasse 2 und $N_{Ed} + M_{z,Ed} A/W_{el,z}$ für Querschnitte der Klasse 3 und Klasse 4.

8 Grenzzustände der Tragfähigkeit

8.1 Teilsicherheitsbeiwerte

(1) Die folgenden Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mi} , die in EN 1993-1-1:2022, 8.1(1) und EN 1993-1-8:2022, 4.3.2(1) definiert sind, sollten auf die charakteristischen Werte der folgenden Beanspruchbarkeiten angewendet werden:

- Beanspruchbarkeit von Querschnitten (unabhängig von der Querschnittsklasse): γ_{M0}
- Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen (bei Anwendung von Bauteilnachweisen): γ_{M1}
- Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Erreichen der Zugfestigkeit: γ_{M2}
- Beanspruchbarkeit von Schrauben, Bolzen, Schweißnähten und Blechen mit Lochleibungsbeanspruchung: γ_{M2}
- Gleitwiderstand:
 - im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Kategorie C nach EN 1993-1-8) γ_{M3}
 - im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Kategorie B nach EN 1993-1-8) $\gamma_{M3,ser}$

ANMERKUNG Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{M0} , γ_{M1} , γ_{M2} , γ_{M3} und $\gamma_{M3,ser}$ für Bauteile aus nichtrostendem Stahl, die nach einem der Teile von EN 1993 bemessen sind, sind nachstehend angegeben, sofern der Nationale Anhang von prEN 1993-1-4 keine anderen Werte angibt:

$$\gamma_{M0} = 1,10$$

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\gamma_{M3} = 1,25$$

$$\gamma_{M3,ser} = 1,10$$

8.2 Querschnittsbeanspruchbarkeit

8.2.1 Allgemeines

(1) Die Festlegungen bezüglich der Querschnittsbeanspruchbarkeiten in EN 1993-1-1, EN 1993-1-3 und EN 1993-1-5 sollten, soweit zutreffend, mit den Ergänzungen oder Änderungen in 8.2.2, 8.2.3, 8.2.4, 8.2.5, 8.2.6 oder 8.2.7 für nichtrostende Stähle angewendet werden.

(2) Alternativ dürfen die in Anhang B angegebenen CSM-Festlegungen angewendet werden, um Teilplastizierung und Verfestigung bei der Bestimmung der Querschnittsbeanspruchbarkeit von I-Profilen, C-Profilen, T-Profilen, Winkeln und rechteckigen sowie runden Hohlprofilen zu berücksichtigen, die Zug, Druck, Biegemomenten und kombinierten Biege- und Druckbeanspruchungen ausgesetzt sind.

(3) Die Festlegungen in EN 1993-1-1:2022, Anhang B, hinsichtlich der Bemessung semi-kompakter Querschnitte dürfen nicht für nichtrostenden Stahl angewendet werden.

8.2.2 Wirksame Querschnittswerte

(1) Die Verringerung der Beanspruchbarkeit durch den Einfluss örtlichen Beulens in Querschnitten der Klasse 4 und Gesamtfeldbeulen in Querschnitten mit Längssteifen darf durch Anwendung der wirksamen Querschnittswerte berücksichtigt werden.

(2) Die wirksamen Querschnittswerte der Klasse 4 sollten auf den wirksamen Breiten der druckbeanspruchten Querschnittsteile basieren.

(3) Für kaltgefertigte Profile (außer Hohlprofile) und Bleche sollten die wirksamen Querschnittswerte nach dem in prEN 1993-1-3:2022, 7.6, festgelegten Verfahren bestimmt werden. Die wirksamen Breiten sollten nach (5) dieses Dokuments bestimmt werden. Bei der Berechnung der wirksamen Breiten von druckbeanspruchten Bauteilen oder der reduzierten Dicken der Steifen darf die Streckgrenze durch die durchschnittliche Streckgrenze f_{ya} ersetzt werden, die nach 5.1.2.3 bestimmt wird.

(4) Für Hohlprofile sollten die wirksamen Breiten nach (5) bestimmt werden und die Streckgrenze darf durch die durchschnittliche Streckgrenze f_{ya} ersetzt werden, die nach 5.1.2.3 bestimmt wird.

(5) Die wirksamen Breiten für ebene druckbeanspruchte Querschnittsteile sollten nach EN 1993-1-5 bestimmt werden, mit der Ausnahme, dass der Abminderungsfaktor ρ dabei wie folgt angesetzt werden sollte:

Für geschweißte Querschnitte:

Beidseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile

$$\begin{aligned} \rho &= 1,0 && \text{für } \bar{\lambda}_p \leq 0,328 + \sqrt{0,100 - 0,003\psi} \\ \rho &= \frac{0,655 \bar{\lambda}_p - 0,003(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 && \text{für } \bar{\lambda}_p > 0,328 + \sqrt{0,100 - 0,003\psi} \end{aligned} \quad (8.1)$$

Einseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile

$$\begin{aligned} \rho &= 1,0 && \text{für } \bar{\lambda}_p \leq 0,639 \\ \rho &= \frac{0,655 \bar{\lambda}_p - 0,01}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 && \text{für } \bar{\lambda}_p > 0,639 \end{aligned} \quad (8.2)$$

Für andere Querschnitte:

Beidseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile

$$\begin{aligned} \rho &= 1,0 && \text{für } \bar{\lambda}_p \leq 0,386 + \sqrt{0,089 - 0,02\psi} \\ \rho &= \frac{0,772 \bar{\lambda}_p - 0,02(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 && \text{für } \bar{\lambda}_p > 0,386 + \sqrt{0,089 - 0,02\psi} \end{aligned} \quad (8.3)$$

Einseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile

$$\begin{aligned} \rho &= 1,0 && \text{für } \bar{\lambda}_p \leq 0,748 \\ \rho &= \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 && \text{für } \bar{\lambda}_p > 0,748 \end{aligned} \quad (8.4)$$

Dabei ist $\bar{\lambda}_p$ der Schlankheitsgrad eines Querschnittsteils mit folgender Definition:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,p}}} = \frac{\bar{b}/t}{27,7\varepsilon\sqrt{k_\sigma}} \quad (8.5)$$

- ψ das Spannungsverhältnis, das nach prEN 1993-1-5:2022, 6.4.1(3) und 6.4.1(4), bestimmt wird;
- $\bar{b}$ die geeignete Breite, die wie folgt anzusetzen ist (für Definitionen siehe Tabelle 7.2 bis Tabelle 7.4)
- c für beidseitig oder einseitig gestützte flächige Elemente (außer Winkel);
 - c für Stege und Flansche von gewalzten rechteckigen Hohlprofilen, die konservativ mit $h-3t$ oder $b-3t$, soweit zutreffend, angesetzt werden können;
 - h bei gleichschenkligen und ungleichschenkligen Winkeln;
- k_σ der Beulwert für das maßgebende Spannungsverhältnis ψ und die Randbedingungen nach prEN 1993-1-5:2022, Tabelle 6.1 oder Tabelle 6.2, soweit zutreffend;
- t die Plattendicke;
- $\sigma_{cr,p}$ die elastische kritische Plattenbeulspannung;
- ε der Werkstoffparameter nach 5.1.5(3).

(6) Für druckbeanspruchte runde oder elliptische Hohlprofile der Klasse 4 nach EN 10296-2 oder EN 10297-2 sollte die wirksame Querschnittsfläche A_{eff} mithilfe des äquivalenten Durchmessers d_e und der Dicke t wie folgt bestimmt werden:

$$A_{eff} = A \sqrt{\frac{90\varepsilon^2}{d_e/t}} \quad \text{für } d_e/t \leq 250\varepsilon^2 \quad (8.6)$$

ANMERKUNG Für druckbeanspruchte runde oder elliptische Hohlprofile, die die Grenzen von d_e/t nach (6) überschreiten, siehe EN 1993-1-6.

8.2.3 Druckbeanspruchung

(1) Die Bemessungswert der Druckbeanspruchbarkeit eines Querschnittes bei gleichmäßiger Druckbeanspruchung $N_{c,Rd}$ sollte wie folgt angesetzt werden:

$$N_{c,Rd} = \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M0}} \quad (8.7)$$

Dabei ist

$$N_{Rk} = A f_y \quad \text{für Querschnitte der Klasse 1, 2 oder 3;}$$

$$N_{Rk} = A_{eff} f_y \quad \text{für Querschnitte der Klasse 4.}$$

(2) Für kaltgeformte Querschnitte (einschließlich Konstruktionshohlprofile) und Bleche darf f_y in 8.2.3(1) durch f_{ya} ersetzt werden.

8.2.4 Biegemomentenbeanspruchung

(1) Der Bemessungswert der Biegemomentenbeanspruchbarkeit des Querschnittes für Biegung um eine Hauptachse $M_{c,Rd}$ sollte wie folgt angesetzt werden:

$$M_{c,Rd} = \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M0}} \quad (8.8)$$

Dabei ist

$$M_{Rk} = W_{pl} f_y \quad \text{für Querschnitte der Klasse 1 oder 2;}$$

$$M_{Rk} = W_{el} f_y \quad \text{für Querschnitte der Klasse 3;}$$

$$M_{Rk} = W_{eff} f_y \quad \text{für Querschnitte der Klasse 4.}$$

(2) Für kaltgefertigte Querschnitte (einschließlich Hohlprofile) und Bleche darf f_y in 8.2.4(1) durch f_{ya} ersetzt werden. Unter der Voraussetzung, dass das Biegemoment nur um eine Hauptachse des Querschnittes aufgebracht wird, und unter der Voraussetzung, dass Fließen zuerst im zugbeanspruchten Bereich des Querschnittes auftritt, dürfen plastische Reserven im Zugbereich nach prEN 1993-1-3:2022, 8.1.4.2, ausgenutzt werden, bis die maximale Druckspannung $\sigma_{com,Ed}$ den Wert f_{ya}/γ_{M0} erreicht.

8.2.5 Querkraftbeanspruchung

(1) Der Bemessungswert der Querkraftbeanspruchbarkeit $V_{c,Rd}$ von geschweißten oder warmgewalzten Profilen sollte als der kleinere Wert der Schubbeanspruchbarkeit $V_{b,Rd}$ nach EN 1993-1-5, abgeändert durch (3) und (4), und der elastischen oder plastischen Querkraftbeanspruchbarkeit nach EN 1993-1-1 angesetzt werden. Für kaltgefertigte Profile siehe prEN 1993-1-3:2022.

(2) Nicht ausgesteifte Stege mit h_w/t -Werten größer als $\frac{56,2}{\eta} \varepsilon$, oder ausgesteifte Stege mit h_w/t -Werten größer als $\frac{24,3}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau}$ sollten in Bezug auf die Schubbeanspruchbarkeit nachgewiesen und durch Quersteifen an den Auflagern ausgesteift werden.

Dabei ist

h_w die lichte Steghöhe zwischen den Flanschen, siehe prEN 1993-1-5:2022, Bild 7.1;

ε in 5.1.5(3) festgelegt;

k_τ in prEN 1993-1-5:2022, 7.3, festgelegt;

$\eta = 1,20$.

(3) Bei Stegen mit Quersteifen nur an den Auflagern (Auflagersteifen) und bei Stegen, die quer und/oder längs ausgesteift sind, sollte in der Regel der Faktor χ_w für den Stegbeitrag zur Beanspruchbarkeit nach Tabelle 8.1 bestimmt werden. Der Faktor χ_w nach Tabelle 8.1 gilt ausschließlich für Schlankheitsgrade $\bar{\lambda}_w$, die für Beulfelder unter der Annahme gelenkiger Randlagerung bestimmt werden.

Tabelle 8.1 — Beitrag des Steges χ_w zur Schubbeanspruchbarkeit

	Endfelder mit verformbaren Auflagersteifen	Alle anderen Fälle (Zwischen- und Endfelder mit starren Auflagersteifen)
$\bar{\lambda}_w \leq 0,65/\eta$	η	η
$0,65/\eta < \bar{\lambda}_w < 0,65$	$0,65/\bar{\lambda}_w$	$0,65/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 0,65$	$1,19/(0,54 + \bar{\lambda}_w)$	$1,56/(0,91 + \bar{\lambda}_w)$

Die Kriterien für Auflagersteifen (Endauflager) und $\bar{\lambda}_w$ sind in EN 1993-1-5 festgelegt.

(4) Wird die Flanschtragfähigkeit nicht vollständig zur Aufnahme des Biegemoments genutzt, d. h. $M_{Ed} < M_{f,Rd}$, dann darf der Beitrag der Flansche $V_{bf,Rd}$ nach prEN 1993-1-5:2022, 7.4(1) berechnet werden, wobei jedoch c wie folgt anzusetzen ist:

$$c = \left[0,17 + \frac{3,5 b_f t_f^2 f_{yf}}{t_w h_w^2 f_{yw}} \right] a \quad \text{und} \quad \frac{c}{a} \leq 0,65 \quad (8.9)$$

Dabei ist/sind

b_f , t_f und a in EN 1993-1-5 festgelegt;

f_{yf} die Streckgrenze des Flansches;

f_{yw} die Streckgrenze des Steges.

8.2.6 Beanspruchbarkeit bei Lasteinleitung von Querlasten in der Blechebene

(1) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit der Stege von gewalzten und geschweißten Trägern ohne Stegaussteifungen sollte nach prEN 1993-1-5:2022, 8.2 modifiziert durch (2), bestimmt werden, vorausgesetzt, dass der Druckflansch angemessen in Längsrichtung gehalten wird.

(2) Die Werte für α_{F0} und $\bar{\lambda}_{F0}$ sollten Tabelle 8.2 entnommen werden.

Tabelle 8.2 — Werte für α_{F0} und $\bar{\lambda}_{F0}$

Art der Lasteinleitung (siehe prEN 1993-1-5:2022, 8.1(2))	Austenitischer nichtrostender Stahl und nichtrostender Duplexstahl		Ferritischer nichtrostender Stahl	
	α_{F0}	$\bar{\lambda}_{F0}$	α_{F0}	$\bar{\lambda}_{F0}$
Art (a)	0,60	0,60	0,30	0,65
Art (b)				
Art (c)	0,75	0,50	0,75	0,50