

# Niedersächsisches Ministerialblatt

---

62. (67.) Jahrgang

Hannover, den 30. 10. 2012

Nummer 37 h

---

## 8. ANLAGENBAND

zur

Liste der Technischen Baubestimmungen  
— Fassung September 2012 —

**DIN EN 1993-1-1**

**DIN EN 1993-1-1/NA**

**DIN EN 1993-1-2**

**DIN EN 1993-1-2/NA**

**DIN EN 1993-1-3**

**DIN EN 1993-1-3/NA**

Die hier abgedruckten Technischen Baubestimmungen sind nur in Verbindung mit dem RdErl. des MS vom 28. 9. 2012 (Nds. MBl. Nr. 37) zu verwenden.

Inhalt:

– DIN EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau .....	1
– DIN EN 1993-1-1/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau .....	109
– DIN EN 1993-1-2: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall .....	121
– DIN EN 1993-1-2/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall .....	209
– DIN EN 1993-1-3: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche .....	217
– DIN EN 1993-1-3/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche ..	365

**DIN EN 1993-1-1**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatzvermerk  
siehe unten

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

Eurocode 3: Design of steel structures –  
Part 1-1: General rules and rules for buildings;  
German version EN 1993-1-1:2005 + AC:2009

Eurocode 3: Calcul des structures en acier –  
Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments;  
Version allemande EN 1993-1-1:2005 + AC:2009

**Ersatzvermerk**

Ersatz für DIN EN 1993-1-1:2010-08;  
mit DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-3:2010-12, DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12,  
DIN EN 1993-1-5:2010-12, DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-8:2010-12,  
DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-9:2010-12, DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12,  
DIN EN 1993-1-10:2010-12, DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-11:2010-12 und  
DIN EN 1993-1-11/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18800-1:2008-11;  
mit DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-3:2010-12, DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12,  
DIN EN 1993-1-5:2010-12 und DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18800-2:2008-11;  
mit DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-8:2010-12, DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12,  
DIN EN 1993-1-11:2010-12 und DIN EN 1993-1-11/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18801:1983-09;  
mit DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-8:2010-12 und DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12 Ersatz für  
DIN 18808:1984-10

Gesamtumfang 107 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

## DIN EN 1993-1-1:2010-12

### Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-1-1:2005 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NABau-Spiegelausschusses NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung (Sp CEN/TC 250/SC 3)“ begleitet.

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. April 2005 angenommen.

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 Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben.

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.

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

### Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1993-1-1:1993-04, DIN V ENV 1993-1-1/A1:2002-05 und DIN V ENV 1993-1-1/A2:2002-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vornorm-Charakter wurde aufgehoben;
- b) in Teil 1-1, Teil 1-8, Teil 1-9 und Teil 1-10 aufgeteilt;
- c) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet und der Text vollständig überarbeitet.

Gegenüber DIN EN 1993-1-1:2005-07 und DIN EN 1993-1-1 Berichtigung 1:2006-05 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) die europäische Berichtigung EN 1993-1-1:2005/AC:2009 und die Berichtigung 1:2006-05 wurden eingearbeitet.

Gegenüber DIN EN 1993-1-1:2010-08, DIN 18800-1:2008-11, DIN 18800-2:2008-11, DIN 18801:1983-09 und DIN 18808:1984-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) auf europäisches Bemessungskonzept umgestellt;
- b) Ersatzvermerke korrigiert;
- c) Vorgänger-Norm mit der europäischen Berichtigung EN 1993-1-1/AC:2009 konsolidiert;
- d) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

**Frühere Ausgaben**

DIN 1050: 1934-08, 1937xxxx-07, 1946-10, 1957x-12, 1968-06  
DIN 1073: 1928-04, 1931-09, 1941-01, 1974-07  
DIN 1079: 1938-01, 1938-11, 1970-09  
DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934xxxx-08, 1956-12, 1968-12  
DIN 4101: 1937xxx-07, 1974-07  
Beiblatt zu DIN 1073: 1974-07  
DIN 18800-1: 1981-03, 1990-11, 2008-11  
DIN 18800-1/A1: 1996-02  
DIN 4114-1: 1952xx-07  
DIN 4114-2: 1952-07, 1953-02  
DIN 18800-2: 1990-11, 2008-11  
DIN 18800-2/A1: 1996-02  
DIN 18801: 1983-09  
DIN 18808: 1984-10  
DIN V ENV 1993-1-1: 1993-04  
DIN V ENV 1993-1-1/A1: 2002-05  
DIN V ENV 1993-1-1/A2: 2002-05  
DIN EN 1993-1-1: 2005-07  
DIN EN 1993-1-1 Berichtigung 1: 2006-05

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**

— Leerseite —

EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE

**EN 1993-1-1**

Mai 2005

**+AC**

April 2009

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für ENV 1993-1-1:1992

## Deutsche Fassung

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

Eurocode 3: Design of steel structures —  
Part 1-1: General rules and rules for buildings

Eurocode 3: Calcul des structures en acier —  
Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. April 2004 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 15. April 2009 in Kraft und wurde in EN 1993-1-1:2005 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

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

## Inhalt

	Seite
<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>Hintergrund des Eurocode-Programms</b> .....	<b>4</b>
<b>Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes</b> .....	<b>5</b>
<b>Nationale Fassungen der Eurocodes</b> .....	<b>6</b>
<b>Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAZ)</b> .....	<b>6</b>
<b>Besondere Hinweise zu EN 1993-1</b> .....	<b>6</b>
<b>Nationaler Anhang zu EN 1993-1-1</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Allgemeines</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1.1 Anwendungsbereich von Eurocode 3</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1.2 Anwendungsbereich von Eurocode 3 Teil 1-1</b> .....	<b>9</b>
<b>1.2 Normative Verweisungen</b> .....	<b>10</b>
<b>1.2.1 Allgemeine normative Verweisungen</b> .....	<b>10</b>
<b>1.2.2 Normative Verweisungen zu schweißgeeigneten Baustähle</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3 Annahmen</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln</b> .....	<b>10</b>
<b>1.5 Begriffe</b> .....	<b>10</b>
<b>1.6 Formelzeichen</b> .....	<b>11</b>
<b>1.7 Definition der Bauteilachsen</b> .....	<b>20</b>
<b>2 Grundlagen für die Tragwerksplanung</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1 Anforderungen</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1.1 Grundlegende Anforderungen</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Robustheit</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen</b> .....	<b>24</b>
<b>2.3 Basisvariable</b> .....	<b>24</b>
<b>2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse</b> .....	<b>24</b>
<b>2.3.2 Werkstoff- und Produkteigenschaften</b> .....	<b>24</b>
<b>2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten</b> .....	<b>25</b>
<b>2.4.1 Bemessungswerte von Werkstoffeigenschaften</b> .....	<b>25</b>
<b>2.4.2 Bemessungswerte der geometrischen Größen</b> .....	<b>25</b>
<b>2.4.3 Bemessungswerte der Beanspruchbarkeit</b> .....	<b>25</b>
<b>2.4.4 Nachweis der Lagesicherheit (EQU)</b> .....	<b>25</b>
<b>2.5 Bemessung mit Hilfe von Versuchen</b> .....	<b>25</b>
<b>3 Werkstoffe</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1 Allgemeines</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2 Baustahl</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2.1 Werkstoffeigenschaften</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2.2 Anforderungen an die Duktilität</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2.3 Bruchzähigkeit</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2.4 Eigenschaften in Dickenrichtung</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2.5 Toleranzen</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2.6 Bemessungswerte der Materialkonstanten</b> .....	<b>29</b>
<b>3.3 Verbindungsmittel</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3.1 Schrauben, Bolzen, Nieten</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3.2 Schweißwerkstoffe</b> .....	<b>30</b>
<b>3.4 Andere vorgefertigte Produkte im Hochbau</b> .....	<b>30</b>
<b>4 Dauerhaftigkeit</b> .....	<b>30</b>
<b>5 Tragwerksberechnung</b> .....	<b>30</b>
<b>5.1 Statische Systeme</b> .....	<b>30</b>
<b>5.1.1 Grundlegende Annahmen</b> .....	<b>30</b>

	Seite	
5.1.2	Berechnungsmodelle für Anschlüsse.....	31
5.1.3	Bauwerks-Boden-Interaktion .....	31
5.2	Untersuchung von Gesamttragwerken .....	31
5.2.1	Einflüsse der Tragwerksverformung .....	31
5.2.2	Stabilität von Tragwerken.....	33
5.3	Imperfektionen .....	35
5.3.1	Grundlagen .....	35
5.3.2	Imperfektionen für die Tragwerksberechnung .....	35
5.3.3	Imperfektionen zur Berechnung aussteifender Systeme.....	40
5.3.4	Bauteilimperfektionen.....	42
5.4	Berechnungsmethoden .....	42
5.4.1	Allgemeines .....	42
5.4.2	Elastische Tragwerksberechnung .....	43
5.4.3	Plastische Tragwerksberechnung .....	43
5.5	Klassifizierung von Querschnitten .....	44
5.5.1	Grundlagen .....	44
5.5.2	Klassifizierung .....	44
5.6	Anforderungen an Querschnittsformen und Aussteifungen am Ort der Fließgelenkbildung.....	45
6	Grenzzustände der Tragfähigkeit .....	48
6.1	Allgemeines .....	48
6.2	Beanspruchbarkeit von Querschnitten .....	49
6.2.1	Allgemeines .....	49
6.2.2	Querschnittswerte .....	50
6.2.3	Zugbeanspruchung .....	53
6.2.4	Druckbeanspruchung .....	53
6.2.5	Biegebeanspruchung.....	54
6.2.6	Querkraftbeanspruchung .....	55
6.2.7	Torsionsbeanspruchung .....	57
6.2.8	Beanspruchung aus Biegung und Querkraft .....	58
6.2.9	Beanspruchung aus Biegung und Normalkraft .....	59
6.2.10	Beanspruchung aus Biegung, Querkraft und Normalkraft .....	62
6.3	Stabilitätsnachweise für Bauteile .....	62
6.3.1	Gleichförmige Bauteile mit planmäßig zentrischem Druck .....	62
6.3.2	Gleichförmige Bauteile mit Biegung um die Hauptachse .....	66
6.3.3	Auf Biegung und Druck beanspruchte gleichförmige Bauteile.....	71
6.3.4	Allgemeines Verfahren für Knick- und Biegedrillknicknachweise für Bauteile .....	73
6.3.5	Biegedrillknicken von Bauteilen mit Fließgelenken .....	74
6.4	Mehrteilige Bauteile.....	76
6.4.1	Allgemeines .....	76
6.4.2	Gitterstützen .....	78
6.4.3	Stützen mit Bindeblechen (Rahmenstützen).....	80
6.4.4	Mehrteilige Bauteile mit geringer Spreizung .....	82
7	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit .....	83
7.1	Allgemeines .....	83
7.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit für den Hochbau .....	84
7.2.1	Vertikale Durchbiegung .....	84
7.2.2	Horizontale Verformungen .....	84
7.2.3	Dynamische Einflüsse .....	84
<b>Anhang A (informativ) Verfahren 1: Interaktionsbeiwerte <math>k_{ij}</math> für die Interaktionsformel in 6.3.3 (4).....</b>		<b>85</b>
<b>Anhang B (informativ) Verfahren 2: Interaktionsbeiwerte <math>k_{ij}</math> für die Interaktionsformel in 6.3.3 (4).....</b>		<b>88</b>
<b>Anhang AB (informativ) Zusätzliche Bemessungsregeln.....</b>		<b>90</b>
<b>Anhang BB (informativ) Knicken von Bauteilen in Tragwerken des Hochbaus.....</b>		<b>91</b>

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

## Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-1-1:2005 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Structural Eurocodes“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

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

Dieses Dokument ersetzt ENV 1993-1-1:1992.

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

## Hintergrund des Eurocode-Programms

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

Im Rahmen dieses Programms 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 sie schließlich ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Steuerkomitees mit Repräsentanten der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80'er Jahren 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 Vereinbarung<sup>1)</sup> 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: Einwirkung auf Tragwerke*;

EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbetonbauten*;

EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*;

---

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

EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Stahl-Beton-Verbundbauten*;

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 Aluminiumkonstruktionen*.

Die Europäischen 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 der Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr. 1: Mechanischer Festigkeit und Standsicherheit und der wesentlichen Anforderung Nr. 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Herstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (EN's und ETA's)

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten<sup>2)</sup>, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen<sup>3)</sup>. Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von kompletten Tragwerken und Baukomponenten, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen, wofür Spezialistenbeiträge erforderlich sein können.

---

2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Angaben 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 Zulassungen selbst zu schaffen.

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument

- a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, in dem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,
- b) die Methode zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Testverfahren, Entwurfsregeln,
- 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.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

## Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, mit möglicherweise 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 für  $\gamma$ -Faktoren 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;
- Vorgehensweise, wenn die Eurocodes mehrere zur Wahl anbieten;
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit diese ergänzen und nicht widersprechen.

## Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAZ)

Die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung<sup>4)</sup> müssen konsistent sein. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit den CE-Zeichen an den Bauprodukten verbunden sind und die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

### Besondere Hinweise zu EN 1993-1

Es ist vorgesehen, EN 1993 gemeinsam mit den Eurocodes EN 1990, *Grundlagen der Tragwerksplanung*, EN 1991, *Einwirkungen auf Tragwerke* sowie EN 1992 bis EN 1999, soweit hierin auf Tragwerke aus Stahl oder Bauteile aus Stahl Bezug genommen wird, anzuwenden.

EN 1993-1 ist der erste von insgesamt sechs Teilen von EN 1993, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*. In diesem ersten Teil sind Grundregeln für Stabtragwerke und zusätzliche Anwendungsregeln für den Hochbau enthalten. Die Grundregeln finden auch gemeinsam mit den weiteren Teilen EN 1993-2 bis EN 1993-6 Anwendung.

EN 1993-1 besteht aus zwölf Teilen EN 1993-1-1 bis EN 1993-1-12, die jeweils spezielle Stahlbauteile, Grenzzustände oder Werkstoffe behandeln.

EN 1993-1 darf auch für Bemessungssituationen außerhalb des Geltungsbereichs der Eurocodes angewendet werden (andere Tragwerke, andere Belastungen, andere Werkstoffe). EN 1993-1 kann dann als Bezugsdokument für andere CEN/TCs (Technische Komitees), die mit Tragwerksbemessung befasst sind, dienen.

Die Anwendung von EN 1993-1 ist gedacht für:

- Komitees zur Erstellung von Spezifikationen für Bauprodukte, Normen für Prüfverfahren sowie Normen für die Bauausführung;
- Auftraggeber (z. B. zur Formulierung spezieller Anforderungen);
- Tragwerksplaner und Bauausführende;
- zuständige Behörden.

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

Die Zahlenwerte für  $\gamma$ -Faktoren und andere Parameter, die die Zuverlässigkeit festlegen, gelten als Empfehlungen, mit denen ein akzeptables Zuverlässigkeitsniveau erreicht werden soll. Bei ihrer Festlegung wurde vorausgesetzt, dass ein angemessenes Niveau der Ausführungsqualität und Qualitätsprüfung vorhanden ist.

## **Nationaler Anhang zu EN 1993-1-1**

Diese Norm enthält alternative Methoden, Zahlenangaben und Empfehlungen in Verbindung mit Anmerkungen, die darauf hinweisen, wo Nationale Festlegungen getroffen werden können. EN 1993-1-1 wird bei der nationalen Einführung einen Nationalen Anhang enthalten, der alle national festzulegenden Parameter enthält, die für die  $\langle AC \rangle$  Bemessung und Konstruktion von Stahl- und Tiefbauten  $\langle AC \rangle$  im jeweiligen Land erforderlich sind.

Nationale Festlegungen sind bei folgenden Regelungen vorgesehen:

- 2.3.1(1);
- 3.1(2);
- 3.2.1(1);
- 3.2.2(1);
- 3.2.3(1);
- 3.2.3(3)B;
- 3.2.4(1)B;
- 5.2.1(3);
- 5.2.2(8);
- 5.3.2(3);
- 5.3.2(11);
- 5.3.4(3);
- 6.1(1);
- 6.1(1)B;
- 6.3.2.2(2);
- 6.3.2.3(1);
- 6.3.2.3(2);
- 6.3.2.4(1)B;
- 6.3.2.4(2)B;
- 6.3.3(5);
- 6.3.4(1);
- 7.2.1(1)B;
- 7.2.2(1)B;
- 7.2.3(1)B;
- BB.1.3(3)B.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

## 1 Allgemeines

### 1.1 Anwendungsbereich

#### 1.1.1 Anwendungsbereich von Eurocode 3

(1) Eurocode 3 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.

(2) Eurocode 3 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) Eurocode 3 gilt in Verbindung mit folgenden Regelwerken:

- EN 1990, *Grundlagen der Tragwerksplanung*;
- EN 1991, *Einwirkungen auf Tragwerke*;
- ENs, ETAGs und ETAs für Bauprodukte, die für Stahlbauten Verwendung finden;
- EN 1090, *Herstellung und Errichtung von Stahlbauten — Technische Anforderungen*;
- EN 1992 bis EN 1999, soweit auf Stahltragwerke oder Stahlbaukomponenten Bezug genommen wird.

(4) Eurocode 3 ist in folgende Teile unterteilt:

EN 1993-1, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — 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: Tank- und Silobauwerke und Rohrleitungen*;

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

EN 1993-6, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 6: Kranbahnträger*.

(5) Teile EN 1993-2 bis EN 1993-6 nehmen auf die Grundregeln von EN 1993-1 Bezug, die Regelungen in EN 1993-2 bis EN 1993-6 sind Ergänzungen zu den Grundregeln in EN 1993-1.

(6) EN 1993-1, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau* beinhaltet:

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: Baulicher Brandschutz*;

EN 1993-1-3, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3:  Kaltgeformte Bauteile und Bleche *;

EN 1993-1-4, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Nichtrostender Stahl*;

EN 1993-1-5, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Bauteile aus ebenen Blechen mit Beanspruchungen in der Blechebene*;

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

EN 1993-1-7, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-7: Ergänzende Regeln zu ebenen Blechfeldern mit Querbelastrung*;

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

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: Auswahl der Stahlsorten 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 stählernen Zugelementen*;

EN 1993-1-12, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlgüten bis S 700*.

### 1.1.2 Anwendungsbereich von Eurocode 3 Teil 1-1

(1) EN 1993-1-1 enthält Regeln für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von Tragwerken aus Stahl mit Blechdicken  $t \geq 3$  mm. Zusätzlich werden Anwendungsregeln für den Hochbau angegeben. Diese Anwendungsregeln sind durch die Abschnittsnummerierung ( )B gekennzeichnet.

ANMERKUNG AC Für kaltgeformte Bauteile und Bleche siehe EN 1993-1-3 AC.

(2) EN 1993-1-1 enthält folgende Abschnitte:

Abschnitt 1: Einführung;

Abschnitt 2: Grundlagen für die Tragwerkplanung;

Abschnitt 3: Werkstoffe;

Abschnitt 4: Dauerhaftigkeit;

Abschnitt 5: Tragwerksberechnung;

Abschnitt 6: Grenzzustände der Tragfähigkeit;

Abschnitt 7: Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.

(3) Abschnitte 1 und 2 enthalten zusätzliche Regelungen zu EN 1990, *Grundlagen der Tragwerksplanung*.

(4) Abschnitt 3 behandelt die Werkstoffeigenschaften der aus niedrig legiertem Baustahl gefertigten Stahlprodukte.

(5) Abschnitt 4 legt grundlegende Anforderungen an die Dauerhaftigkeit fest.

(6) Abschnitt 5 bezieht sich auf die Tragwerksberechnung von Stabtragwerken, die mit einer ausreichenden Genauigkeit aus stabförmigen Bauteilen zusammengesetzt werden können.

(7) Abschnitt 6 enthält detaillierte Regeln zur Bemessung von Querschnitten und Bauteilen im Grenzzustand der Tragfähigkeit.

(8) Abschnitt 7 enthält die Anforderungen für die Gebrauchstauglichkeit.

## **DIN EN 1993-1-1:2010-12**

### **EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

## **1.2 Normative Verweisungen**

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).

### **1.2.1 Allgemeine normative Verweisungen**

EN 1090, *Herstellung und Errichtung von Stahlbauten — Technische Anforderungen*

EN ISO 12944, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme*

EN AC ISO AC 1461, *Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken) — Anforderungen und Prüfungen*

### **1.2.2 Normative Verweisungen zu schweißgeeigneten Baustähle**

EN 10025-1:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen*

EN 10025-2:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

EN 10025-3:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

EN 10025-4:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

EN 10025-5:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle*

EN 10025-6:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 6: Technische Lieferbedingungen für Flacherzeugnisse aus Stählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten Zustand*

EN 10164:1993, *Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche — Technische Lieferbedingungen*

EN 10210-1:1994, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

EN 10219-1:1997, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

## **1.3 Annahmen**

(1) Zusätzlich zu den Grundlagen von EN 1990 wird vorausgesetzt, dass Herstellung und Errichtung von Stahlbauten nach EN 1090 erfolgen.

## **1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln**

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

## **1.5 Begriffe**

(1) Es gelten die Begriffe von EN 1990, 1.5.

(2) Nachstehende Begriffe werden in EN 1993-1-1 mit folgender Bedeutung verwendet:

**1.5.1****Tragwerk**

tragende Bauteile und Verbindungen zur Abtragung von Lasten; der Begriff umfasst Stabtragwerke wie Rahmentragwerke oder Fachwerktragwerke; es gibt ebene und räumliche Tragwerke

**1.5.2****Teiltragwerke**

Teil eines größeren Tragwerks, das jedoch als eigenständiges Tragwerk in der statischen Berechnung behandelt werden darf

**1.5.3****Art des Tragwerks**

zur Unterscheidung von Tragwerken werden folgende Begriffe verwendet:

- **Tragwerke mit verformbaren Anschlüssen**, bei denen die wesentlichen Eigenschaften der zu verbindenden Bauteile und ihrer Anschlüsse in der statischen Berechnung berücksichtigt werden müssen;
- **Tragwerke mit steifen Anschlüssen**, bei denen nur die Eigenschaften der Bauteile in der statischen Berechnung berücksichtigt werden müssen;
- **Gelenktragwerke**, in denen die Anschlüsse nicht in der Lage sind, Momente zu übertragen

**1.5.4****Tragwerksberechnung**

die Bestimmung der Schnittgrößen und Verformungen des Tragwerks, die im Gleichgewicht mit den Einwirkungen stehen

**1.5.5****Systemlänge**

Abstand zweier benachbarter Punkte eines Bauteils in einer vorgegebenen Ebene, an denen das Bauteil gegen Verschiebungen in der Ebene gehalten ist, oder Abstand zwischen einem solchen Punkt und dem Ende des Bauteils

**1.5.6****Knicklänge**

Länge des an beiden Enden gelenkig gelagerten Druckstabes, der die gleiche  $\overline{AC}$  ideale Verzweigungslast  $\overline{AC}$  hat wie der Druckstab mit seinen realen Lagerungsbedingungen im System

**1.5.7****mittragende Breite**

reduzierte Flanschbreite für den Sicherheitsnachweis von Trägern mit breiten Gurtscheiben zur Berücksichtigung ungleichmäßiger Spannungsverteilung infolge von Scheibenverformungen

**1.5.8****Kapazitätsbemessung**

Bemessung eines Bauteils und seiner Anschlüsse derart, dass bei eingprägten Verformungen planmäßige plastische Fließverformungen im Bauteil durch gezielte Überfestigkeit der Verbindungen und Anschlusssteile sichergestellt werden

**1.5.9****Bauteil mit konstantem Querschnitt**

Bauteil mit konstantem Querschnitt entlang der Bauteilachse

**1.6 Formelzeichen**

- (1) Folgende Formelzeichen werden im Sinne dieser Norm verwandt.
- (2) Weitere Formelzeichen werden im Text definiert.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

ANMERKUNG Die Formelzeichen sind in der Reihenfolge ihrer Verwendung in EN 1993-1-1 aufgelistet. Ein Formelzeichen kann unterschiedliche Bedeutungen haben.

*Abschnitt 1*

$x-x$	Längsachse eines Bauteils;
$y-y$	Querschnittsachse;
$z-z$	Querschnittsachse;
$u-u$	starke Querschnittshauptachse (falls diese nicht mit der $y-y$ Achse übereinstimmt);
$v-v$	schwache Querschnittshauptachse (falls diese nicht mit der $z-z$ Achse übereinstimmt);
$b$	Querschnittsbreite;
$h$	Querschnittshöhe;
$d$	Höhe des geraden Stegteils;
$t_w$	Stegdicke;
$t_f$	Flanschdicke;
$r$	Ausrundungsradius;
$r_1$	Ausrundungsradius;
$r_2$	Abrundungsradius;
$t$	Dicke.

*Abschnitt 2*

$P_k$	Nennwert einer während der Errichtung aufgebrauchten Vorspannkraft;
$G_k$	Nennwert einer ständigen Einwirkung;
$X_k$	charakteristischer Wert einer Werkstoffeigenschaft;
$X_n$	Nennwert einer Werkstoffeigenschaft;
$R_d$	Bemessungswert einer Beanspruchbarkeit;
$R_k$	charakteristischer Wert einer Beanspruchbarkeit;
$\gamma_M$	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit;
$\gamma_{Mi}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit für die Versagensform $i$ ;
$\gamma_{Mf}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Ermüdungsbeanspruchbarkeit;
$\eta$	Umrechnungsfaktor;
$a_d$	Bemessungswert einer geometrischen Größe.

*Abschnitt 3*

$f_y$	Streckgrenze;
$f_u$	Zugfestigkeit;
$\boxed{AC} R_{eH} \boxed{AC}$	Streckgrenze nach Produktnorm;
$R_m$	Zugfestigkeit nach Produktnorm;
$A_0$	Anfangsquerschnittsfläche;
$\varepsilon_y$	Fließdehnung;

$\varepsilon_u$	Gleichmaßdehnung;
$Z_{Ed}$	erforderlicher $Z$ -Wert des Werkstoffs aus Dehnungsbeanspruchung in Blechdickenrichtung;
$Z_{Rd}$	verfügbarer $Z$ -Wert des Werkstoffs in Blechdickenrichtung;
$E$	Elastizitätsmodul;
$G$	Schubmodul;
$\nu$	Poissonsche Zahl, Querkontraktionszahl;
$\alpha$	Wärmeausdehnungskoeffizient.

#### Abschnitt 5

$\alpha_{cr}$	Vergrößerungsbeiwert für die Einwirkungen, um die ideale Verzweigungslast zu erreichen;
$F_{Ed}$	Bemessungswert der Einwirkungen auf das Tragwerk;
$F_{cr}$	ideale Verzweigungslast auf der Basis elastischer Anfangssteifigkeiten;
$H_{Ed}$	☐ Bemessungswert der gesamten horizontalen Last, einschließlich der vom Stockwerk übertragenen äquivalenten Kräfte (Stockwerksschub) ☐;
$V_{Ed}$	Bemessungswert der gesamten vertikalen ☐ vom Stockwerk (Stockwerksdruck) übertragenen Last am Tragwerk ☐;
$\delta_{H,Ed}$	Horizontalverschiebung der oberen Knoten gegenüber den unteren Knoten eines Stockwerks infolge $H_{Ed}$ ;
$h$	Stockwerkshöhe;
$\bar{\lambda}$	Schlankheitsgrad;
$N_{Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft (Druck);
$\phi$	Anfangsschiefstellung;
$\phi_0$	Ausgangswert der Anfangsschiefstellung;
$\alpha_h$	Abminderungsfaktor in Abhängigkeit der Stützhöhe $h$ ;
$h$	Tragwerkshöhe;
$\alpha_m$	Abminderungsfaktor in Abhängigkeit von der Anzahl der Stützen in einer Reihe;
$m$	Anzahl der Stützen in einer Reihe;
$e_0$	Amplitude einer Bauteilimperfektion;
$L$	Bauteillänge;
$\eta_{init}$	Form der geometrischen Vorimperfektion aus der Eigenfunktion $\eta_{cr}$ bei der niedrigsten Verzweigungslast;
$\eta_{cr}$	Eigenfunktion (Modale) für die Verschiebungen $\eta$ bei Erreichen der niedrigsten Verzweigungslast;
$e_{0,d}$	Bemessungswert der Amplitude einer Bauteilimperfektion;
$M_{Rk}$	charakteristischer Wert der Momententragfähigkeit eines Querschnitts;
$N_{Rk}$	charakteristischer Wert der Normalkrafttragfähigkeit eines Querschnitts;
$\alpha$	Imperfektionsbeiwert;
$EI \eta''_{cr}$	Eigenfunktion (Modale) der Biegemomente $EI \eta''$ bei Erreichen der niedrigsten Verzweigungslast;
$\chi$	Abminderungsbeiwert entsprechend der maßgebenden Knicklinie;

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

$\alpha_{ult,k}$	☐AC☐ Kleinster Vergrößerungsfaktor für die Bemessungswerte der Belastung, mit dem die charakteristische Tragfähigkeit der Bauteile mit Verformungen in der Tragwerksebene erreicht wird, ohne dass Knicken oder Biegedrillknicken aus der Ebene berücksichtigt wird. Dabei werden, wo erforderlich, alle Effekte aus Imperfektionen und Theorie 2. Ordnung in der Tragwerksebene berücksichtigt. In der Regel wird $\alpha_{ult,k}$ durch den Querschnittsnachweis am ungünstigsten Querschnitt des Tragwerks oder Teiltragwerks bestimmt ☐AC☐.
$\alpha_{cr}$	Vergrößerungsbeiwert für die Einwirkungen, um die ☐AC☐ ideale Verzweigungslast bei Ausweichen aus der Ebene ☐AC☐ (siehe $\alpha_{ult,k}$ ) zu erreichen;
$q$	Ersatzkraft pro Längeneinheit auf ein stabilisierendes System äquivalent zur Wirkung von Imperfektionen;
$\delta_q$	Durchbiegung des stabilisierenden Systems unter der Ersatzkraft $q$ ;
$q_d$	Bemessungswert der Ersatzkraft $q$ pro Längeneinheit;
$M_{Ed}$	Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments;
$k$	Beiwert für $e_{0,d}$ ;
$\varepsilon$	Dehnung;
$\sigma$	Normalspannung;
$\sigma_{com,Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Druckspannung in einem Querschnittsteil;
$\ell$	Länge;
$\varepsilon$	☐AC☐ Faktor ☐AC☐ in Abhängigkeit von $f_y$ ;
$c$	Breite oder Höhe eines Querschnittsteils;
$\alpha$	Anteil eines Querschnittsteils unter Druckbeanspruchung;
$\psi$	Spannungs- oder Dehnungsverhältnis;
$k_\sigma$	☐AC☐ Beulfaktor; ☐AC☐
$d$	Außendurchmesser runder Hohlquerschnitte.

**Abschnitt 6**

$\gamma_{M0}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Querschnitten (bei Anwendung von Querschnittsnachweisen);
$\gamma_{M1}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen (bei Anwendung von Bauteilnachweisen);
$\gamma_{M2}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Bruchversagen infolge Zugbeanspruchung;
$\sigma_{x,Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Normalspannung in Längsrichtung;
$\sigma_{z,Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Normalspannung in Querrichtung;
$\tau_{Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Schubspannung;
$N_{Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft;
$M_{y,Ed}$	Bemessungswert des einwirkenden Momentes um die $y$ - $y$ Achse;
$M_{z,Ed}$	Bemessungswert des einwirkenden Momentes um die $z$ - $z$ Achse;
$N_{Rd}$	Bemessungswert der Normalkrafttragfähigkeit;
$M_{y,Rd}$	Bemessungswert der Momententragfähigkeit um die $y$ - $y$ Achse;

$M_{z,Rd}$	Bemessungswert der Momententragfähigkeit um die $z$ - $z$ Achse;
$s$	Lochabstand bei versetzten Löchern gemessen als Abstand der Lochachsen in der Projektion parallel zur Bauteilachse;
$p$	Lochabstand bei versetzten Löchern gemessen als Abstand der Lochachsen in der Projektion senkrecht zur Bauteilachse;
$n$	Anzahl der Löcher längs einer kritischen Risslinie (in einer Diagonalen oder Zickzacklinie), die sich über den Querschnitt oder über Querschnittsteile erstreckt;
$d_0$	Lochdurchmesser;
$e_N$	Verschiebung der Hauptachse des wirksamen Querschnitts mit der Fläche $A_{eff}$ bezogen auf die Hauptachse des Bruttoquerschnitts mit der Fläche $A$ ;
$\Delta M_{Ed}$	Bemessungswert eines zusätzlichen einwirkenden Momentes infolge der Verschiebung $e_N$ ;
$A_{eff}$	wirksame Querschnittsfläche;
$N_{t,Rd}$	Bemessungswert der Zugtragfähigkeit;
$N_{pl,Rd}$	Bemessungswert der plastischen Normalkrafttragfähigkeit des Bruttoquerschnitts;
$N_{u,Rd}$	Bemessungswert der Zugtragfähigkeit des Nettoquerschnitts längs der kritischen Risslinie durch die Löcher;
$A_{net}$	Nettoquerschnittsfläche;
$N_{net,Rd}$	Bemessungswert der plastischen Normalkrafttragfähigkeit des Nettoquerschnitts;
$N_{c,Rd}$	Bemessungswert der Normalkrafttragfähigkeit bei Druck;
$M_{c,Rd}$	Bemessungswert der Momententragfähigkeit bei Berücksichtigung von Löchern;
$W_{pl}$	plastisches Widerstandsmoment;
$W_{el,min}$	kleinstes elastisches Widerstandsmoment;
$W_{eff,min}$	kleinstes wirksames elastisches Widerstandsmoment;
$A_f$	Fläche des zugbeanspruchten Flansches;
$A_{f,net}$	Nettofläche des zugbeanspruchten Flansches;
$V_{Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft;
$V_{c,Rd}$	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit;
$V_{pl,Rd}$	Bemessungswert der plastischen Querkrafttragfähigkeit;
$A_v$	wirksame Schubfläche;
$\eta$	Beiwert für die wirksame Schubfläche;
$S$	Statisches Flächenmoment;
$I$	Flächenträgheitsmoment des Gesamtquerschnitts;
$\overline{A} A$	Querschnittsfläche; $\overline{A} A$
$A_w$	Fläche des Stegbleches;
$A_f$	Fläche eines Flansches;
$T_{Ed}$	Bemessungswert des einwirkenden Torsionsmomentes;
$T_{Rd}$	Bemessungswert der Torsionstragfähigkeit;
$T_{t,Ed}$	Bemessungswert des einwirkenden $\overline{A} A$ St. Venant'schen Torsionsmoments $\overline{A} A$ ;
$T_{w,Ed}$	Bemessungswert des einwirkenden $\overline{A} A$ Wölb-torsionsmoments $\overline{A} A$ ;

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

$\tau_{t,Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Schubspannung infolge St. Venant'scher (primärer) Torsion;
$\tau_{w,Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Schubspannung infolge Wölbkrafttorsion;
$\sigma_{w,Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Normalspannungen infolge des Bimomentes $B_{Ed}$ ;
$B_{Ed}$	<b>AC</b> Bemessungswert des einwirkenden Bimoments; <b>AC</b>
$V_{pl,T,Rd}$	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit abgemindert infolge $T_{Ed}$ ;
$\rho$	Abminderungsbeiwert zur Bestimmung des Bemessungswerts der Momententragfähigkeit unter Berücksichtigung von $V_{Ed}$ ;
$M_{V,Rd}$	Bemessungswert der Momententragfähigkeit abgemindert infolge $V_{Ed}$ ;
$M_{N,Rd}$	Bemessungswert der Momententragfähigkeit abgemindert infolge $N_{Ed}$ ;
$n$	Verhältnis von $N_{Ed}$ zu $N_{pl,Rd}$ ;
$a$	Verhältnis der Stegfläche zur Bruttoquerschnittsfläche;
$\alpha$	Parameter für den Querschnittsnachweis bei Biegung um beide Hauptachsen;
$\beta$	Parameter für den Querschnittsnachweis bei Biegung um beide Hauptachsen;
$e_{N,y}$	Verschiebung der Hauptachse $y-y$ des wirksamen Querschnitts mit der Fläche $A_{eff}$ bezogen auf die Hauptachse des Bruttoquerschnitts mit der Fläche $A$ ;
$e_{N,z}$	Verschiebung der Hauptachse $z-z$ des wirksamen Querschnitts mit der Fläche $A_{eff}$ bezogen auf die Hauptachse des Bruttoquerschnitts mit der Fläche $A$ ;
$W_{eff,min}$	kleinstes wirksames elastisches Widerstandsmoment;
$N_{b,Rd}$	Bemessungswert der Biegeknicktragfähigkeit von Bauteilen unter planmäßig zentrischem Druck;
$\chi$	Abminderungsbeiwert entsprechend der maßgebenden Knickkurve;
$\Phi$	Funktion zur Bestimmung des Abminderungsbeiwertes $\chi$ ;
$a_0, a, b, c, d$	Klassenbezeichnungen der Knicklinien;
$N_{cr}$	ideale Verzweigungslast für den maßgebenden Knickfall bezogen auf den Bruttoquerschnitt;
$i$	Trägheitsradius für die maßgebende Knickebene bezogen auf den Bruttoquerschnitt;
$\lambda_1$	Schlankheit zur Bestimmung des Schlankheitsgrads;
$\bar{\lambda}_T$	Schlankheitsgrad für Drillknicken oder Biegedrillknicken;
$N_{cr,TF}$	ideale Verzweigungslast für Biegedrillknicken;
$N_{cr,T}$	ideale Verzweigungslast für Drillknicken;
$M_{b,Rd}$	Bemessungswert der Momententragfähigkeit bei Biegedrillknicken;
$\chi_{LT}$	Abminderungsbeiwert für Biegedrillknicken;
$\Phi_{LT}$	Funktion zur Bestimmung des Abminderungsbeiwertes $\chi_{LT}$ ;
$\alpha_{LT}$	Imperfektionsbeiwert für die maßgebende Biegedrillknicklinie;
$\bar{\lambda}_{LT}$	Schlankheitsgrad für Biegedrillknicken;
$M_{cr}$	ideales Verzweigungsmoment bei Biegedrillknicken;
$\bar{\lambda}_{LT,0}$	Plateaulänge der Biegedrillknicklinie für gewalzte <b>AC</b> und geschweißte <b>AC</b> Querschnitte;
$\beta$	Korrekturfaktor der Biegedrillknicklinie für gewalzte <b>AC</b> und geschweißte <b>AC</b> Querschnitte;
$\chi_{LT,mod}$	modifizierter Abminderungsbeiwert für Biegedrillknicken;

$f$	Modifikationsfaktor für $\chi_{LT}$ ;
$k_c$	Korrekturbeiwert zur Berücksichtigung der Momentenverteilung;
$\psi$	Momentenverhältnis in einem Bauteilabschnitt;
$L_c$	Abstand zwischen seitlichen Stützpunkten;
$\bar{\lambda}_f$	Schlankheitsgrad des druckbeanspruchten Flansches;
$i_{f,z}$	Trägheitsradius des druckbeanspruchten Flansches um die schwache Querschnittsachse;
$I_{\text{eff},f}$	wirksames Flächenträgheitsmoment des druckbeanspruchten Flansches um die schwache Querschnittsachse;
$A_{\text{eff},f}$	wirksame Fläche des druckbeanspruchten Flansches;
$A_{\text{eff},w,c}$	wirksame Fläche des druckbeanspruchten Teils des Stegblechs;
$\bar{\lambda}_{c0}$	Grenzschlankheitsgrad;
$k_{\text{fl}}$	Anpassungsfaktor;
$\boxed{\text{AC}} \Delta M_{y,\text{Ed}} \boxed{\text{AC}}$	Momente infolge Verschiebung $e_{Ny}$ der Querschnittsachsen;
$\boxed{\text{AC}} \Delta M_{z,\text{Ed}} \boxed{\text{AC}}$	Momente infolge Verschiebung $e_{Nz}$ der Querschnittsachsen;
$\chi_y$	Abminderungsbeiwert für Biegeknicken ( $y$ - $y$ Achse);
$\chi_z$	Abminderungsbeiwert für Biegeknicken ( $z$ - $z$ Achse);
$k_{yy}$	Interaktionsfaktor;
$k_{yz}$	Interaktionsfaktor;
$k_{zy}$	Interaktionsfaktor;
$k_{zz}$	Interaktionsfaktor;
$\bar{\lambda}_{\text{op}}$	globaler Schlankheitsgrad eines Bauteils oder einer Bauteilkomponente zur Berücksichtigung von Stabilitätsverhalten aus der Ebene;
$\chi_{\text{op}}$	Abminderungsbeiwert in Abhängigkeit von $\bar{\lambda}_{\text{op}}$ ;
$\alpha_{\text{ult},k}$	Vergrößerungsbeiwert für die Einwirkungen, um den charakteristischen Wert der Tragfähigkeit bei Unterdrückung von Verformungen aus der Ebene zu erreichen;
$\alpha_{\text{cr},\text{op}}$	Vergrößerungsbeiwert für die Einwirkungen, um die $\boxed{\text{AC}}$ Verzweigungslast $\boxed{\text{AC}}$ bei Ausweichen aus der Ebene (siehe $\alpha_{\text{ult},k}$ ) zu erreichen;
$N_{\text{Rk}}$	charakteristischer Wert der Normalkrafttragfähigkeit;
$M_{y,\text{Rk}}$	charakteristischer Wert der Momententragfähigkeit ( $y$ - $y$ Achse);
$M_{z,\text{Rk}}$	charakteristischer Wert der Momententragfähigkeit ( $z$ - $z$ Achse);
$Q_m$	lokale Ersatzkraft auf stabilisierende Bauteile im Bereich von Fließgelenken;
$L_{\text{stable}}$	Mindestabstand von Abstützmaßnahmen;
$L_{\text{ch}}$	Knicklänge eines Gurtstabs;
$h_0$	Abstand zwischen den Schwerachsen der Gurtstäbe;
$a$	Bindeblechabstand;
$\alpha$	Winkel zwischen den Schwerachsen von Gitterstäben und Gurtstäben;
$i_{\text{min}}$	kleinster Trägheitsradius von Einzelwinkeln;

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

$A_{ch}$	Querschnittsfläche eines Gurtstabes;
$N_{ch,Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft im Gurtstab eines mehrteiligen Bauteils;
$M_{Ed}^I$	Bemessungswert des $\overline{AC}$ maximal einwirkenden Moments $\overline{AC}$ für ein mehrteiliges Bauteils;
$I_{eff}$	effektives Flächenträgheitsmoment eines mehrteiligen Bauteils;
$S_V$	Schubsteifigkeit infolge der Verformungen der Gitterstäbe und Bindebleche;
$n$	Anzahl der Ebenen der Gitterstäbe $\overline{AC}$ oder Bindebleche $\overline{AC}$ ;
$A_d$	Querschnittsfläche eines Gitterstabes einer Gitterstütze;
$d$	Länge eines Gitterstabes einer Gitterstütze;
$A_V$	Querschnittsfläche eines Bindeblechs (oder horizontalen Bauteils) einer Gitterstütze;
$I_{ch}$	Flächenträgheitsmoment eines Gurtstabes in der Nachweisebene;
$I_b$	Flächenträgheitsmoment eines Bindebleches in der Nachweisebene;
$\mu$	Wirkungsgrad;
$i_y$	Trägheitsradius ( $y$ - $y$ Achse).

**Anhang A**

$C_{my}$	äquivalenter Momentenbeiwert;
$C_{mz}$	äquivalenter Momentenbeiwert;
$C_{mLT}$	äquivalenter Momentenbeiwert;
$\mu_y$	Beiwert;
$\mu_z$	Beiwert;
$N_{cr,y}$	ideale Verzweigungslast für Knicken um die $y$ - $y$ Achse;
$N_{cr,z}$	ideale Verzweigungslast für Knicken um die $z$ - $z$ Achse;
$C_{yy}$	Beiwert;
$C_{yz}$	Beiwert;
$C_{zy}$	Beiwert;
$C_{zz}$	Beiwert;
$w_y$	Beiwert;
$w_z$	Beiwert;
$n_{pl}$	Beiwert;
$\bar{\lambda}_{max}$	maximaler Wert von $\bar{\lambda}_y$ und $\bar{\lambda}_z$ ;
$b_{LT}$	Beiwert;
$c_{LT}$	Beiwert;
$d_{LT}$	Beiwert;
$e_{LT}$	Beiwert;
$\psi_y$	Verhältnis der Endmomente ( $y$ - $y$ Achse);
$C_{my,0}$	Beiwert;
$C_{mz,0}$	Beiwert;

$a_{LT}$	Beiwert;
$I_T$	St. Venant'sche Torsionssteifigkeit;
$I_y$	Flächenträgheitsmoment um die $y$ - $y$ Achse;
$\overline{AC} C1$	Verhältnis von kritischem Biegemoment (größter Wert unter den Bauteilen) und dem kritischen konstanten Biegemoment für ein Bauteil mit gelenkiger Lagerung. $\overline{AC}$
$M_{i,Ed}(x)$	Größtwert von $M_{y,Ed}$ und $M_{z,Ed}$ ;
$ \delta_x $	größte Verformung entlang des Bauteils.

### Anhang B

$\alpha_s$	Beiwert, $\overline{AC} s$ = Durchbiegung (en:sagging) $\overline{AC}$ ;
$\alpha_h$	Beiwert, $\overline{AC} h$ = Aufbiegung (en:hogging) $\overline{AC}$ ;
$C_m$	äquivalenter Momentenbeiwert.

### Anhang AB

$\gamma_G$	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen;
$G_k$	charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung $G$ ;
$\gamma_Q$	Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen;
$Q_k$	charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung $Q$ .

### Anhang BB

$\overline{\lambda}_{eff,v}$	effektiver Schlankheitsgrad für Knicken um die $v$ - $v$ Achse;
$\overline{\lambda}_{eff,y}$	effektiver Schlankheitsgrad für Knicken um die $y$ - $y$ Achse;
$\overline{\lambda}_{eff,z}$	effektiver Schlankheitsgrad für Knicken um die $z$ - $z$ Achse;
$L$	Systemlänge;
$L_{cr}$	Knicklänge;
$S$	Schubsteifigkeit der Bleche im Hinblick auf die Verformungen des Trägers in der Blechebene;
$I_w$	Wölbfächenmoment des Trägers;
$C_{9,k}$	Rotationssteifigkeit, die durch das stabilisierende Bauteil und die Verbindung mit dem Träger bewirkt wird;
$K_v$	Beiwert zur Berücksichtigung der Art der Berechnung;
$K_g$	Faktor zur Berücksichtigung des Momentenverlaufs und der Möglichkeit der seitlichen Verschiebung des gegen Verdrehen gestützten Trägers;
$C_{9R,k}$	Rotationssteifigkeit des stabilisierenden Bauteils bei Annahme einer steifen Verbindung mit dem Träger;
$C_{9C,k}$	Rotationssteifigkeit der Verbindung zwischen dem Träger und dem stabilisierenden Bauteil;
$C_{9D,k}$	Rotationssteifigkeit infolge von Querschnittsverformungen des Trägers;
$L_m$	Mindestabstand zwischen seitlichen Stützungen;
$L_k$	Mindestabstand zwischen Verdrehbehinderungen;
$L_s$	Mindestabstand zwischen einem plastischen Gelenk und einer benachbarten Verdrehbehinderungen;

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

$C_1$	Modifikationsfaktor zur Berücksichtigung des Momentenverlaufs;
$C_m$	Modifikationsfaktor zur Berücksichtigung eines linearen Momentenverlaufs;
$C_n$	Modifikationsfaktor zur Berücksichtigung eines nichtlinearen Momentenverlaufs;
$a$	Abstand zwischen der Achse des Bauteils mit Fließgelenk und der Achse der Abstützung der aussteifenden Bauteile;
$B_0$	Beiwert;
$B_1$	Beiwert;
$B_2$	Beiwert;
$\eta$	$\overline{\text{AC}}$ ideales $\overline{\text{AC}}$ Verhältnis von $N_{\text{crE}}$ zu $N_{\text{crT}}$ ;
$i_s$	auf die Schwerlinie des aussteifenden Bauteils bezogener Trägheitsradius;
$\beta_t$	Verhältnis des kleinsten zum größten Endmoment;
$R_1$	Moment an einem Ort im Bauteil;
$R_2$	Moment an einem Ort im Bauteil;
$R_3$	Moment an einem Ort im Bauteil;
$R_4$	Moment an einem Ort im Bauteil;
$R_5$	Moment an einem Ort im Bauteil;
$R_E$	maximaler Wert von $R_1$ oder $R_5$ ;
$R_s$	maximaler Wert des Biegemoments innerhalb der Länge $L_y$ ;
$c$	Voutenfaktor;
$h_h$	zusätzliche Querschnittshöhe infolge der Voute;
$h_{\text{max}}$	maximale Querschnittshöhe innerhalb der Länge $L_y$ ;
$h_{\text{min}}$	minimale Querschnittshöhe innerhalb der Länge $L_y$ ;
$h_s$	Höhe des Querschnitts ohne Voute;
$L_h$	Länge der Voute innerhalb der Länge $L_y$ ;
$L_y$	Abstand zwischen seitlichen Abstützungen.

### 1.7 Definition der Bauteilachsen

(1) Die Bauteilachsen werden wie folgt definiert:

$x-x$	längs des Bauteils;
$y-y$	Querschnittsachse;
$z-z$	Querschnittsachse.

(2) Die Querschnittsachsen von Stahlbauteilen werden wie folgt definiert:

— Allgemein:

$y-y$	Querschnittsachse parallel zu den Flanschen;
$z-z$	Querschnittsachse rechtwinklig zu den Flanschen.

— für Winkelprofile:

- $y$ - $y$  Achse parallel zum kleineren Schenkel;
- $z$ - $z$  Achse rechtwinklig zum kleineren Schenkel.

— wenn erforderlich:

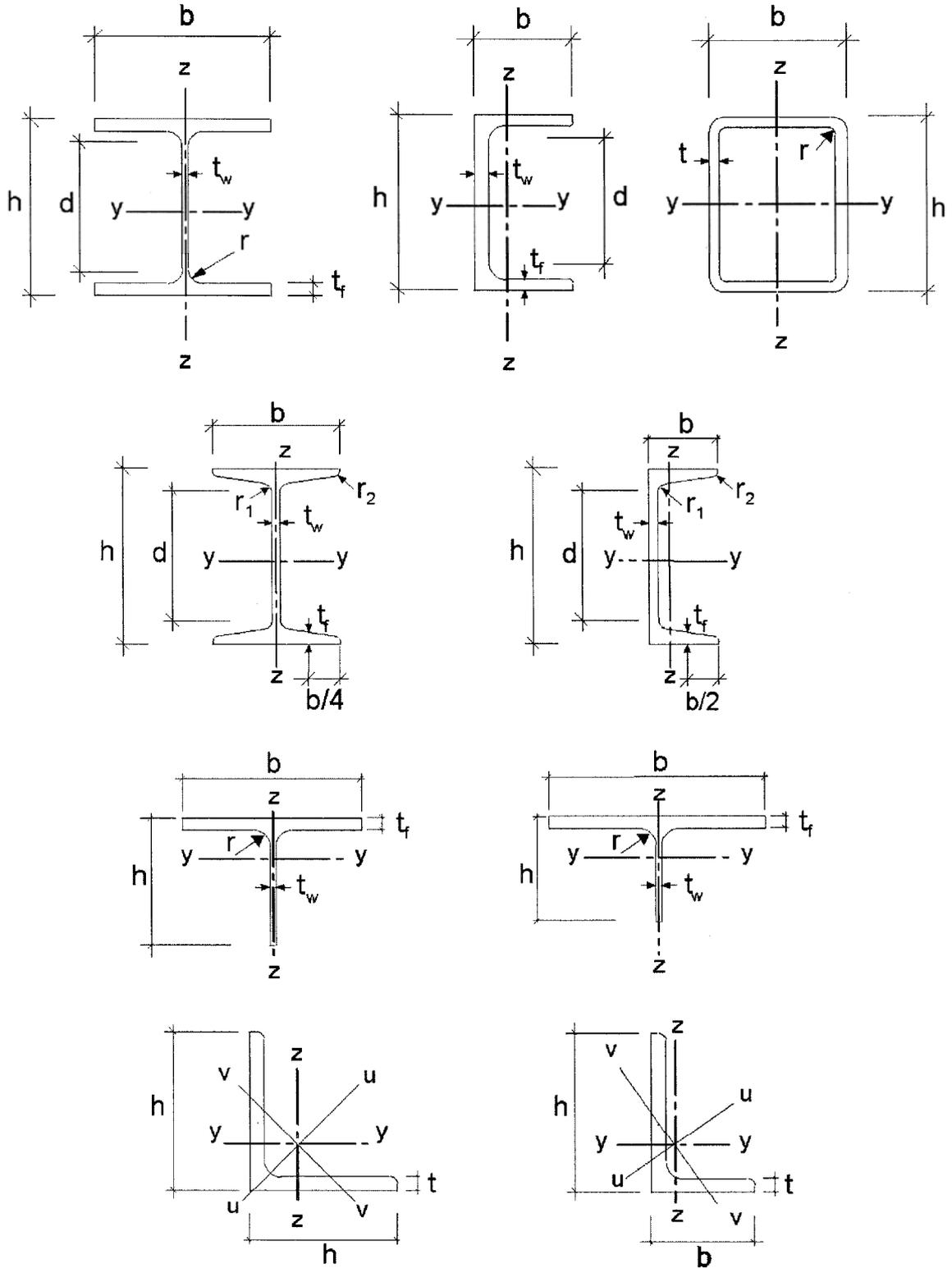
- $u$ - $u$  Hauptachse (wenn sie nicht mit der  $y$ - $y$ -Achse übereinstimmt);
- $v$ - $v$  Nebenachse (wenn sie nicht mit der  $z$ - $z$ -Achse übereinstimmt).

(3) Die Symbole für die Abmessungen und Achsen gewalzter Stahlprofile sind in Bild 1.1 angegeben.

(4) Die Vereinbarung für Indizes zur Bezeichnung der Achsen von Momenten lautet: „Es gilt die Achse, um die das Moment wirkt.“

**ANMERKUNG** Alle Regeln dieses Eurocodes beziehen sich auf die Eigenschaften in den Hauptachsenrichtungen, welche im Allgemeinen als  $y$ - $y$ -Achse und  $z$ - $z$ -Achse für symmetrische Querschnitte und  $u$ - $u$ -Achse und  $v$ - $v$ -Achse für unsymmetrische Querschnitte, wie z. B. Winkel, festgelegt sind.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**



**Bild 1.1 — Abmessungen und Achsen von Profilquerschnitten**

## **2 Grundlagen für die Tragwerksplanung**

### **2.1 Anforderungen**

#### **2.1.1 Grundlegende Anforderungen**

- (1)P Für die Tragwerksplanung von Stahlbauten gelten die Grundlagen von EN 1990.
- (2) Für Stahlbauten gelten darüber hinaus in der Regel die in diesem Abschnitt angegebenen Regelungen.
- (3) Die grundlegenden Anforderungen von EN 1990, Abschnitt 2 gelten in der Regel als erfüllt, wenn der Entwurf, die Berechnung und die Bemessung mit Grenzzuständen in Verbindung mit Einwirkungen nach EN 1991 und Teilsicherheitsbeiwerten und Lastkombinationen entsprechend EN 1990 durchgeführt wird.
- (4) Die Bemessungsregeln für die Grenzzustände der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und für die Dauerhaftigkeit in den verschiedenen Teilen von EN 1993 sind in der Regel für die jeweiligen Anwendungsbereiche maßgebend.

#### **2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit**

- (1) Falls eine andere als die in dieser Norm empfohlene Zuverlässigkeit gefordert wird, sollte diese vorzugsweise durch entsprechende Gütesicherung bei der Tragwerksplanung und der Ausführung nach EN 1990, Anhang C bzw. EN 1090 erreicht werden.

#### **2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Robustheit**

##### **2.1.3.1 Allgemeines**

- (1)  $\overline{AC}$ P  $\overline{AC}$ B Abhängig von der Art der Einwirkungen, die die Dauerhaftigkeit und Nutzungsdauer (siehe EN 1990) beeinflussen, ist bei Stahltragwerken in der Regel Folgendes zu beachten:

- Korrosionsgerechte Gestaltung gegebenenfalls mit:
  - geeignetem Schutz der Oberfläche (siehe EN ISO 12944);
  - Einsatz von wetterfestem Stahl;
  - Einsatz von nichtrostendem Stahl (siehe EN 1993-1-4).
- Konstruktive Gestaltung im Hinblick auf ausreichende Ermüdungssicherheit (siehe EN 1993-1-9);
- Berücksichtigung der Auswirkung von Verschleiß beim Entwurf;
- Bemessung für außergewöhnliche Einwirkungen (siehe EN 1991-1-7);
- Sicherstellung von Inspektions- und Wartungsmaßnahmen.

##### **2.1.3.2 Nutzungsdauer bei Hochbauten**

- (1)  $\overline{AC}$ P,  $\overline{AC}$ B Als Nutzungsdauer ist in der Regel der Zeitraum festzulegen, in der ein Hochbau nach seiner vorgesehenen Funktion genutzt werden soll.

- (2)B Zur Festlegung der Lebensdauer von Hochbauten siehe EN 1990, Tabelle 2.1.

- (3)B Für Bauteile, die nicht für die gesamte Nutzungsdauer von Hochbauten bemessen werden können, siehe 2.1.3.3(3)B.

## DIN EN 1993-1-1:2010-12 EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)

### 2.1.3.3 Dauerhaftigkeit von Hochbauten

(1)  $\overline{AC}$  P,  $\overline{AC}$  B Um die Dauerhaftigkeit von Hochbauten zu sichern, sind in der Regel die Tragwerke entweder gegen schädliche Umwelteinwirkungen und, wo notwendig, auf Ermüdungseinwirkungen zu bemessen oder auf andere Art vor diesen zu schützen.

(2)  $\overline{AC}$  P  $\overline{AC}$  B Können Materialverschleiß, Korrosion oder Ermüdung maßgebend werden,  $\overline{AC}$  müssen  $\overline{AC}$  geeignete Werkstoffwahl, nach EN 1993-1-4 und EN 1993-1-10, geeignete Gestaltung der Konstruktion nach EN 1993-1-9, strukturelle Redundanz (z. B. statische Unbestimmtheit des Systems) und geeigneter Korrosionsschutz berücksichtigt werden.

(3) B Falls bei einem Bauwerk Bauteile austauschbar sein sollen (z. B. Lager bei Bodensetzungen), ist in der Regel der sichere Austausch als vorübergehende Bemessungssituation nachzuweisen.

## 2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen

(1) Die in diesem Eurocode 3 festgelegten Beanspruchbarkeiten für Querschnitte und Bauteile für den Grenzzustand der Tragfähigkeit,  $\overline{AC}$  nach Abschnitt 3.3 der EN 1990, sind  $\overline{AC}$  aus Versuchen abgeleitet, bei denen der Werkstoff eine ausreichende Duktilität aufwies, so dass daraus vereinfachte Bemessungsmodelle abgeleitet werden konnten.

(2) Die in diesem Teil des Eurocodes festgelegten Beanspruchbarkeiten dürfen nur verwendet werden, wenn die Bedingungen für den Werkstoff nach Abschnitt 3 erfüllt sind.

## 2.3 Basisvariable

### 2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

(1) Einwirkungen für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten sind in der Regel nach EN 1991 zu ermitteln. Für die Kombination von Einwirkungen und die Teilsicherheitsbeiwerte siehe EN 1990, Anhang A.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang kann Einwirkungen für besondere örtliche oder klimatische oder außer-gewöhnliche Einwirkungen festlegen.

ANMERKUNG 2B Zur proportionalen Erhöhung von Lasten bei inkrementellen Berechnungen, siehe Anhang AB.1.

ANMERKUNG 3B Zu vereinfachter Anordnung der Belastung, siehe Anhang AB.2.

(2) Für die Festlegung der Einwirkungen während der Bauzustände wird die Anwendung von EN 1991-1-6 empfohlen.

(3) Auswirkungen absehbarer Setzungen und Setzungsunterschiede sind in der Regel auf der Grundlage realistischer Annahmen zu berücksichtigen.

(4) Einflüsse aus ungleichmäßigen Setzungen, eingepprägten Verformungen oder anderen Formen von Vorspannungen während der Montage sind in der Regel durch ihren Nennwert  $P_k$  als ständige Einwirkung zu berücksichtigen. Sie werden mit den anderen ständigen Lasten  $G_k$  zu einer ständigen Gesamteinwirkung ( $G_k + P_k$ ) zusammengefasst.

(5) Einwirkungen, die zu Ermüdungsbeanspruchungen führen und nicht in EN 1991 festgelegt sind, sollten nach EN 1993-1-9, Anhang A ermittelt werden.

### 2.3.2 Werkstoff- und Produkteigenschaften

(1) Werkstoffeigenschaften für Stahl und andere Bauprodukte und geometrische Größen für die Bemessung sind in der Regel den entsprechenden ENs, ETAGs oder ETAs zu entnehmen, sofern in dieser Norm keine andere Regelung vorgesehen ist.

## 2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten

### 2.4.1 Bemessungswerte von Werkstoffeigenschaften

(1) AC P AC Für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten sind AC *gestrichener Text* AC die charakteristischen Werte AC  $X_k$  AC oder die Nennwerte  $X_n$  der Werkstoffeigenschaft nach diesem Eurocode anzusetzen.

### 2.4.2 Bemessungswerte der geometrischen Größen

(1) Geometrische Größen für die Querschnitte und Abmessungen des Tragwerks dürfen den harmonisierten Produktnormen oder den Zeichnungen für die Ausführung nach EN 1090 entnommen werden. Sie sind als Nennwerte zu behandeln.

(2) Die in dieser Norm festgelegten Bemessungswerte der geometrischen Ersatzimperfectionen enthalten:

- Einflüsse aus geometrischen Imperfectionen von Bauteilen, die durch geometrische Toleranzen in den Produktnormen oder Ausführungsnormen begrenzt sind;
- Einflüsse struktureller Imperfectionen infolge Herstellung und Bauausführung;
- Eigenspannungen;
- Ungleichmäßige Verteilung der Streckgrenze.

### 2.4.3 Bemessungswerte der Beanspruchbarkeit

(1) Für Tragwerke aus Stahl gilt die folgende Definition nach EN 1990, Gleichung (6.6c) bzw. (6.6d):

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} = \frac{1}{\gamma_M} R_k (\eta_1 X_{k,1}; \eta_i X_{k,i}; a_d) \quad (2.1)$$

Dabei ist

$R_k$  der charakteristische Wert einer Beanspruchbarkeit, der mit den charakteristischen Werten oder Nennwerten der Werkstoffeigenschaften und Abmessungen ermittelt wurde;

$\gamma_M$  der globale Teilsicherheitsbeiwert für diese Beanspruchbarkeit.

ANMERKUNG Zur Definition von  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $X_{k,1}$ ,  $X_{k,i}$  und  $a_d$  siehe EN 1990.

### 2.4.4 Nachweis der Lagesicherheit (EQU)

(1) Das Nachweisformat beim Nachweis der Lagesicherheit (EQU) nach EN 1990, Anhangs A, Tabelle 1.2 (A) gilt auch für Bemessungszustände mit ähnlichen Voraussetzungen wie bei (EQU), z. B. für die Bemessung von Verankerungen oder den Nachweis gegen das Abheben von Lagern bei Durchlaufträgern.

## 2.5 Bemessung mit Hilfe von Versuchen

(1) Die charakteristischen Beanspruchbarkeiten  $R_k$  dieser Norm wurden auf der Grundlage von EN 1990, Anhang D ermittelt.

(2) Um für Empfehlungen von Teilsicherheitsbeiwerten Gruppen (z. B. für verschiedene Schlankheitsbereiche) mit konstanten Zahlenwerten  $\gamma_{Mi}$  zu erreichen, wurden die charakteristischen Werte  $R_k$  bestimmt aus:

$$R_k = R_d \gamma_{Mi} \quad (2.2)$$

## DIN EN 1993-1-1:2010-12 EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)

Dabei sind

$R_d$  die Bemessungswerte nach EN 1990, Anhang D;

$\gamma_{Mi}$  die empfohlenen Teilsicherheitsbeiwerte.

ANMERKUNG 1 Die empfohlenen Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_{Mi}$  wurden so berechnet, dass  $R_k$  ungefähr der 5 %-Fraktile einer Verteilung aus einer unendlichen Anzahl von Versuchsergebnissen entspricht.

ANMERKUNG 2 Zu den charakteristischen Bemessungswerten der Ermüdungsfestigkeit und zu den Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma_{Mf}$  für die Ermüdungsnachweise siehe EN 1993-1-9.

ANMERKUNG 3 Zu den charakteristischen Bemessungswerten der Bauteilzähigkeit und den Sicherheitselementen für den Zähigkeitsnachweis siehe EN 1993-1-10.

(3) Für den Fall, dass bei Fertigteilen der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit  $R_d$  nur aus Versuchen ermittelt wird, werden die charakteristischen Werte für die Beanspruchbarkeit  $R_k$  in der Regel nach (2) ermittelt.

### 3 Werkstoffe

#### 3.1 Allgemeines

(1) Die in diesem Abschnitt angegebenen Nennwerte der Werkstoffeigenschaften sind in der Regel als charakteristische Werte bei der Bemessung anzunehmen.

(2) Die Entwurfs- und Bemessungsregeln dieses Teils von EN 1993 gelten für Tragwerke aus Stahl entsprechend den in Tabelle 3.1 aufgelisteten Stahlsorten.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang gibt Hinweise zur Anwendung von Stahlsorten und Stahlprodukten.

#### 3.2 Baustahl

##### 3.2.1 Werkstoffeigenschaften

(1) Die Nennwerte der Streckgrenze  $f_y$  und der Zugfestigkeit  $f_u$  für Baustahl sind in der Regel:

- a) entweder direkt als Werte  $\overline{AC} f_y = R_{eH} \overline{AC}$  und  $f_u = R_m$  aus der Produktnorm, oder
- b) vereinfacht der Tabelle 3.1 zu entnehmen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann zu a) oder b) eine Festlegung treffen.

##### 3.2.2 Anforderungen an die Duktilität

(1) Für Stahl ist eine Mindestduktilität erforderlich, die durch Grenzwerte für folgende Kennwerte definiert sind:

- das Verhältnis  $f_u/f_y$  des spezifizierten Mindestwertes der Zugfestigkeit  $f_u$  zu dem spezifizierten Mindestwert der Streckgrenze  $f_y$ ;
- die auf eine Messlänge von  $5,65 \sqrt{A_0}$  bezogene Bruchdehnung (wobei  $A_0$  die Ausgangsquerschnittsfläche ist);
- die Gleichmaßdehnung  $\varepsilon_u$ , wobei  $\varepsilon_u$  der Zugfestigkeit  $f_u$  zugeordnet ist.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann die Grenzwerte für das  $f_u/f_y$ -Verhältnis, die Bruchdehnung und die Gleichmaßdehnung  $\varepsilon_u$  festlegen. Folgende Werte werden empfohlen:

- $f_u/f_y \geq 1,10$ ;
- Bruchdehnung mindestens 15 %;
- $\varepsilon_u \geq 15 \varepsilon_y$ , dabei ist  $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E}$  die Fließdehnung.

(2) Bei Erzeugnissen aus Stahlsorten nach Tabelle 3.1 darf vorausgesetzt werden, dass sie die aufgeführten Anforderungen erfüllen.

### 3.2.3 Bruchzähigkeit

(1)  $\overline{AC}$  P  $\overline{AC}$  Ausreichende Bruchzähigkeit des Werkstoffs ist Voraussetzung für die Vermeidung von Sprödbbruchversagen bei zugbeanspruchten Bauteilen. Der Bemessung liegt die voraussichtlich niedrigste Betriebstemperatur über die geplante Nutzungsdauer zugrunde.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann die für die Bemessung anzunehmende niedrigste Betriebstemperatur angeben.

(2) Weitere Nachweise gegen Sprödbbruchversagen sind nicht erforderlich, wenn die Anforderungen in EN 1993-1-10 für die niedrigste Temperatur erfüllt sind.

(3) B Für druckbeanspruchte Bauteile des Hochbaus sollte ein Mindestwert der Zähigkeit gewählt werden.

ANMERKUNG B Der Nationale Anhang kann Informationen zur Wahl der Zähigkeit für druckbeanspruchte Bauteile geben. Es wird empfohlen, in diesem Fall EN 1993-1-10, Tabelle 2.1 für  $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$  anzuwenden.

(4) Zur Auswahl geeigneter Stähle für feuerverzinkte Bauteile ist EN  $\overline{AC}$  ISO  $\overline{AC}$  1461 zu beachten.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 3.1 — Nennwerte der Streckgrenze  $f_y$  und der Zugfestigkeit  $f_u$  für warmgewalzten Baustahl**

Werkstoffnorm und Stahlsorte	Erzeugnisdicke $t$ mm			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	$f_y$ N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ N/mm <sup>2</sup>	$f_y$ N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ N/mm <sup>2</sup>
<b>EN 10025-2</b>				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	$\boxed{\text{AC}} 490 \boxed{\text{AC}}$	335	470
S 450	440	550	410	550
<b>EN 10025-3</b>				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
<b>EN 10025-4</b>				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
<b>EN 10025-5</b>				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	$\boxed{\text{AC}} 490 \boxed{\text{AC}}$	335	490
<b>EN 10025-6</b>				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550
<b>EN 10210-1</b>				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
<b>EN 10219-1</b>				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 460 NH/NLH	460	550		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

### 3.2.4 Eigenschaften in Dickenrichtung

(1) Wenn Stahlerzeugnisse mit verbesserten Eigenschaften in Dickenrichtung nach EN 1993-1-10 erforderlich sind, so sind diese in der Regel nach den Qualitätsklassen in EN 10164 auszuwählen.

ANMERKUNG 1 EN 1993-1-10 gibt eine Anleitung zur Wahl der Eigenschaften in Dickenrichtung.

ANMERKUNG 2B Besondere Beachtung sollte geschweißten Träger-Stützen-Verbindungen sowie angeschweißten Kopfplatten mit Zug in der Dickenrichtung geschenkt werden.

ANMERKUNG 3B Der Nationale Anhang kann die maßgebende Zuordnung der Sollwerte  $Z_{Ed}$  nach EN 1993-1-10, 3.2(2) zu den Qualitätsklassen von EN 10164 angeben. Für Hochbauten wird eine Zuordnung nach Tabelle 3.2 empfohlen.

**Tabelle 3.2 — Stahlgütewahl nach EN 10164**

Sollwert von $Z_{Ed}$ nach EN 1993-1-10	Erforderliche Qualität $Z_{Rd}$ nach den Z-Werten nach EN 10164
$Z_{Ed} \leq 10$	—
$10 < Z_{Ed} \leq 20$	Z 15
$20 < Z_{Ed} \leq 30$	Z 25
$Z_{Ed} > 30$	Z 35

### 3.2.5 Toleranzen

(1) Die Toleranzen für Abmessungen und Massen von gewalzten Profilen, Hohlprofilen und Blechen haben in der Regel der maßgebenden Produktnorm, ETAG oder ETA zu entsprechen, sofern nicht strengere Toleranzforderungen bestehen.

(2) Bei geschweißten Bauteilen sind in der Regel die Toleranzen nach EN 1090 einzuhalten.

(3) Für die Tragwerksberechnung und die Bemessung sind in der Regel die Nennwerte der Abmessungen zu verwenden.

### 3.2.6 Bemessungswerte der Materialkonstanten

(1) Für die in diesem Teil des Eurocodes 3 geregelten Baustähle sind in der Regel folgende Werte für die Berechnung anzunehmen:

— Elastizitätsmodul  $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$ ;

— Schubmodul  $G = \frac{E}{2(1+\nu)} \approx 81\,000 \text{ N/mm}^2$ ;

— Poissonsche Zahl  $\nu = 0,3$ ;

— Wärmeausdehnungskoeffizient  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ je K (für } T \leq 100 \text{ °C)}$ .

ANMERKUNG Für die Berechnung von Zwängungen infolge ungleicher Temperatureinwirkung in Beton- und Stahlteilen von Stahlverbundbauwerken nach EN 1994 kann der Wärmeausdehnungskoeffizient  $\alpha$  mit  $\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ je K}$  angenommen werden.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

### **3.3 Verbindungsmittel**

#### **3.3.1 Schrauben, Bolzen, Nieten**

(1) Die Anforderungen sind in EN 1993-1-8 angegeben.

#### **3.3.2 Schweißwerkstoffe**

(1) Die Anforderungen an die Schweißwerkstoffe sind in EN 1993-1-8 angegeben.

### **3.4 Andere vorgefertigte Produkte im Hochbau**

(1)B Teilvorgefertigte oder komplett vorgefertigte Produkte jeder Art, die im Hochbau verwendet werden, haben in der Regel der maßgebenden Produktnorm, der ETAG oder ETA zu entsprechen.

## **4 Dauerhaftigkeit**

(1) Grundlegende Anforderungen an die Dauerhaftigkeit sind in EN 1990 festgelegt.

(2) **AC** P **AC** Das Aufbringen des Korrosionsschutzes im Werk oder auf der Baustelle erfolgt in der Regel nach EN 1090.

ANMERKUNG In EN 1090 sind die bei der Herstellung bzw. Montage zu beachtenden Einflussfaktoren aufgelistet, die bei Entwurf und Bemessung zu beachten sind.

(3) Bauteile, die anfällig sind gegen Korrosion, mechanische Abnutzung oder Ermüdung, sind in der Regel so zu konstruieren, dass die Bauwerksinspektion, Wartung und Instandsetzung in geeigneter Form möglich ist und Zugang für Inspektion und Wartung besteht.

(4)B Normalerweise sind für Hochbauten keine Ermüdungsnachweise erforderlich, außer für Bauteile mit Beanspruchungen aus:

- a) Hebevorrichtungen oder rollenden Lasten;
- b) wiederholten Spannungswechseln durch Maschinenschwingungen;
- c) windinduzierten Schwingungen;
- d) Schwingungen aus rhythmischer Bewegung von Personengruppen.

(5) **AC** P **AC** Für Bauteile, die nicht inspiziert werden können, sind geeignete dauerhafte Korrosionsschutzmaßnahmen zu ergreifen.

(6)B Tragwerke innerhalb einer Gebäudehülle brauchen nicht mit einem Korrosionsschutz versehen zu werden, wenn die relative Luftfeuchte 80 % nicht überschreitet.

## **5 Tragwerksberechnung**

### **5.1 Statische Systeme**

#### **5.1.1 Grundlegende Annahmen**

(1) **AC** P **AC** Die statische Berechnung ist mit einem Berechnungsmodell zu führen, das für den zu betrachtenden Grenzzustand geeignet ist.

(2) Das Berechnungsmodell und die grundlegenden Annahmen für die Berechnung sind in der Regel so zu wählen, dass sie das Tragwerksverhalten im betrachteten Grenzzustand mit ausreichender Genauigkeit wiedergeben und dem erwarteten Verhalten der Querschnitte, der Bauteile, der Anschlüsse und der Lagerungen entsprechen.

(3)  P  Das Berechnungsverfahren entspricht den Bemessungsannahmen.

(4)B Zu Berechnungsverfahren und grundlegenden Annahmen für Bauteile von Hochbauten siehe auch EN 1993-1-5 und EN 1993-1-11.

### 5.1.2 Berechnungsmodelle für Anschlüsse

(1) Die Einflüsse der Last-Verformungen der Anschlüsse auf die Schnittgrößenverteilung und auf die Gesamtverformung des Tragwerks dürfen im Allgemeinen vernachlässigt werden. Sie sind jedoch in der Regel zu berücksichtigen, wenn sie, wie z. B. bei verformbaren Anschlüssen, maßgebend werden können, siehe EN 1993-1-8.

(2) Um festzustellen, ob Einflüsse aus dem Verhalten von Anschlüssen bei der Berechnung berücksichtigt werden müssen, darf zwischen folgenden drei Anschlussmodellen unterschieden werden, siehe EN 1993-1-8, 5.1.1:

- gelenkige Anschlüsse, wenn angenommen werden darf, dass der Anschluss keine Biegemomente überträgt;
- biegesteife Anschlüsse, wenn die Steifigkeit und/oder die Tragfähigkeit des Anschlusses die Annahme biegesteif verbundener Bauteile in der Berechnung erlaubt;
- verformbare Anschlüsse, wenn das Verformungsverhalten der Anschlüsse bei der Bemessung berücksichtigt werden muss.

(3) Die Anforderungen an die verschiedenen Anschlusstypen sind in EN 1993-1-8 festgelegt.

### 5.1.3 Bauwerks-Boden-Interaktion

(1) Falls notwendig, sind die Verformungseigenschaften der Fundamente zu berücksichtigen.

ANMERKUNG EN 1997 enthält Verfahren zur Berechnung der Bauwerks-Boden-Interaktion.

## 5.2 Untersuchung von Gesamttragwerken

### 5.2.1 Einflüsse der Tragwerksverformung

(1) Die Schnittgrößen können im Allgemeinen entweder nach:

- Theorie I. Ordnung, unter Ansatz der Ausgangsgeometrie des Tragwerks, oder nach
- Theorie II. Ordnung, unter Berücksichtigung der Einflüsse aus der Tragwerksverformung.

berechnet werden.

(2) Die Einflüsse der Tragwerksverformungen (Einflüsse aus Theorie II. Ordnung) sind in der Regel zu berücksichtigen, wenn die daraus resultierende Vergrößerung der Schnittgrößen nicht mehr vernachlässigt werden darf oder das Tragverhalten maßgeblich beeinflusst wird.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

(3) Die Berechnung nach Theorie I. Ordnung ist zulässig, wenn die durch Verformungen hervorgerufene Erhöhung der maßgebenden Schnittgrößen oder andere Änderungen des Tragverhaltens vernachlässigt werden können. Diese Anforderung darf als erfüllt angesehen werden, wenn die folgende Gleichung erfüllt ist:

$$\text{— } \alpha_{\text{cr}} = \frac{F_{\text{cr}}}{F_{\text{Ed}}} \geq 10 \text{ für die elastische Berechnung;} \quad (5.1)$$

$$\text{— } \alpha_{\text{cr}} = \frac{F_{\text{cr}}}{F_{\text{Ed}}} \geq 15 \text{ für die plastische Berechnung.}$$

Dabei ist

$\alpha_{\text{cr}}$  der Faktor, mit dem die Bemessungswerte der Belastung erhöht werden müssten, um die ideale Verzweigungslast des Gesamttragwerks zu erreichen;

$F_{\text{Ed}}$  der Bemessungswert der Einwirkungen auf das Tragwerk;

$F_{\text{cr}}$  die ideale Verzweigungslast des Gesamttragwerks. Bei der Berechnung von  $F_{\text{cr}}$  ist von den elastischen Anfangssteifigkeiten auszugehen.

**ANMERKUNG** Für die plastische Berechnung ist in Gleichung (5.1) ein höherer Grenzwert für  $\alpha_{\text{cr}}$  festgelegt, da der Einfluss nichtlinearen Werkstoffverhaltens auf das Tragverhalten im Grenzzustand der Tragfähigkeit erheblich sein kann (z. B. bei Tragwerken mit Fließgelenken und Momentenumlagerung oder Einfluss nichtlinearer Verformungen von verformbaren Anschlüssen). Im Nationalen Anhang dürfen kleinere Werte für  $\alpha_{\text{cr}}$  bei bestimmten Rahmentragwerken festgelegt werden, wenn diese durch genauere Ansätze begründet sind.

(4)B Hallenrahmen mit geringer Dachneigung sowie Rahmentragwerke des Geschossbaus dürfen gegen Versagen mit seitlichem Ausweichen nach Theorie I. Ordnung nachgewiesen werden, wenn die Bedingung in Gleichung (5.1) für jedes Stockwerk eingehalten ist. Bei diesen Tragwerken [AC] sollte  $\alpha_{\text{cr}}$  nach folgender Näherung berechnet werden, wenn die Auswirkung der Normalkräfte in den Trägern oder Riegeln vernachlässigbar ist:

$$\alpha_{\text{cr}} = \left( \frac{H_{\text{Ed}}}{V_{\text{Ed}}} \right) \left( \frac{h}{\delta_{\text{H,Ed}}} \right) \quad (5.2)$$

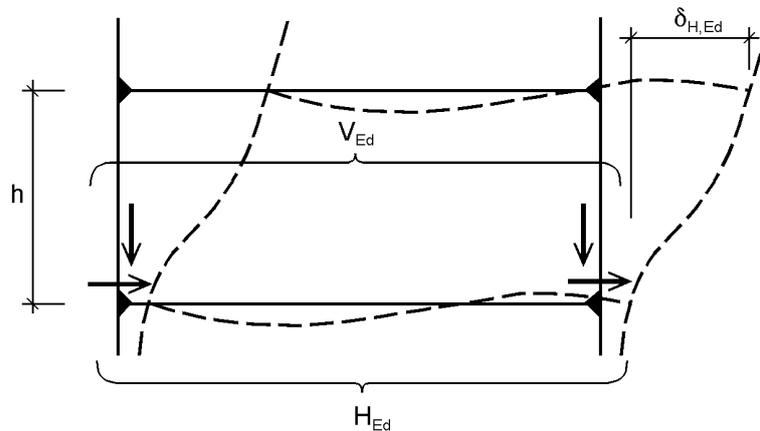
Dabei ist

$H_{\text{Ed}}$  [AC] Bemessungswert der gesamten horizontalen Last, einschließlich der vom Stockwerk übertragenen äquivalenten Kräfte (Stockwerksschub), siehe 5.3.2.(7); [AC]

$V_{\text{Ed}}$  [AC] Bemessungswert der gesamten vertikalen Last, einschließlich der vom Stockwerk übertragenen äquivalenten Kräfte (Stockwerksschub); [AC]

$\delta_{\text{H,Ed}}$  die Horizontalverschiebung der oberen Stockwerksknoten gegenüber den unteren Stockwerksknoten infolge horizontaler Lasten (z. B. Wind) und horizontalen Ersatzlasten, die am Gesamt-Rahmentragwerk angreifen;

$h$  die Stockwerkshöhe.


**Bild 5.1 — Bezeichnungen zu 5.2.1(4)**

ANMERKUNG 1B Als geringe Dachneigung darf bei der Anwendung von (4)B eine maximale Neigung von 1:2 (26°) angenommen werden.

ANMERKUNG 2B Die Auswirkung der Druckkraft  $\boxed{\text{AC}}$  sollte  $\langle \text{AC} \rangle$  bei der Anwendung von (4)B berücksichtigt  $\boxed{\text{AC}}$  werden  $\langle \text{AC} \rangle$ , wenn der Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}$  in den Trägern oder Riegeln unter Annahme gelenkiger Lagerung an den Enden folgende Gleichung erfüllt:

$\boxed{\text{AC}}$

$$\bar{\lambda} \geq 0,3 \sqrt{\frac{A f_y}{N_{Ed}}} \langle \text{AC} \rangle \quad (5.3)$$

Dabei ist

$N_{Ed}$  der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft (Druck);

$\bar{\lambda}$  der Schlankheitsgrad in der Ebene. Träger oder Riegel werden unter Ansatz der Systemlänge als gelenkig gelagert angenommen.

(5) Mittragende Breiten und wirksame Breiten aus örtlichem Beulen sind in der Regel zu berücksichtigen, falls sie die globale Tragwerksberechnung beeinflussen, siehe EN 1993-1-5.

ANMERKUNG Bei gewalzten Profilen und geschweißten Profilen mit walzprofilähnlichen Abmessungen kann der Einfluss der mittragenden Breite vernachlässigt werden.

(6) Der Schlupf in Schraubenlöchern oder ähnliche Verformungen infolge Schlupf bei Kopfbolzendübeln oder Ankerbolzen sind in der Regel bei der Tragwerksberechnung zu berücksichtigen, falls maßgebend.

## 5.2.2 Stabilität von Tragwerken

(1) Wenn der Einfluss der Verformung des Tragwerks nach 5.2.1 berücksichtigt werden muss, sind in der Regel (2) bis (6) zu beachten, um die Stabilität des Tragwerks nachzuweisen.

(2) Beim Nachweis der Stabilität von Tragwerken oder Tragwerksteilen sind in der Regel Imperfektionen und Einflüssen aus Theorie II. Ordnung zu berücksichtigen.

(3) Je nach Art des Tragwerks und der Tragwerksberechnung können die Einflüsse aus Theorie II. Ordnung und Imperfektionen nach einer der folgenden Methoden berücksichtigt werden:

a) beide Einflüsse vollständig im Rahmen der Berechnung des Gesamttragwerkes;

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

- b) teilweise durch Berechnung des Gesamttragwerkes und teilweise durch Stabilitätsnachweise einzelner Bauteile nach 6.3;
- c) in einfachen Fällen durch Ersatzstabnachweise nach 6.3, wobei Knicklängen entsprechend der Knickfigur bzw. Eigenform des Gesamttragwerkes verwendet werden.

(4) Einflüsse aus Theorie II. Ordnung können durch Anwendung eines für das Tragwerk geeigneten Berechnungsverfahrens ermittelt werden. Dies kann ein schrittweises oder iteratives Verfahren sein. Bei Rahmen, bei denen das seitliche Ausweichen die maßgebliche Knickfigur darstellt, darf eine elastische Berechnung nach Theorie I. Ordnung durchgeführt werden, bei der die Schnittgrößen (z. B. Biegemomente) und Verformungen durch geeignete Faktoren vergrößert werden.

(5)B Einflüsse aus Theorie II. Ordnung auf die seitliche Verformung einstöckiger Rahmen, die nach der Elastizitätstheorie berechnet werden, darf durch Vergrößerung der horizontalen Einwirkungen  $H_{Ed}$  (z. B. Wind) und der horizontalen Ersatzlasten  $V_{Ed} \phi$  infolge Imperfektionen, siehe 5.3.2(7), sowie weiterer möglicher Schiefstellung erfasst werden, wobei der Faktor:

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{\alpha_{cr}}} \quad (5.4)$$

beträgt, vorausgesetzt, dass gilt:

$$\alpha_{cr} \geq 3,0.$$

Hierbei darf

$\alpha_{cr}$  nach Gleichung (5.2) in 5.2.1(4)B berechnet werden, wenn die Dachneigung gering ist und die Druckkraft in den Trägern oder Riegel vernachlässigt werden darf, siehe 5.2.1(4)B.

ANMERKUNG B Für  $\alpha_{cr} < 3,0$  ist eine genauere Berechnung nach Theorie II. Ordnung erforderlich.

(6)B Bei mehrstöckigen Rahmentragwerken dürfen Einflüsse aus der Theorie II. Ordnung auf die seitliche Verformung mit dem Verfahren nach 5.2.2(5)B erfasst werden, wenn alle Stockwerke eine ähnliche Verteilung

- der vertikalen Einwirkungen und
- der horizontalen Einwirkungen und
- der Rahmensteifigkeiten im Hinblick auf die Verteilung der Stockwerksschubkräfte

haben.

ANMERKUNG B Zur Einschränkung des Verfahrens siehe auch 5.2.1(4)B.

(7) Nach (3) ist die Stabilität der einzelnen Bauteile in der Regel wie folgt nachzuweisen:

- a) Wenn die Einflüsse aus Theorie II. Ordnung in Einzelbauteilen und die maßgebenden Bauteilimperfektionen, siehe 5.3.4, vollständig in der Berechnung des Gesamttragwerkes berücksichtigt werden, sind keine weiteren Stabilitätsnachweise der einzelnen Bauteile nach 6.3 erforderlich.
- b) Wenn die Einflüsse aus Theorie II. Ordnung in Einzelbauteilen oder bestimmte Bauteilimperfektionen (z. B. Bauteilimperfektionen für Biegeknicken oder Biegedrillknicken, siehe 5.3.4) nicht vollständig in der Berechnung des Gesamttragwerkes berücksichtigt werden, ist in der Regel die Stabilität der Einzelbauteile, die nicht in der globalen Tragwerksberechnung enthalten ist, unter Verwendung der maßgebenden Kriterien nach 6.3 zusätzlich nachzuweisen. Bei diesem Nachweis sind in der Regel die Randmomente und Kräfte des Einzelbauteils aus der Berechnung des Gesamttragwerkes einschließlich

der Einflüsse aus Theorie II. Ordnung und globalen Imperfektionen, siehe 5.3.2, zu berücksichtigen. Darüber hinaus darf als Knicklänge des Einzelbauteils die Systemlänge angesetzt werden.

(8) Wird die Stabilität von Tragwerken durch einen Ersatzstabnachweis nach 6.3 nachgewiesen, ist die Knicklänge aus der Knickfigur des Gesamttragwerks zu ermitteln; dabei sind die Steifigkeit der Bauteile und Verbindungen, das Ausbilden von Fließgelenken sowie die Verteilung der Druckkräfte mit den Bemessungswerten der Einwirkungen zu berücksichtigen. In diesem Fall können die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung ohne Ansatz von Imperfektionen ermittelt werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf den Anwendungsbereich festlegen.

## 5.3 Imperfektionen

### 5.3.1 Grundlagen

(1) Bei der Tragwerksberechnung sind in der Regel geeignete Ansätze zu wählen, um die Wirkungen von Imperfektionen zu erfassen. Diese berücksichtigen insbesondere Eigenspannungen und geometrische Imperfektionen wie Schiefstellung und Abweichungen von der Geradheit, Ebenheit und Passung [AC] sowie Exzentrizitäten, die größer als die grundlegenden Toleranzen nach EN 1090-2 sind [AC], die in den Verbindungen des unbelasteten Tragwerks auftreten.

(2) In den Berechnungen sollten äquivalente geometrische Ersatzimperfektionen, siehe 5.3.2 und 5.3.3, verwendet werden, deren Werte die möglichen Wirkungen aller Imperfektionen abdecken, es sei denn, diese Wirkungen werden in den Gleichungen für die Beanspruchbarkeit von Bauteilen indirekt erfasst, siehe 5.3.4.

(3) Folgende Imperfektionen sind in der Regel anzusetzen:

- a) Imperfektionen für Gesamttragwerke und aussteifende Systeme;
- b) örtliche Imperfektionen für einzelne Bauteile.

### 5.3.2 Imperfektionen für die Tragwerksberechnung

(1) Die anzunehmende Form der Imperfektionen eines Gesamttragwerkes und örtlicher Imperfektionen eines Tragwerks kann aus der Form der maßgebenden Eigenform in der betrachteten Ebene hergeleitet werden.

(2) Knicken, sowohl in als auch aus der Ebene, einschließlich Drillknicken mit symmetrischen und antimetrischen Knickfiguren ist in der Regel in der ungünstigsten Richtung und Form zu berücksichtigen.

(3) Bei Tragwerken, deren Eigenform durch eine seitliche Verschiebung charakterisiert ist, können in der Regel die Einflüsse der Imperfektionen bei der Berechnung durch eine äquivalente Ersatzvorverformung in Form einer Anfangsschiefstellung des Tragwerks und der Vorkrümmung der einzelnen Bauteile berücksichtigt werden. Die Imperfektionen sind dann wie folgt zu ermitteln:

- a) globale Anfangsschiefstellung, siehe Bild 5.2:

$$\phi = \phi_0 \alpha_h \alpha_m \quad (5.5)$$

Dabei ist

$\phi_0$  der Ausgangswert:  $\phi_0 = 1/200$ ;

$\alpha_h$  der Abminderungsfaktor für die Höhe  $h$  von Stützen:

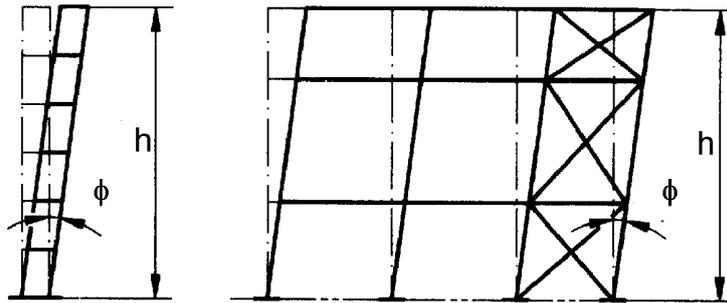
$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \quad \text{jedoch} \quad \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

$h$  die Höhe des Tragwerks, in m;

$\alpha_m$  der Abminderungsfaktor für die Anzahl der Stützen in einer Reihe:  $\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$

$m$  Anzahl der Stützen in einer Reihe, unter ausschließlicher Betrachtung der Stützen, die eine Vertikalbelastung größer 50 % der durchschnittlichen Stützenlast in der betrachteten vertikalen Richtung übernehmen.



**Bild 5.2 — Äquivalente Stützenschiefstellung**

b) eingeprägte Vorkrümmung von Bauteilen

$$e_{0,d}/L \quad (5.6)$$

Dabei ist  $L$  die Bauteillänge.

ANMERKUNG Die Werte  $e_{0,d}/L$  können dem Nationalen Anhang entnommen werden. Empfohlene Werte sind in Tabelle 5.1 aufgeführt.

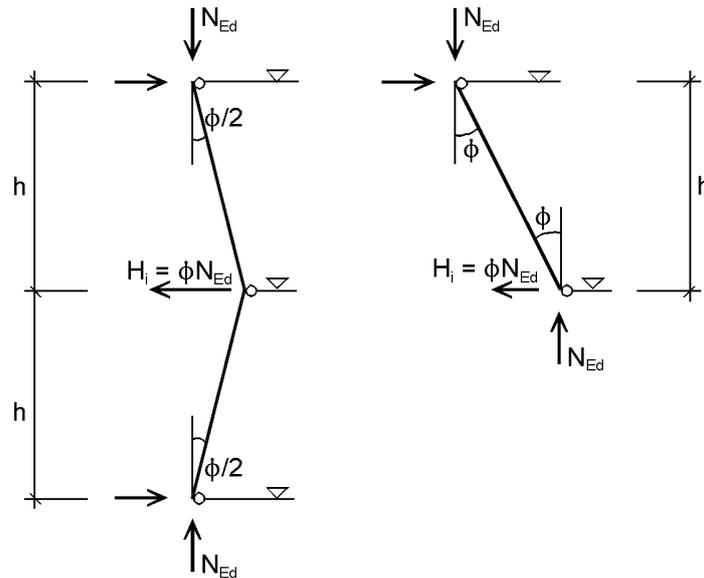
**Tabelle 5.1 — Bemessungswerte der Vorkrümmung  $e_0/L$  von Bauteilen**

Knicklinie nach Tabelle 6.2	elastische Berechnung	plastische Berechnung
	$e_{0,d}/L$	$e_{0,d}/L$
a <sub>0</sub>	1/350	1/300
a	1/300	1/250
b	1/250	1/200
c	1/200	1/150
d	1/150	1/100

(4)B Für Hochbauten dürfen Anfangsschiefstellungen vernachlässigt werden, wenn

$$\boxed{\text{AC}} H_{\text{Ed}} \geq 0,15 V_{\text{Ed}} \boxed{\text{AC}} \quad (5.7)$$

(5)B Für die Bestimmung der horizontalen Kräfte auf aussteifende Deckenscheiben ist in der Regel die Anordnung der Imperfektionen nach Bild 5.3 zu verwenden, dabei ist  $\phi$  die mit Gleichung (5.5) ermittelte Anfangsschiefstellung eines Stockwerks mit der Höhe  $h$ , siehe (3) a).



**Bild 5.3 — Anordnung der Anfangsschiefstellung  $\phi$  für Horizontalkräfte auf aussteifende Deckenscheiben**

(6) Für die Berechnung der Schnittgrößen an Enden von Bauteilen für den Bauteilnachweis nach 6.3 dürfen in der Regel lokale Vorkrümmungen vernachlässigt werden. Bei Tragwerken, die empfindlich auf Verformungen reagieren, siehe 5.2.1(3), sind in der Regel für jedes Bauteil mit Druckbeanspruchung zusätzlich lokale Vorkrümmungen anzusetzen, wenn folgende Bedingungen gelten:

— mindestens ein Bauteilende ist eingespannt bzw. biegesteif verbunden;

$$— \bar{\lambda} > 0,5 \sqrt{\frac{A f_y}{N_{Ed}}} \quad (5.8)$$

Dabei ist

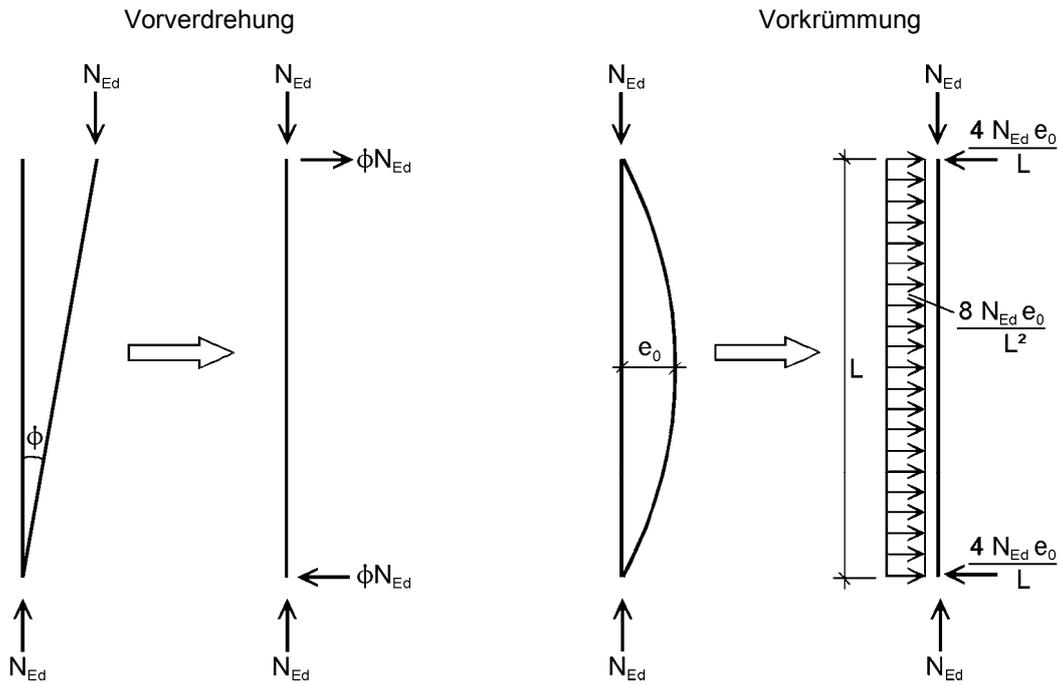
$N_{Ed}$  der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft (Druck);

$\bar{\lambda}$  der Schlankheitsgrad des Bauteils in der betrachteten Ebene, der mit der Annahme beidseitig gelenkiger Lagerung ermittelt wird.

ANMERKUNG Lokale Vorkrümmungen sind bereits in den Gleichungen für Bauteilnachweise berücksichtigt, siehe 5.2.2(3) und 5.3.4.

(7) Die Wirkungen der Anfangsschiefstellungen und Bauteilvorkrümmungen dürfen durch Systeme äquivalenter horizontaler Ersatzlasten an jeder Stütze ersetzt werden, siehe Bild 5.3 und Bild 5.4.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

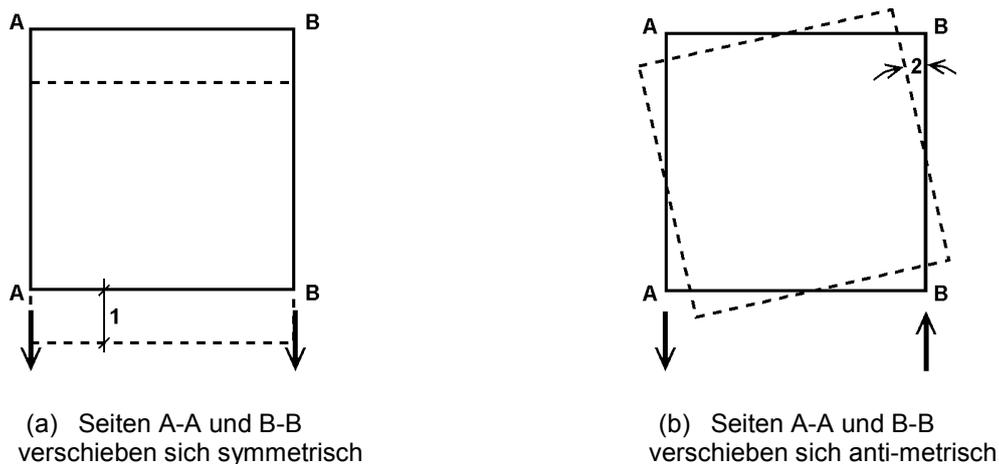


**Bild 5.4 — Ersatz der Vorverformungen durch äquivalente horizontale Ersatzlasten**

(8) Diese Vorverformungen sind in der Regel jeweils in allen maßgebenden Richtungen zu untersuchen, brauchen aber nur in einer Richtung gleichzeitig betrachtet zu werden.

(9)B Bei mehrstöckigen Rahmentragwerken mit Trägern und Stützen sind in der Regel die äquivalenten Ersatzkräfte für jedes Stockwerk und das Dach anzusetzen.

(10) Die möglichen Einflüsse aus Torsion infolge gleichzeitig auftretender anti-metrischer Verschiebungen auf zwei gegenüberliegenden Seiten sind in der Regel zu beachten, siehe Bild 5.5.



(a) Seiten A-A und B-B verschieben sich symmetrisch

(b) Seiten A-A und B-B verschieben sich anti-metrisch

**Legende**

- 1 Verschiebung
- 2 Verdrehung

**Bild 5.5 — Verschiebungsmöglichkeiten und Einflüsse aus Torsion (Draufsicht)**

(11) Alternativ zu (3) und (6) darf die Form der maßgebenden Eigenfigur  $\eta_{cr}$  für das gesamte Tragwerk als Imperfektionsfigur angesetzt werden. Die maximale Amplitude dieser Imperfektionsfigur darf wie folgt ermittelt werden:

$$\boxed{\text{AC}} \eta_{\text{init}} = e_{0,d} \frac{N_{cr}}{EI \left| \eta_{cr} \right|_{\text{max}}} \eta_{cr} = \frac{e_{0,d}}{\bar{\lambda}^2} \frac{N_{Rk}}{EI \left| \eta_{cr} \right|_{\text{max}}} \eta_{cr} \quad \boxed{\text{AC}} \quad (5.9)$$

$$\text{mit } e_{0,d} = \alpha \left( \bar{\lambda} - 0,2 \right) \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} \frac{1 - \chi \bar{\lambda}^2}{1 - \chi \bar{\lambda}^2} \quad \text{für } \bar{\lambda} > 0,2 \quad (5.10)$$

$$\text{und } \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\alpha_{\text{ult,k}}}{\alpha_{cr}}} \quad (5.11)$$

Dabei ist

- $\bar{\lambda}$  der Schlankheitsgrad des Tragwerks;
- $\alpha$  der Imperfektionsbeiwert der zutreffenden Knicklinie, siehe Tabelle 6.1 und Tabelle 6.2;
- $\chi$  der Abminderungsfaktor der zutreffenden Knicklinie abhängig vom maßgebenden Querschnitt, siehe 6.3.1;
- $\alpha_{\text{ult,k}}$  der kleinstmögliche Vergrößerungsfaktor der Normalkräfte  $N_{Ed}$  in den Bauteilen, um den charakteristischen Widerstand  $N_{Rk}$  des maximal beanspruchten Querschnitts zu erreichen, ohne jedoch das Knicken selbst zu berücksichtigen;
- $\alpha_{cr}$  der kleinstmögliche Vergrößerungsfaktor der Normalkräfte  $N_{Ed}$ , um  $\boxed{\text{AC}}$  ideale Verzweigungslast  $\boxed{\text{AC}}$  zu erreichen;
- $M_{Rk}$  die charakteristische Momententragfähigkeit des kritischen Querschnitts, z. B.  $M_{el,Rk}$  oder  $M_{pl,Rk}$ ;
- $N_{Rk}$  die charakteristische Normalkrafttragfähigkeit des kritischen Querschnitts, z. B.  $N_{pl,Rk}$ ;
- $\eta_{cr}$  die Form der Knickfigur;
- $EI \left| \eta_{cr} \right|_{\text{max}}$  das Biegemoment infolge  $\eta_{cr}$  am kritischen Querschnitt.

**ANMERKUNG 1** Für die Berechnung der Vergrößerungsfaktoren  $\alpha_{\text{ult,k}}$  und  $\alpha_{cr}$  kann davon ausgegangen werden, dass die Bauteile des Tragwerks ausschließlich durch axiale Kräfte  $N_{Ed}$  beansprucht werden.  $N_{Ed}$  sind dabei die nach Theorie I. Ordnung berechneten Kräfte für den betrachteten Lastfall. Biegemomente können vernachlässigt werden.

$\boxed{\text{AC}}$  Für die elastische Tragwerksberechnung und plastische Querschnittsprüfung sollte die lineare Gleichung

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1$$

angewendet werden.  $\boxed{\text{AC}}$

**ANMERKUNG 2** Der Nationale Anhang kann Informationen zum Anwendungsbereich von (11) geben.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**5.3.3 Imperfektionen zur Berechnung aussteifender Systeme**

(1) Bei der Berechnung aussteifender Systeme, die zur seitlichen Stabilisierung von Trägern oder druckbeanspruchter Bauteile benötigt werden, ist in der Regel der Einfluss der Imperfektionen der auszusteifenden Bauteile durch äquivalente geometrische Ersatzimperfektionen in Form von Vorkrümmungen zu berücksichtigen:

$$e_0 = \alpha_m L/500 \quad (5.12)$$

Dabei ist

$L$  die Spannweite des aussteifenden Systems;

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)} \quad \text{der Abminderungsfaktor;}$$

$m$  die Anzahl der auszusteifenden Bauteile.

(2) Zur Vereinfachung darf der Einfluss der Vorkrümmung der durch das aussteifende System stabilisierten Bauteile durch äquivalente stabilisierende Ersatzkräfte nach Bild 5.6 ersetzt werden:

$$q = \sum N_{Ed} 8 \frac{e_0 + \delta_q}{L^2} \quad (5.13)$$

Dabei ist

$\delta_q$  die Durchbiegung des aussteifenden Systems in seiner Ebene infolge  $q$  und weiterer äußerer Einwirkungen gerechnet nach Theorie I. Ordnung.

ANMERKUNG  $\delta_q$  darf 0 gesetzt werden, falls nach Theorie II. Ordnung gerechnet wird.

(3) Wird das aussteifende System zur Stabilisierung des druckbeanspruchten Flansches eines Trägers mit konstanter Höhe eingesetzt, kann die Kraft  $N_{Ed}$  in Bild 5.6 wie folgt ermittelt werden:

$$N_{Ed} = M_{Ed}/h \quad (5.14)$$

Dabei ist

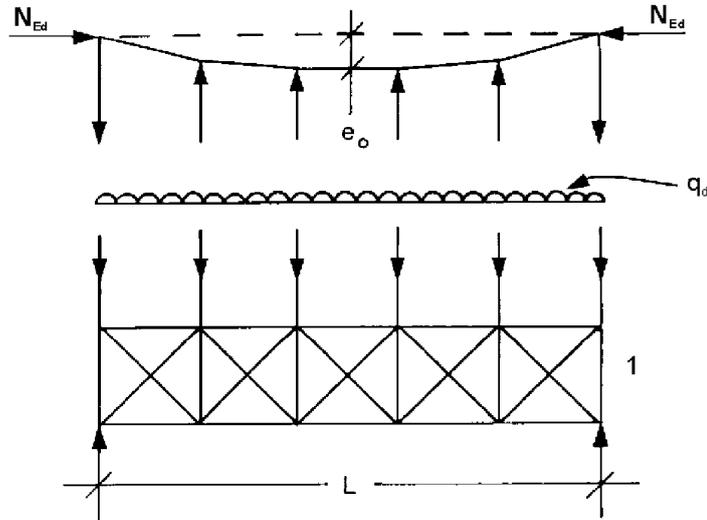
$M_{Ed}$  das maximale einwirkende Biegemoment des Trägers;

$h$  die Gesamthöhe des Trägers.

ANMERKUNG Im Falle eines durch eine zusätzliche Drucknormalkraft beanspruchten Trägers enthält  $N_{Ed}$  auch einen Teil der Beanspruchung aus der einwirkenden Normalkraft enthalten.

(4) An Stößen von Trägern oder von druckbeanspruchten Bauteilen ist zusätzlich nachzuweisen, dass das aussteifende System eine am Stoßpunkt angreifende lokale Kraft von  $\alpha_m N_{Ed}/100$  von jedem Träger oder druckbeanspruchten Bauteil aufnehmen kann, welcher am gleichen Punkt gestoßen ist. Die Weiterleitung dieser Kräfte zu den nächsten Haltepunkten der Träger oder druckbeanspruchten Bauteile ist ebenfalls nachzuweisen, siehe Bild 5.7.

(5) Bei dem Nachweis der lokalen Kräfte nach (4) sind auch alle anderen äußeren Kräfte zu berücksichtigen werden, die auf das aussteifende System wirken, wobei die Kräfte aus dem Einfluss der Imperfektion aus (1) vernachlässigt werden dürfen.

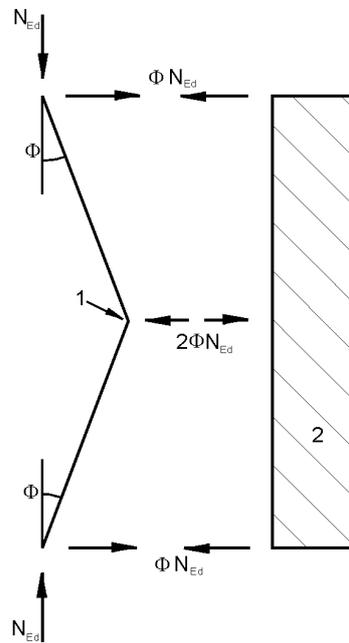


**Legende**

- $e_0$  Imperfektion
- $q_d$  äquivalente Kräfte je Längeneinheit
- 1 aussteifendes System

Die Kraft  $N_{Ed}$  wird innerhalb der Spannweite  $L$  des aussteifenden Systems als konstant angenommen. Für nicht konstante Kräfte ist die Annahme leicht konservativ.

**Bild 5.6 — Äquivalente stabilisierende Ersatzkräfte**



$$\Phi = \alpha_m \Phi_0 : \Phi_0 = 1/200$$

$$2\Phi N_{Ed} = \alpha_m N_{Ed}/100$$

**Legende**

- 1 Stoß
- 2 aussteifendes System

**Bild 5.7 — Lokale Ersatzkräfte an Stößen in druckbeanspruchten Bauteilen**

## DIN EN 1993-1-1:2010-12 EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)

### 5.3.4 Bauteilimperfektionen

(1) Die Einflüsse von Bauteilimperfektionen sind in den Gleichungen für die Stabilitätsnachweise von Bauteilen nach 6.3 enthalten.

(2) Wenn die Stabilitätsnachweise von Bauteilen nach Theorie II. Ordnung entsprechend 5.2.2 (7) a) geführt werden, ist die Imperfektion für druckbeanspruchte Bauteile  $e_0$  in der Regel nach 5.3.2 (3) b), 5.3.2 (5) oder 5.3.2 (6) zu berücksichtigen.

(3) Bei einem Biegedrillknicknachweis von biegebeanspruchten Bauteilen nach Theorie II. Ordnung darf die Imperfektion mit  $k e_{0,d}$  angenommen werden, wobei  $e_{0,d}$  die äquivalente Vorkrümmung um die schwache Achse des betrachteten Profils ist. Im Allgemeinen braucht keine weitere Torsionsimperfektion betrachtet zu werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann den Wert von  $k$  festlegen. Der Wert von  $k = 0,5$  wird empfohlen.

## 5.4 Berechnungsmethoden

### 5.4.1 Allgemeines

(1) Die Schnittgrößen können nach einer der beiden folgenden Methoden ermittelt werden:

- a) elastische Tragwerksberechnung;
- b) plastische Tragwerksberechnung.

ANMERKUNG Zu Finite Element (FEM)-Berechnungen siehe EN 1993-1-5.

(2) Die elastische Tragwerksberechnung darf in allen Fällen angewendet werden.

(3) Eine plastische Tragwerksberechnung darf nur dann durchgeführt werden, wenn das Tragwerk über ausreichende Rotationskapazität an den Stellen verfügt, an denen sich die plastischen Gelenke bilden, sei es in Bauteilen oder in Anschlüssen.

An den Stellen plastischer Gelenke in Bauteilen sollte der Bauteilquerschnitt doppelt-symmetrisch oder einfach-symmetrisch mit einer Symmetrieebene in der Rotationsebene des plastischen Gelenkes sein und zusätzlich den in 5.6 festgelegten Anforderungen entsprechen.

Tritt ein plastisches Gelenk an einem Anschluss auf, sollte der Anschluss entweder ausreichende Festigkeit haben, damit sich das plastische Gelenk im Bauteil bildet, oder er sollte seine plastische Festigkeit über eine ausreichende Rotation beibehalten können, siehe EN 1993-1-8.

(4)B Vereinfachend darf bei nach Elastizitätstheorie berechneten Durchlaufträgern eine begrenzte plastische Momentenumlagerung berücksichtigt werden, wenn die Stützmomente die plastische Momententragfähigkeit um weniger als 15 % überschreiten. Die überschreitenden Momentenspitzen müssen dann umgelagert werden, vorausgesetzt dass:

- a) die Schnittgrößen des Tragwerks mit den äußeren Einwirkungen im Gleichgewicht stehen;
- b) alle Bauteile, bei denen die Momente abgemindert werden, Querschnitte der Klasse 1 oder 2 (siehe 5.5) aufweisen;
- c) Biegedrillknicken verhindert ist.

### 5.4.2 Elastische Tragwerksberechnung

(1) Bei einer elastischen Tragwerksberechnung ist in der Regel davon auszugehen, dass die Spannungs-Dehnungsbeziehung des Materials in jedem Spannungszustand linear verläuft.

ANMERKUNG Bei der Wahl des Modells für verformbare Anschlüsse siehe **AC** 5.1.2 **AC** .

(2) Schnittgrößen dürfen mit elastischen Berechnungsverfahren ermittelt werden, auch wenn die Querschnittsbeanspruchbarkeiten plastisch ermittelt sind, siehe 6.2.

(3) Eine elastische Tragwerksberechnung darf auch für Querschnitte verwendet werden, deren Beanspruchbarkeit durch lokales Beulen begrenzt wird, siehe 6.2.

### 5.4.3 Plastische Tragwerksberechnung

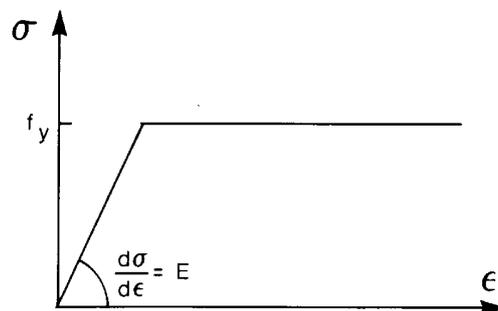
(1) Die plastische Tragwerksberechnung berücksichtigt die Einflüsse aus nichtlinearem Werkstoffverhalten bei der Ermittlung der Schnittgrößen. Die Tragwerksberechnung sollte nach einer der folgenden Methoden erfolgen:

- durch das elastisch-plastische Fließgelenkverfahren mit voll plastizierten Querschnitten in den Fließgelenken und/oder Anschlüssen, die als Fließgelenke wirken;
- durch eine nichtlineare plastische Berechnung, die Teilplastizierung von Bauteilen in Fließzonen berücksichtigt;
- durch das starr-plastische Fließgelenkverfahren, das das elastische Verhalten zwischen den Fließgelenken vernachlässigt.

(2) Eine plastische Tragwerksberechnung darf durchgeführt werden, wenn die Bauteile in der Lage sind, genügende Rotationskapazität zu entwickeln, um die erforderliche Momentenumlagerung durchzuführen, siehe 5.5 und 5.6.

(3) Eine plastische Tragwerksberechnung sollte nur durchgeführt werden, wenn die Stabilität der Bauteile an plastischen Gelenken gesichert ist, siehe 6.3.5.

(4) Für die plastische Berechnung darf die bi-lineare Spannungs-Dehnungsbeziehung nach Bild 5.8 für alle in Abschnitt 3 spezifizierten Stahlgüten verwendet werden. Alternativ darf eine genauere Beziehung angenommen werden, siehe EN 1993-1-5.



**Bild 5.8 — Bi-lineare Spannungs-Dehnungsbeziehung**

(5) Das starr-plastische Fließgelenkverfahren darf angewendet werden, wenn keine Einflüsse aus dem verformten System (z. B. Einflüsse der Theorie II. Ordnung) berücksichtigt werden müssen. In diesem Falle werden die Anschlüsse nur nach ihrer Festigkeit klassifiziert, siehe EN 1993-1-8.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

(6) Die Einflüsse des verformten Systems und die Stabilität des Tragwerks sind in der Regel nach den Grundsätzen in 5.2 nachzuweisen.

ANMERKUNG Die maximale Tragfähigkeit kann bei verformungsempfindlichen Tragwerken bereits erreicht werden, bevor sich die vollständige Fließgelenkkette nach Theorie I. Ordnung gebildet hat.

## 5.5 Klassifizierung von Querschnitten

### 5.5.1 Grundlagen

(1) Mit der Klassifizierung von Querschnitten soll die Begrenzung der Beanspruchbarkeit und Rotationskapazität durch lokales Beulen von Querschnittsteilen festgestellt werden.

### 5.5.2 Klassifizierung

(1) Es werden vier Querschnittsklassen definiert:

- Querschnitte der Klasse 1 können plastische Gelenke oder Fließzonen mit ausreichender plastischer Momententragfähigkeit und Rotationskapazität für die plastischen Berechnung ausbilden;
- Querschnitte der Klasse 2 können die plastische Momententragfähigkeit entwickeln, haben aber aufgrund örtlichen Beulens nur eine begrenzte Rotationskapazität;
- Querschnitte der Klasse 3 erreichen für eine elastische Spannungsverteilung die Streckgrenze in der ungünstigsten Querschnittsfaser, können aber wegen örtlichen Beulens die plastische Momententragfähigkeit nicht entwickeln;
- Querschnitte der Klasse 4 sind solche, bei denen örtliches Beulen vor Erreichen der Streckgrenze in einem oder mehreren Teilen des Querschnitts auftritt.

(2) Bei Querschnitten der Klasse 4 dürfen effektive Breiten verwendet werden, um die Abminderung der Beanspruchbarkeit infolge lokalen Beulens zu berücksichtigen, siehe EN 1993-1-5, **AC** 4.4 **AC**.

(3) Die Klassifizierung eines Querschnittes ist vom  $clt$ -Verhältnis seiner druckbeanspruchten Teile abhängig.

(4) Druckbeanspruchte Querschnittsteile können entweder vollständig oder teilweise unter der zu untersuchenden Einwirkungskombination Druckspannungen aufweisen.

(5) Die verschiedenen druckbeanspruchten Querschnittsteile (wie z. B. Steg oder Flansch) können im Allgemeinen verschiedenen Querschnittsklassen zugeordnet werden.

(6) Ein Querschnitt wird durch die höchste (ungünstigste) Klasse seiner druckbeanspruchten Querschnittsteile klassifiziert. Ausnahmen sind in 6.2.1(10) und 6.2.2.4(1) angegeben.

(7) Alternativ ist es zulässig, die Klasse eines Querschnitts durch Klassifizierung der Flansche sowie des Steges festzulegen.

(8) Die Grenzabmessungen druckbeanspruchter Querschnittsteile für die Klassen 1, 2, und 3 können der Tabelle 5.2 entnommen werden. Querschnittsteile, die die Anforderungen der Querschnittsklasse 3 nicht erfüllen, sollten in Querschnittsklasse 4 eingestuft werden.

(9) Mit Ausnahme der Fälle in (10) ist es möglich, Querschnitte der Klasse 4 wie Querschnitte der Klasse 3 zu behandeln, falls das  $clt$ -Verhältnis, das nach Tabelle 5.2 mit einer Erhöhung von  $\varepsilon$  um  $\sqrt{\frac{f_y / \gamma_{M0}}{\sigma_{com,Ed}}}$  ermittelt

wird, kleiner als die Grenze für Klasse 3 ist. Dabei ist  $\sigma_{com,Ed}$  der größte Bemessungswert der einwirkenden Druckspannung im Querschnittsteil, die nach Theorie I. Ordnung oder, falls notwendig, nach Theorie II. Ordnung ermittelt wird.

(10) Es sollten jedoch für Stabilitätsnachweise eines Bauteils nach 6.3 immer die Grenzabmessungen der Klasse 3 Tabelle 5.2 ohne Erhöhung von  $\varepsilon$  verwendet werden.

(11) Querschnitte mit Klasse-3-Steg und Klasse-1- oder Klasse-2-Gurten dürfen als Klasse-2-Querschnitte mit einem wirksamen Steg nach 6.2.2.4 eingestuft werden.

(12) Wenn der Steg nur für die Schubkraftübertragung vorgesehen ist und nicht zur Abtragung von Biegemomenten und Normalkräften eingesetzt wird, darf der Querschnitt alleine abhängig von der Einstufung der Gurte den Klassen 2, 3 oder 4 zugeordnet werden.

ANMERKUNG Zu flanschinduziertem Stegbeulen, siehe EN 1993-1-5.

## 5.6 Anforderungen an Querschnittsformen und Aussteifungen am Ort der Fließgelenkbildung

(1) An Stellen, an denen sich Fließgelenke ausbilden können, müssen die Querschnitte des Bauteils in der Regel eine entsprechende Rotationskapazität aufweisen.

(2) Die Momenten-Rotationskapazität kann bei Bauteilen mit konstantem Querschnitt als ausreichend angenommen werden, wenn folgende Anforderungen erfüllt sind:

- a) das Bauteil weist an den Stellen der Fließgelenke einen Querschnitt der Klasse 1 auf;
- b) wirken an den Fließgelenken innerhalb eines Bereichs von  $h/2$  Einzellasten quer zur Trägerachse, so sind im Abstand von maximal  $h/2$  vom Fließgelenk Stegsteifen anzuordnen, wenn die Einzellasten 10 % der Schubtragfähigkeit des Querschnitts überschreiten, siehe 6.2.6;  $\boxed{AC}$   $h$  ist die Querschnittshöhe  $\boxed{AC}$ .

(3) Falls sich der Querschnitt des Bauteils entlang seiner Längsachse verändert, sind in der Regel folgende zusätzliche Anforderungen zu erfüllen:

- a) Im Bereich eines Fließgelenks darf die Dicke des Steges in einer Entfernung von mindestens  $2d$  in beide Richtungen vom Fließgelenk nicht reduziert werden, wobei  $d$  die lichte Steghöhe am Fließgelenk ist;
- b) Im Bereich eines Fließgelenks muss der druckbeanspruchte Gurt der Querschnittsklasse 1 angehören. Als maßgebende Entfernung ist der größere der folgenden Werte zu verwenden:
  - $2d$ , wobei  $d$  wie in (3)a) definiert ist;
  - der Abstand bis zu dem Punkt, an dem das Moment auf den 0,8-fachen Wert der plastischen Momententragfähigkeit am Fließgelenk gesunken ist.
- c) Außerhalb der Fließgelenkbereiche eines Bauteils müssen die druckbeanspruchten Gurte der Querschnittsklasse 1 oder 2 und die Stege der Querschnittsklasse 1, 2 oder 3 entsprechen.

(4) Angrenzend an ein Fließgelenk müssen die Löcher in zugbeanspruchten Trägerflanschen innerhalb eines Abstands nach (3)b) in jeder Richtung vom Fließgelenk den Anforderungen nach 6.2.5(4) entsprechen.

(5) Falls eine plastische Bemessung eines Rahmens unter Beachtung der Querschnittsanforderungen durchgeführt wird, darf das plastische Umlagerungsvermögen als ausreichend angenommen werden, wenn die Anforderungen nach (2) bis (4) für alle Bauteile, in denen Fließgelenke unter den Bemessungswerten der Einwirkungen auftreten können, erfüllt sind.

(6) Falls eine plastische Tragwerksberechnung durchgeführt wird, welche das tatsächliche Spannungs- und Dehnungsverhalten entlang der Längsachse des Bauteils einschließlich lokalem Beulen und globalem Knicken des Bauteils und des Tragwerks berücksichtigt, ist es nicht erforderlich die Anforderung (2) bis (5) zu erfüllen.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 5.2 — Maximales  $clt$ -Verhältnis druckbeanspruchter Querschnittsteile**

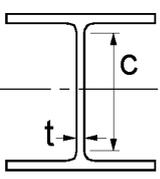
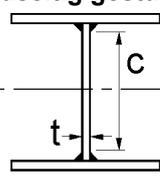
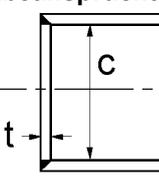
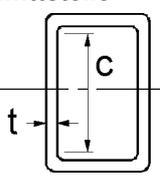
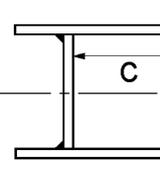
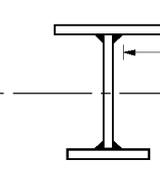
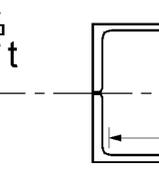
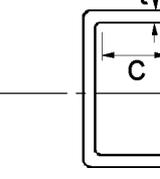
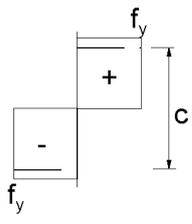
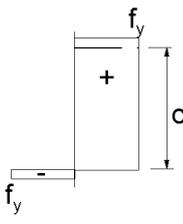
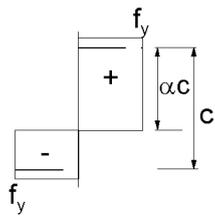
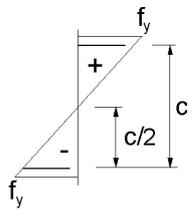
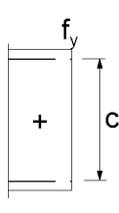
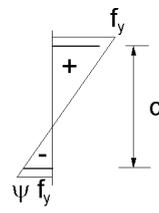
Beidseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile							
							
							
Klasse	auf Biegung beanspruchte Querschnittsteile	auf Druck beanspruchte Querschnittsteile		auf Druck und Biegung beanspruchte Querschnittsteile			
Spannungsverteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)							
1	$clt \leq 72\varepsilon$	$clt \leq 33\varepsilon$		für $\alpha > 0,5$ : $clt \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ für $\alpha \leq 0,5$ : $clt \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$			
2	$clt \leq 83\varepsilon$	$clt \leq 38\varepsilon$		für $\alpha > 0,5$ : $clt \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ für $\alpha \leq 0,5$ : $clt \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$			
Spannungsverteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)							
3	$clt \leq 124\varepsilon$	$clt \leq 42\varepsilon$		für $\psi > -1$ : $clt \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ für $\psi \leq -1^a$ : $clt \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$			
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	$f_y$	235	275	355	420	460	
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71	
<sup>a</sup> Es gilt $\psi \leq -1$ falls entweder die Druckspannungen $\sigma \leq f_y$ oder die Dehnungen infolge Zug $\varepsilon_y > \frac{f_y}{E}$ sind.							

Tabelle 5.2 (fortgesetzt) — Maximales  $clt$ -Verhältnis druckbeanspruchter Querschnittsteile

Einseitig gestützte Flansche							
Gewalzte Querschnitte				Geschweißte Querschnitte			
Klasse	auf Druck beanspruchte Querschnittsteile	auf Druck und Biegung beanspruchte Querschnittsteile					
		freier Rand im Druckbereich			freier Rand im Zugbereich		
Spannungsverteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)							
1	$clt \leq 9\varepsilon$	$clt \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$			$clt \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
2	$clt \leq 10\varepsilon$	$clt \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$			$clt \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
Spannungsverteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)							
3	$clt \leq 14\varepsilon$	$clt \leq 21\varepsilon \sqrt{k_\sigma}$					
		Für $k_\sigma$ siehe EN 1993-1-5					
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$		$f_y$	235	275	355	420	460
		$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 5.2 (fortgesetzt) — Maximales *clt*-Verhältnis druckbeanspruchter Querschnittsteile**

Klasse		auf Druck beanspruchte Querschnittsteile					
<p><b>Winkel</b></p> <p>Siehe auch „einseitig gestützte Flansche“ in Tabelle 5.2, oben</p> <p style="text-align: right;">gilt nicht für Winkel mit durchgehender Verbindung zu anderen Bauteilen</p>							
Spannungsverteilung über Querschnittsteile (Druck positiv)							
3	$h/t \leq 15\varepsilon$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">AC</span> und <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">AC</span> $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\varepsilon$						
Klasse		auf Biegung und/oder Druck beanspruchte Querschnittsteile					
		<b>Runde Hohlquerschnitte</b>					
1	$d/t \leq 50\varepsilon^2$						
2	$d/t \leq 70\varepsilon^2$						
3	$d/t \leq 90\varepsilon^2$						
		ANMERKUNG Für $d/t > 90\varepsilon^2$ siehe EN 1993-1-6.					
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$		$f_y$	235	275	355	420	460
		$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
		$\varepsilon^2$	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

**6 Grenzzustände der Tragfähigkeit**

**6.1 Allgemeines**

(1) Die charakteristischen Werte der Beanspruchbarkeit, die in diesem Abschnitt angegeben werden, werden mit den in 2.4.3 definierten Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma_M$  wie folgt abgemindert werden:

- die Beanspruchbarkeit von Querschnitten (unabhängig von der Querschnittsklasse):  $\gamma_{M0}$
- die Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen (bei Anwendung von Bauteilnachweisen):  $\gamma_{M1}$

- die Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Bruchversagen infolge Zugbeanspruchung:  $\gamma_{M2}$
- die Beanspruchbarkeit von Anschlüssen: siehe EN 1993-1-8

ANMERKUNG 1 Weitere Empfehlungen für Zahlenwerte sind in EN 1993-2 bis EN 1993-6 zu finden. Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_{Mi}$  für Tragwerke, die nicht durch EN 1993-2 bis EN 1993-6 erfasst werden, sind im Nationalen Anhang festgelegt; es wird die Verwendung der Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_{Mi}$  nach EN 1993-2 empfohlen.

ANMERKUNG 2B Der Nationale Anhang kann die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_{Mi}$  für Hochbauten festlegen. Folgende Zahlenwerte werden empfohlen:

$$\gamma_{M0} = 1,00;$$

$$\gamma_{M1} = 1,00;$$

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

## 6.2 Beanspruchbarkeit von Querschnitten

### 6.2.1 Allgemeines

(1) **AC** P **AC** Der Bemessungswert der Beanspruchung darf in keinem Querschnitt den zugehörigen Bemessungswert der Beanspruchbarkeit überschreiten. Falls mehrere Beanspruchungsarten gleichzeitig auftreten, gilt diese Forderung auch für die Kombination dieser Beanspruchungen.

(2) Dabei sind in der Regel die mittragende Breite und die mitwirkende Breite infolge lokalen Beulens nach EN 1993-1-5 zu berücksichtigen. Ferner sollte Schubbeulen nach EN 1993-1-5 betrachtet werden.

(3) Die Bemessungswerte der Beanspruchbarkeit hängen von der Querschnittsklassifizierung ab.

(4) Ein Nachweis nach Elastizitätstheorie entsprechend der elastischen Beanspruchbarkeit ist für alle Querschnittsklassen möglich, sofern für Querschnitte der Klasse 4 die wirksamen Querschnittswerte angesetzt werden.

(5) Für den Nachweis nach Elastizitätstheorie darf das folgende Fließkriterium für den kritischen Punkt eines Querschnitts verwendet werden, wenn nicht andere Interaktionsformeln vorgezogen werden, siehe 6.2.8 bis 6.2.10.

$$\left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}} \right)^2 - \left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}} \right) \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}} \right) + 3 \left( \frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}} \right)^2 \leq 1 \quad (6.1)$$

Dabei ist

$\sigma_{x,Ed}$  der Bemessungswert der Normalspannung in Längsrichtung am betrachteten Punkt;

$\sigma_{z,Ed}$  der Bemessungswert der Normalspannung in Querrichtung am betrachteten Punkt;

$\tau_{Ed}$  der Bemessungswert der Schubspannung am betrachteten Punkt.

ANMERKUNG Die Nachweisführung nach (5) kann konservativ sein, da sie die teilweise plastischen Spannungsumlagerungen, welche in der elastischen Bemessung erlaubt sind, nicht berücksichtigt. Deshalb sollte sie nur angewendet werden, wenn die Interaktion auf der Grundlage der Beanspruchbarkeitswerte  $N_{Rd}$ ,  $M_{Rd}$ ,  $V_{Rd}$  nicht verwendbar ist.

(6) Die plastische Querschnittstragfähigkeit ist in der Regel durch eine zu den plastischen Verformungen passende Spannungsverteilung zu bestimmen, die mit den inneren Kräften im Gleichgewicht steht, ohne dass die Streckgrenze überschritten wird.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

(7) Als konservative Näherung darf für alle Querschnittsklassen eine lineare Addition der Ausnutzungsgrade für alle Schnittgrößen angewendet werden. Für Querschnitte der Klasse 1, 2 und 3, die durch eine Kombination von  $N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$  und  $M_{z,Ed}$  beansprucht werden, führt diese Regelung zu folgendem Kriterium:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1 \quad (6.2)$$

wobei  $N_{Rd}$ ,  $M_{y,Rd}$  und  $M_{z,Rd}$  die Bemessungswerte der Tragfähigkeiten in Abhängigkeit von der Querschnittsklasse unter möglicher Berücksichtigung mittragender Breiten sind, siehe 6.2.8.

ANMERKUNG Bei Querschnitten der Klasse 4, siehe 6.2.9.3(2).

(8) Gehören alle druckbeanspruchten Teile eines Querschnitts zur Querschnittsklasse 1 oder 2, dann darf für den Querschnitt die volle plastische Momententragfähigkeit angesetzt werden.

(9) Sind alle druckbeanspruchten Teile eines Querschnitts der Querschnittsklasse 3 zuzuordnen, so sollte die Beanspruchbarkeit auf der Grundlage einer elastischen Dehnungsverteilung über den Querschnitt ermittelt werden. Für die Klassifizierung, siehe Tabelle 5.2, sollten Druckspannungen durch Erreichen der Streckgrenze an den äußersten Querschnittsfasern begrenzt werden.

ANMERKUNG Tragsicherheitsnachweise dürfen in der Mittelebene von Gurten geführt werden. Zu Ermüdungsnachweisen siehe EN 1993-1-9.

(10) Tritt Fließen als Erstes auf der Zugseite des Querschnitts auf, so dürfen bei der Ermittlung der Beanspruchbarkeit von Klasse-3-Querschnitten die plastischen Reserven auf der Zugseite der neutralen Achse durch den Ansatz einer Teilplastizierung ausgenutzt werden.

## 6.2.2 Querschnittswerte

### 6.2.2.1 Bruttoquerschnitte

(1) Die Bruttoquerschnittswerte sind in der Regel mit den Nennwerten der Abmessungen zu ermitteln. Löcher für Verbindungsmittel brauchen nicht abgezogen zu werden, jedoch sind andere größere Öffnungen in der Regel zu berücksichtigen. Lose Futterbleche dürfen in der Regel nicht angesetzt werden.

### 6.2.2.2 Nettofläche

(1) Die Nettofläche eines Querschnitts ist in der Regel aus der Bruttoquerschnittsfläche durch geeigneten Abzug aller Löcher und anderer Öffnungen zu bestimmen.

(2) Bei der Berechnung der Nettofläche ist der Lochabzug für ein einzelnes Loch die Bruttoquerschnittsfläche des Loches an der Stelle der Lochachse. Bei Löchern für Senkschrauben ist die Fase entsprechend zu berücksichtigen.

(3) Bei nicht versetzten Löchern ist die kritische Lochabzugsfläche der Größtwert der Summen Risslinie 2 in Bild 6.1.

ANMERKUNG Der Größtwert kennzeichnet die kritische Risslinie.

(4) Sind die Löcher für Verbindungsmittel versetzt angeordnet, ist als kritische Lochabzugsfläche in der Regel der Größtwert folgender Werte anzunehmen:

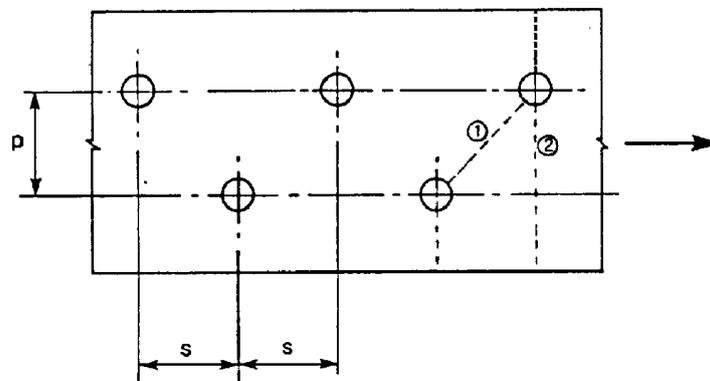
a) der Lochabzug wie bei nicht versetzt angeordneten Löchern nach (3);

b) 
$$t \left( nd_0 - \sum \frac{s^2}{4p} \right) \quad (6.3)$$

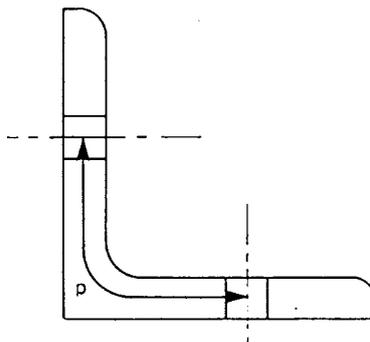
Dabei ist

- $s$  der versetzte Lochabstand, d. h. der Abstand der Lochachsen zweier aufeinander folgender Löcher gemessen in Richtung der Bauteilachse;
- $p$  der Lochabstand derselben Lochachsen gemessen senkrecht zur Bauteilachse;
- $t$  die Blechdicke;
- $n$  die Anzahl der Löcher längs einer Diagonalen oder Zickzacklinie (kritische Risslinie), die sich über den Querschnitt oder über Querschnittsteile erstreckt, siehe Bild 6.1;
- $d_0$  der Lochdurchmesser.

(5) Bei Winkeln oder anderen Bauteilen mit Löchern in mehreren Ebenen ist der Lochabstand  $p$  in der Regel entlang der Profilmittellinie zu messen, siehe Bild 6.2.



**Bild 6.1 — Versetzte Löcher und kritische Risslinien 1 und 2**



**Bild 6.2 — Winkel mit Löchern in beiden Schenkeln**

### 6.2.2.3 Mittragende Breite

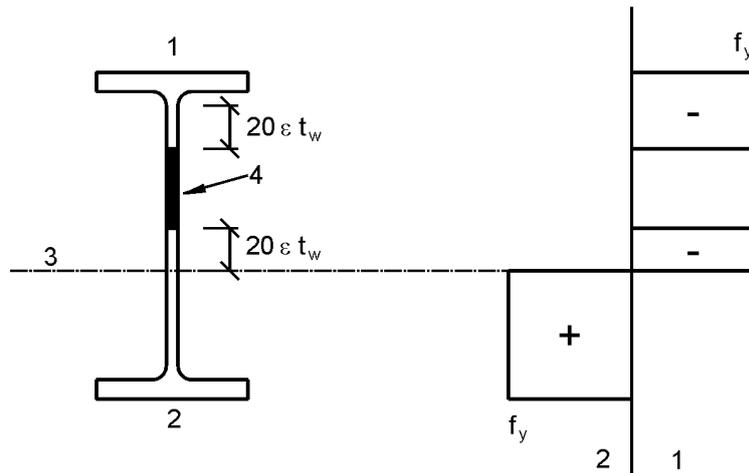
- (1) Die Ermittlung der mittragenden Breite ist in EN 1993-1-5 geregelt.
- (2) Bei Querschnitten der Klasse 4 ist in der Regel die Interaktion zwischen der mittragenden Breite und der mitwirkenden Breite infolge lokalen Beulens nach EN 1993-1-5 zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Bei kaltgeformten Blechen siehe EN 1993-1-3.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**6.2.2.4 Wirksame Querschnittswerte bei Querschnitten mit Klasse-3-Stegen und Klasse-1- oder Klasse-2-Gurten bei Momentenbeanspruchung  $M_y$**

(1) Wenn Querschnitte mit Klasse-3-Steg und Klasse-1- oder Klasse-2-Gurten als Klasse-2-Querschnitte eingestuft werden, siehe 5.5.2(11), wird die gedrückte Fläche des Steges entsprechend Bild 6.3 in einen Anteil mit der wirksamen Breite  $20 \varepsilon t_w$  am Druckgurt und einen weiteren Anteil mit der wirksamen Breite  $20 \varepsilon t_w$  an der neutralen Achse der plastischen Spannungsverteilung des Querschnitts aufgeteilt.



**Legende**

- 1 Druck
- 2 Zug
- 3 plastische Nulllinie (des wirksamen Querschnitts)
- 4 nicht wirksame Fläche

**Bild 6.3 — Wirksame Stegfläche für Klasse-2-Querschnitte**

**6.2.2.5 Wirksame Querschnittswerte für Querschnitte der Klasse 4**

(1) Die wirksamen Querschnittswerte für Querschnitte der Klasse 4 sind in der Regel mit den wirksamen Breiten der druckbeanspruchten Querschnittsteile zu ermitteln.

(2) Bei kaltgeformten Querschnitten siehe 1.1.2(1) und EN 1993-1-3.

(3) Die wirksame Breite für ebene druckbeanspruchte Querschnittsteile ist in der Regel nach EN 1993-1-5 zu ermitteln.

(4) Wenn ein Querschnitt der Klasse 4 durch eine Druckkraft beansprucht ist, kommt das in EN 1993-1-5 genannte Verfahren zur Anwendung, um die mögliche Verschiebung  $e_N$  der Hauptachse der wirksamen Querschnittsfläche  $A_{eff}$  bezogen auf die Hauptachse des Bruttoquerschnitts  $A$ , sowie das sich daraus ergebende Zusatzmoment:

$$\Delta M_{Ed} = N_{Ed} e_N \quad (6.4)$$

zu bestimmen.

**ANMERKUNG** Das Vorzeichen des Zusatzmoments ist vom Zusammenwirken der maßgebenden Schnittgrößen abhängig, siehe 6.2.9.3(2).

(5) Bei Rundhohlprofilen der Querschnittsklasse 4 siehe EN 1993-1-6.

### 6.2.3 Zugbeanspruchung

(1)  $\overline{\text{AC}}$  P  $\overline{\text{AC}}$  Für den Bemessungswert der einwirkenden Zugkraft  $N_{Ed}$  ist an jedem Querschnitt folgender Nachweis zu erfüllen:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.5)$$

(2) Als Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit  $N_{t,Rd}$  eines Querschnittes mit Löchern ist in der Regel der kleinere der folgenden Werte anzusetzen:

a) der Bemessungswert der plastischen Beanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.6)$$

b) der Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit des Nettoquerschnitts längs der kritischen Risslinie durch die Löcher:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \quad (6.7)$$

(3) Wird eine Kapazitätsbemessung gefordert, siehe EN 1998, muss der Bemessungswert der plastischen Zugbeanspruchbarkeit  $N_{pl,Rd}$  nach 6.2.3(2) a) kleiner als der Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit des Nettoquerschnitts  $N_{u,Rd}$  längs der kritischen Risslinie durch die Löcher nach 6.2.3(2) b) sein.

(4) Bei Schraubverbindungen der Kategorie C, siehe EN 1993-1-8,  $\overline{\text{AC}}$  3.4.1(1)  $\overline{\text{AC}}$  ist in der Regel für den Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit  $N_{t,Rd}$  in 6.2.3(1) der Wert für den Nettoquerschnitt längs der kritischen Risslinie durch die Löcher  $N_{net,Rd}$  zu verwenden:

$$N_{net,Rd} = \frac{A_{net} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.8)$$

(5) Bei Anschlüssen von Winkeln über nur einen Schenkel siehe auch EN 1993-1-8,  $\overline{\text{AC}}$  3.10.3  $\overline{\text{AC}}$ . Ähnliche Regeln gelten auch für Anschlüsse anderer Querschnitte über Schenkel.

### 6.2.4 Druckbeanspruchung

(1)  $\overline{\text{AC}}$  P  $\overline{\text{AC}}$  Für den Bemessungswert der einwirkenden Druckkraft  $N_{Ed}$  ist an jedem Querschnitt folgender Nachweis zu erfüllen:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.9)$$

(2) Als Bemessungswert der Druckbeanspruchbarkeit  $N_{c,Rd}$  eines Querschnitts ist in der Regel anzusetzen:

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 1, 2 oder 3;} \quad (6.10)$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 4.} \quad (6.11)$$

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

(3) Außer bei übergroßen Löchern oder Langlöchern nach EN 1090 müssen Löcher für Verbindungsmittel bei druckbeanspruchten Bauteilen nicht abgezogen werden, wenn sie mit den Verbindungsmitteln gefüllt sind.

(4) Bei unsymmetrischen Querschnitten der Klasse 4 kommt das Verfahren nach 6.2.9.3 zur Anwendung, um das Zusatzmoment  $\Delta M_{Ed}$  infolge der Verschiebung der Hauptachse des wirksamen Querschnitts, siehe 6.2.2.5(4), zu berücksichtigen.

**6.2.5 Biegebeanspruchung**

(1)  $\overline{P}_{AC}$  Für den Bemessungswert der einwirkenden Biegemomente  $M_{Ed}$  ist an jedem Querschnitt folgender Nachweis zu erfüllen:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.12)$$

wobei  $M_{c,Rd}$  unter Berücksichtigung der Löcher für Verbindungsmittel ermittelt wird, siehe (4) bis (6).

(2) Der Bemessungswert der Biegebeanspruchbarkeit eines mit einachsiger Biegung belasteten Querschnitts wird wie folgt ermittelt:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 1 oder 2;} \quad (6.13)$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 3;} \quad (6.14)$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 4.} \quad (6.15)$$

Wobei sich  $W_{el,min}$  und  $W_{eff,min}$  auf die Querschnittsfaser mit der maximalen Normalspannung bezieht.

(3) Bei zweiachsiger Biegung ist in der Regel die in 6.2.9 angegebene Verfahren anzuwenden.

(4) Löcher für Verbindungsmittel dürfen im zugbeanspruchten Flansch vernachlässigt werden, wenn folgende Gleichung für den Flansch eingehalten wird:

$$\frac{A_{r,net} 0,9 f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.16)$$

wobei  $A_f$  die Fläche des zugbeanspruchten Flansches ist.

ANMERKUNG Das in (4) gestellte Kriterium entspricht der Kapazitätsbemessung, siehe 1.5.8.

(5) Ein Lochabzug im Zugbereich von Stegblechen ist nicht notwendig, wenn die Bedingung (4) für die gesamte Zugzone, die sich aus Zugflansch und Zugbereich des Stegbleches zusammensetzt, sinngemäß erfüllt wird.

(6) Außer bei übergroßen Löchern oder Langlöchern müssen Löcher in der Druckzone von Querschnitten nicht abgezogen werden, wenn sie mit den Verbindungsmitteln gefüllt sind.

### 6.2.6 Querkraftbeanspruchung

(1)  $\square$   $\square$  Für den Bemessungswert der einwirkenden Querkraft  $V_{Ed}$  ist an jedem Querschnitt folgender Nachweis zu erfüllen:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.17)$$

wobei  $V_{c,Rd}$  der Bemessungswert der Querkraftbeanspruchbarkeit ist. Für eine plastische Bemessung ist der Bemessungswert der plastischen Querkraftbeanspruchbarkeit  $V_{c,Rd}$  in (2) angegeben. Für eine elastische Bemessung ist der Bemessungswert der elastischen Querkraftbeanspruchbarkeit in (4) und (5) angegeben.

(2) Liegt keine Torsion vor, so lautet der Bemessungswert der plastischen Querkraftbeanspruchbarkeit:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad (6.18)$$

wobei  $A_v$  die wirksame Schubfläche ist.

(3) Die wirksame Schubfläche darf wie folgt ermittelt werden:

a) gewalzte Profile mit I- und H-Querschnitten, Lastrichtung parallel zum Steg  $A - 2bt_f + (t_w + 2r) t_f$   
aber mindestens  $\eta h_w t_w$

b) gewalzte Profile mit U-Querschnitten, Lastrichtung parallel zum Steg  $A - 2bt_f + (t_w + r) t_f$

c) gewalzte Profile mit T-Querschnitten, Lastrichtung parallel zum Steg

—  $\square$  für gewalzte Profile mit T-Querschnitten:  $A_v = A - bt_f + (t_w + 2r) \frac{t_f}{2}$   $\square$

—  $\square$  für geschweißte Profile mit T-Querschnitten:  $A_v = t_w (h - \frac{t_f}{2})$   $\square$

d) geschweißte Profile mit I-, H- und Kastenquerschnitte,  
Lastrichtung parallel zum Steg  $\eta \sum (h_w t_w)$

e) geschweißte Profile mit I-, H-, U- und Kastenquerschnitte,  
Lastrichtung parallel zum Flansch  $A - \sum (h_w t_w)$

f) gewalzte Rechteckhohlquerschnitte mit gleichförmiger Blechdicke:  
Belastung parallel zur Trägerhöhe  $Ah(b + h)$   
Belastung parallel zur Trägerbreite  $Ab(b + h)$

g) Rundhohlquerschnitte und Rohre mit gleichförmiger Blechdicke  $2A/\pi$

Dabei ist

- $A$  die Querschnittsfläche;
- $b$  die Gesamtbreite;
- $h$  die Gesamthöhe;
- $h_w$  die Stegblechhöhe;
- $r$  der Ausrundungsradius;

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

$t_f$  die Flanschdicke;

$t_w$  die Stegdicke (Bei veränderlicher Stegdicke sollte die kleinste Dicke für  $t_w$  verwendet werden.);

$\eta$  siehe EN 1993-1-5.

ANMERKUNG  $\eta$  darf auf der sicheren Seite mit 1,0 angenommen werden.

(4) Für die Bestimmung des Bemessungswertes der elastischen Querkraftbeanspruchbarkeit  $V_{c,Rd}$  darf die folgende Grenzbedingung für den kritischen Querschnittspunkt verwendet werden, wenn nicht der Beulnachweis nach EN 1993-1-5, Abschnitt 5 maßgebend wird:

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} \leq 1,0 \quad (6.19)$$

Dabei darf  $\tau_{Ed}$  wie folgt ermittelt werden:

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I t} \quad (6.20)$$

Dabei ist

$V_{Ed}$  der Bemessungswert der Querkraft;

$S$  das statisches Flächenmoment;

$I$  das Flächenträgheitsmoment des Gesamtquerschnitts;

$t$  die Blechdicke am Nachweispunkt.

ANMERKUNG Die Nachweisführung (4) ist konservativ, da sie eine teilweise plastische Querkraftumlagerung, welche in der elastischen Bemessung erlaubt ist, siehe (5), nicht berücksichtigt. Deshalb sollte sie nur angewendet werden, wenn der Nachweis nicht auf der Grundlage von  $V_{c,Rd}$  nach Gleichung (6.17) geführt werden kann.

(5) Bei I- oder H-Querschnitten darf die einwirkende Schubspannung im Steg wie folgt angenommen werden:

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ falls } A_f/A_w \geq 0,6 \quad (6.21)$$

Dabei ist

$A_f$  die Fläche eines Flansches;

$A_w$  die Fläche des Stegbleches:  $A_w = h_w t_w$ .

(6) Zusätzlich ist in der Regel der Nachweis gegen Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche nach EN 1993-1-5, Abschnitt 5, zu führen, wenn

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\varepsilon}{\eta} \quad (6.22)$$

Für  $\eta$  siehe EN 1993-1-5, Abschnitt 5.

ANMERKUNG Als Näherung darf  $\eta = 1,0$  auf der sicheren Seite angewendet werden.

(7) Außer in Fällen von Verbindungen nach EN 1993-1-8 brauchen beim Nachweis der Querkrafttragfähigkeit die Löcher für Verbindungsmittel nicht abgezogen zu werden.

(8) Wenn Querkraftbeanspruchungen und Torsionsbeanspruchungen kombiniert auftreten, ist in der Regel die plastische Querkrafttragfähigkeit  $V_{pl,Rd}$  nach 6.2.7(9) abzumindern.

### 6.2.7 Torsionsbeanspruchung

(1) Für torsionsbeanspruchte Bauteile, bei denen die Querschnittsverformungen vernachlässigt werden können, ist in der Regel der Bemessungswert des einwirkenden Torsionsmoments  $T_{Ed}$  an jedem Querschnitt wie folgt nachzuweisen:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} \leq 1,0 \quad (6.23)$$

wobei  $T_{Rd}$  der Bemessungswert der Torsionsbeanspruchbarkeit des Querschnitts ist.

(2) Das gesamte einwirkende Torsionsmoment  $T_{Ed}$  an einem Querschnitt setzt sich aus zwei Schnittgrößen zusammen:

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed} \quad (6.24)$$

Dabei ist

$T_{t,Ed}$  der Bemessungswert des einwirkenden St. Venant'schen Torsionsmoments (primäres Torsionsmoment);

$T_{w,Ed}$  der Bemessungswert des einwirkenden Wölbtorsionsmoments (sekundäres Torsionsmoment).

(3) Die Bemessungswerte  $T_{t,Ed}$  und  $T_{w,Ed}$  können mit den entsprechenden Querschnittswerten, den Zwängungsbedingungen an den Auflagern und der Lastverteilung längs des Bauteils mit einer elastischen Berechnung ermittelt werden.

(4) Folgende Spannungen infolge Torsionsbeanspruchung sind in der Regel in Betracht zu ziehen:

— einwirkende Schubspannung  $\tau_{t,Ed}$  infolge St. Venant'scher Torsion  $T_{t,Ed}$ ;

— einwirkende Normalspannungen  $\sigma_{w,Ed}$  infolge des Bimomentes  $B_{Ed}$  und Schubspannungen  $\tau_{w,Ed}$  infolge Wölbkrafttorsion  $T_{w,Ed}$ .

(5) Beim elastischen Nachweis darf das Fließkriterium in 6.2.1(5) verwendet werden.

(6) Bei gleichzeitiger Beanspruchung durch Biegung und Torsion brauchen bei der Ermittlung der plastischen Biegemomentenbeanspruchbarkeit eines Querschnitts als Torsionsschnittgrößen  $B_{Ed}$  nur jene berücksichtigt zu werden, die sich aus der elastischen Berechnung ergeben, siehe (3).

(7) Bei geschlossenen Hohlquerschnitten darf vereinfachend angenommen werden, dass der Einfluss aus der Wölbtorsion vernachlässigt werden kann. Weiterhin darf vereinfachend bei offenen Querschnitten, wie zum Beispiel I- oder H-Querschnitten der Einfluss der St. Venant'schen Torsion vernachlässigt werden.

(8) Der Bemessungswert der Torsionsbeanspruchbarkeit  $T_{Rd}$  eines geschlossenen Hohlprofils kann aus den Bemessungswerten der Schubtragfähigkeiten der einzelnen Teilstücke des Querschnitts nach EN 1993-1-5 zusammengesetzt werden.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

(9) Bei kombinierter Beanspruchung aus Querkraft und Torsion ist in der Regel die plastische Querkrafttragfähigkeit  $V_{pl,Rd}$  nach 6.2.6(2) auf den Wert  $V_{pl,T,Rd}$  abzumindern. Für den Bemessungswert der einwirkenden Querkraft  $V_{Ed}$  muss in jedem Querschnitt folgender Nachweis erfüllt werden:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.25)$$

wobei  $V_{pl,T,Rd}$  wie folgt ermittelt wird:

— für I- oder H-Querschnitte:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1,25 \left( f_y / \sqrt{3} \right) / \gamma_{M0}} V_{pl,Rd}^2} V_{pl,Rd} ; \quad (6.26)$$

— für U-Querschnitte:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1,25 \left( f_y / \sqrt{3} \right) / \gamma_{M0}} - \frac{\tau_{w,Ed}}{\left( f_y / \sqrt{3} \right) / \gamma_{M0}} V_{pl,Rd}^2} V_{pl,Rd} ; \quad (6.27)$$

— für Hohlprofile:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{\left( f_y / \sqrt{3} \right) / \gamma_{M0}} V_{pl,Rd}^2} V_{pl,Rd} . \quad (6.28)$$

### 6.2.8 Beanspruchung aus Biegung und Querkraft

(1) Bei Biegung mit Querkraftbeanspruchung ist in der Regel der Einfluss der Querkraft auf die Momentenbeanspruchbarkeit zu berücksichtigen.

(2) Unterschreitet der Bemessungswert der Querkraft die Hälfte des Bemessungswertes der plastischen Querkraftbeanspruchbarkeit, dann kann die Abminderung des Bemessungswertes der Momententragfähigkeit vernachlässigt werden, außer wenn die Querschnittstragfähigkeit durch Schubbeulen reduziert wird, siehe EN 1993-1-5.

(3) In anderen Fällen ist die Abminderung des Bemessungswertes der Momententragfähigkeit in der Regel dadurch zu berücksichtigen, dass für die schubbeanspruchten Querschnittsteile die abgeminderte Streckgrenze wie folgt angesetzt wird:

$$(1 - \rho) f_y \quad (6.29)$$

wobei  $\rho = \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$  und  $V_{pl,Rd}$  nach 6.2.6(2) anzusetzen ist.

ANMERKUNG Siehe auch 6.2.10(3).

(4) Bei gleichzeitig wirkender Torsionsbeanspruchung gilt:

$$\rho = \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} - 1 \right)^2, \text{ siehe 6.2.7. Für } V_{Ed} \leq 0,5 V_{pl,T,Rd} \text{ gilt } \rho = 0.$$

(5) Bei I-Querschnitten mit gleichen Flanschen und einachsiger Biegung um die Hauptachse darf die Abminderung des Bemessungswertes der plastischen Momententragfähigkeit infolge der Querkraftbeanspruchung auch wie folgt ermittelt werden:

$$M_{y,V,Rd} = \frac{\left[ W_{pl,y} - \frac{\rho A_w^2}{4t_w} \right] f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{aber } M_{y,V,Rd} \leq M_{y,c,Rd} \quad (6.30)$$

Dabei ist

$$M_{y,c,Rd} \quad \text{siehe 6.2.5(2);}$$

$$A_w = h_w t_w.$$

(6) Zur Interaktion der Beanspruchungen aus Biegung, Querkraft und Querbelaugung siehe EN 1993-1-5, Abschnitt 7.

## 6.2.9 Beanspruchung aus Biegung und Normalkraft

### 6.2.9.1 Querschnitte der Klasse 1 und 2

(1) Bei gleichzeitiger Beanspruchung durch Biegung und Normalkraft ist in der Regel der Einfluss der einwirkenden Normalkraft auf die plastische Momentenbeanspruchbarkeit zu berücksichtigen.

(2)  $\overline{\text{AC}}$  P  $\overline{\text{AC}}$  Bei Querschnitten der Klassen 1 und 2 ist die folgende Gleichung einzuhalten:

$$M_{Ed} \leq M_{N,Rd} \quad (6.31)$$

wobei  $M_{N,Rd}$  der durch den Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft  $N_{Ed}$  abgeminderte Bemessungswert der plastischen Momentenbeanspruchbarkeit ist.

(3) Bei rechteckigen Vollquerschnitten ohne Schraubenlöcher  $M_{N,Rd}$  wird in der Regel wie folgt ermittelt:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \left[ 1 - \left( N_{Ed} / N_{pl,Rd} \right)^2 \right] \quad (6.32)$$

(4) Bei doppelt-symmetrischen I- und H-Querschnitten, oder anderen Querschnitten mit Gurten, braucht der Einfluss der Normalkraft auf die plastische Momentenbeanspruchbarkeit um die  $y$ - $y$  Achse  $\overline{\text{AC}}$  nicht  $\overline{\text{AC}}$  berücksichtigt zu werden, wenn die beiden folgenden  $\overline{\text{AC}}$  Bedingungen erfüllt sind  $\overline{\text{AC}}$ :

$$\overline{\text{AC}} N_{Ed} \leq 0,25 N_{pl,Rd} \overline{\text{AC}} \quad (6.33)$$

und

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}}. \quad (6.34)$$

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

Bei doppelt-symmetrischen I- und H-Querschnitten braucht der Einfluss der einwirkenden Normalkraft auf die plastische Momentenbeanspruchbarkeit um die  $z$ - $z$  Achse  $\overline{AC}$  nicht  $\langle AC \rangle$  berücksichtigt zu werden, wenn:

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.35)$$

(5) Bei gewalzten I- oder H-Querschnitten nach den Liefnormen und bei geschweißten I- oder H-Querschnitten mit gleichen Flanschen darf, wenn keine Schraubenlöcher zu berücksichtigen sind, folgende Näherung angewendet werden:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n)/(1 - 0,5a) \quad \text{jedoch} \quad M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd} \quad (6.36)$$

$$\text{für } n \leq a: M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}; \quad (6.37)$$

$$\text{für } n > a: M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \left[ 1 - \left( \frac{n-a}{1-a} \right)^2 \right]. \quad (6.38)$$

wobei

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd};$$

$$a = (A - 2bt_f)/A \quad \text{jedoch} \quad a \leq 0,5.$$

Bei rechteckigen Hohlquerschnitten mit konstanter Blechdicke und bei geschweißten Kastenquerschnitten mit gleichen Flanschen und gleichen Stegen darf, wenn keine Schraubenlöcher zu berücksichtigen sind, folgende Näherung angewendet werden:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n)/(1 - 0,5a_w) \quad \text{jedoch} \quad M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}; \quad (6.39)$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n)/(1 - 0,5a_f) \quad \text{jedoch} \quad M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd}. \quad (6.40)$$

wobei

$$a_w = (A - 2bt)/A \quad \text{jedoch} \quad a_w \leq 0,5 \text{ für Hohlquerschnitte};$$

$$a_w = (A - 2bt_f)/A \quad \text{jedoch} \quad a_w \leq 0,5 \text{ für Kastenquerschnitte};$$

$$a_f = (A - 2ht)/A \quad \text{jedoch} \quad a_f \leq 0,5 \text{ für Hohlquerschnitte};$$

$$a_f = (A - 2ht_w)/A \quad \text{jedoch} \quad a_f \leq 0,5 \text{ für Kastenquerschnitte}.$$

(6) Bei zweiachsiger Biegung mit Normalkraft darf folgendes Kriterium verwendet werden:

$$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1 \quad (6.41)$$

wobei  $\alpha$  und  $\beta$  Konstanten sind, die konservativ mit 1 oder wie folgt festgelegt werden können:

— I- und H-Querschnitte:

$$\alpha = 2; \beta = 5n \quad \text{jedoch} \quad \beta \geq 1;$$

— Runde Hohlquerschnitte:

$$\alpha = 2; \beta = 2;$$

$$\boxed{\text{AC}} M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = M_{pl,Rd} (1 - n^{1,7}) \boxed{\text{AC}}$$

— Rechteckige Hohlquerschnitte:

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1 - 1,13 n^2} \quad \text{jedoch} \quad \alpha = \beta \leq 6.$$

Dabei ist  $n = N_{Ed}/N_{pl,Rd}$ .

### 6.2.9.2 Querschnitte der Klasse 3

(1)  $\boxed{\text{AC}} P \boxed{\text{AC}}$  Für Querschnitte der Klasse 3 ohne Querkraftbeanspruchung muss die größte einwirkende Normalspannung folgende Gleichung erfüllen:

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.42)$$

Dabei ist  $\sigma_{x,Ed}$  der Bemessungswert der einwirkenden Normalspannung aus Biegung und Normalkraft gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Schraubenlöchern, siehe 6.2.3, 6.2.4 und 6.2.5.

### 6.2.9.3 Querschnitte der Klasse 4

(1)  $\boxed{\text{AC}} P \boxed{\text{AC}}$  Für Querschnitte der Klasse 4 ohne Querkraftbeanspruchung muss  $\boxed{\text{AC}}$  der einwirkenden  $\boxed{\text{AC}}$  Normalspannung  $\sigma_{x,Ed}$ , die mit wirksamen Querschnittswerten ermittelt wurde, siehe 5.5.2(2), folgende Gleichung erfüllen:

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.43)$$

Dabei ist  $\sigma_{x,Ed}$  der Bemessungswert der einwirkenden Normalspannung aus Biegung und Normalkraft gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Schraubenlöchern, siehe 6.2.3, 6.2.4 und 6.2.5.

(2)  $\boxed{\text{AC}}$  Alternativ zur Gleichung (1) kann folgende vereinfachte Gleichung verwendet werden:  $\boxed{\text{AC}}$

$$\frac{N_{Ed}}{A_{\text{eff}} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{\text{eff},y,\text{min}} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{\text{eff},z,\text{min}} f_y / \gamma_{M0}} \leq 1 \quad (6.44)$$

Dabei ist

$A_{\text{eff}}$  die wirksame Querschnittsfläche bei gleichmäßiger Druckbeanspruchung;

$W_{\text{eff},\text{min}}$  das wirksame Widerstandsmoment eines ausschließlich auf Biegung um die maßgebende Achse beanspruchten Querschnitts;

$e_N$  die Verschiebung der maßgebenden Hauptachse eines unter reinen Druck beanspruchten Querschnitts, siehe 6.2.2.5(4).

ANMERKUNG Die Vorzeichen von  $N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$  und  $\Delta M_i = N_{Ed} e_{Ni}$  sind vom Zusammenwirken der maßgebenden einwirkenden Schnittgrößen abhängig.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**6.2.10 Beanspruchung aus Biegung, Querkraft und Normalkraft**

(1) Bei gleichzeitiger Beanspruchung durch Biegung, Querkraft und Normalkraft ist in der Regel der Einfluss der Querkraft und Normalkraft auf die plastische Momentenbeanspruchbarkeit zu berücksichtigen.

(2) Wenn der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft  $V_{Ed}$  die Hälfte des Bemessungswertes der plastischen Querkrafttragfähigkeit  $V_{pl,Rd}$  nicht überschreitet, braucht keine Abminderung der Beanspruchbarkeit von auf Biegung und Normalkraft beanspruchten Querschnitten in 6.2.9 durchgeführt werden, es sei denn Schubbeulen vermindert die Querschnittstragfähigkeit, siehe EN 1993-1-5.

(3) Falls  $V_{Ed}$  die Hälfte von  $V_{pl,Rd}$  überschreitet, ist in der Regel die Momententragfähigkeit für auf Biegung und Normalkraft beanspruchte Querschnitte mit einer abgeminderten Streckgrenze:

$$(1 - \rho) f_y \quad (6.45)$$

für die wirksamen Schubflächen zu ermitteln,

wobei  $\rho = (2V_{Ed}/V_{pl,Rd} - 1)^2$  und  $V_{pl,Rd}$  aus 6.2.6(2) ermittelt wird.

ANMERKUNG Anstelle der Abminderung der Streckgrenze kann auch eine Abminderung der Blechdicke der maßgebenden Querschnittsteile vorgenommen werden.

**6.3 Stabilitätsnachweise für Bauteile**

**6.3.1 Gleichförmige Bauteile mit planmäßig zentrischem Druck**

**6.3.1.1 Biegeknicken**

(1) Für planmäßig zentrisch belastete Druckstäbe ist in der Regel folgender Nachweis gegen Biegeknicken zu führen:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.46)$$

Dabei ist

$N_{Ed}$  der Bemessungswert der einwirkenden Druckkraft;

$N_{b,Rd}$  der Bemessungswert der Biegeknickbeanspruchbarkeit von druckbeanspruchten Bauteilen.

(2) Bei unsymmetrischen Querschnitten der Klasse 4 ist in der Regel das Zusatzmoment  $\Delta M_{Ed}$  infolge der verschobenen Hauptachse des wirksamen Querschnitts, siehe auch 6.2.2.5(4) zu berücksichtigen. Dieses Zusatzmoment macht einen Interaktionsnachweis erforderlich, siehe 6.3.3 oder 6.3.4.

(3) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit auf Biegeknicken von Druckstäben ist in der Regel wie folgt anzunehmen:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 1, 2 und 3;} \quad (6.47)$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 4;} \quad (6.48)$$

wobei  $\chi$  den Abminderungsfaktor für die maßgebende Biegeknickrichtung darstellt.

ANMERKUNG Bei Bauteilen mit veränderlichem Querschnitt oder ungleichmäßiger Druckbelastung kann eine Berechnung nach Theorie 2. Ordnung nach 5.3.4(2) erfolgen. Bei Biegeknicken aus der Ebene siehe 6.3.4.

(4) Bei der Berechnung von  $A$  und  $A_{\text{eff}}$  können Löcher für Verbindungsmittel an den Stützenenden vernachlässigt werden.

### 6.3.1.2 Knicklinien

(1) Für planmäßig zentrisch belastete Druckstäbe ist der Wert  $\chi$  mit dem Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}$  aus der maßgebenden Knicklinie in der Regel nach folgender Gleichung zu ermitteln:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \text{aber } \chi \leq 1,0 \quad (6.49)$$

Dabei ist

$$\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right];$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{\text{cr}}}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 1, 2 und 3;}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_y}{N_{\text{cr}}}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 4;}$$

$\alpha$  der Imperfektionsbeiwert für die maßgebende Knicklinie;

$N_{\text{cr}}$  die ideale Verzweigungslast für den maßgebenden Knickfall gerechnet mit den Abmessungen des Bruttoquerschnitts.

(2) Der Imperfektionsbeiwert  $\alpha$  sollte der Tabelle 6.1 und Tabelle 6.2 entnommen werden.

**Tabelle 6.1 — Imperfektionsbeiwerte der Knicklinien**

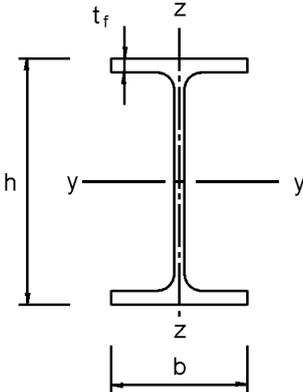
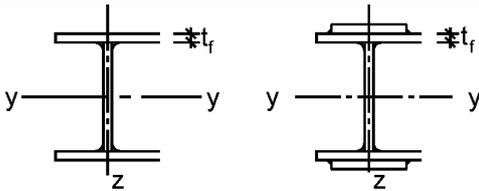
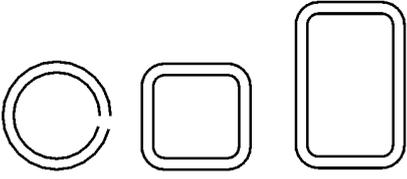
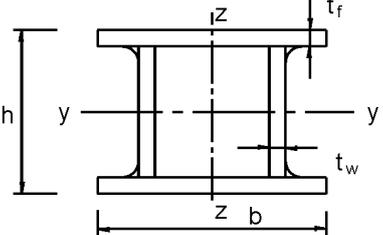
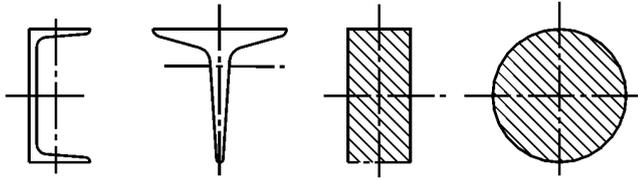
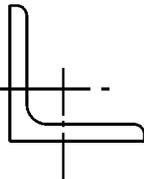
Knicklinie	$a_0$	a	b	c	d
Imperfektionsbeiwert $\alpha$	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

(3) Die Werte des Abminderungsfaktors  $\chi$  dürfen für den Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}$  auch mit Hilfe von Bild 6.4 ermittelt werden.

(4) Bei Schlankheitsgraden  $\bar{\lambda} \leq 0,2$  oder für  $\frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{cr}}} \leq 0,04$  darf der Biegeknicknachweis entfallen, und es sind ausschließlich Querschnittsnachweise zu führen.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 6.2 — Auswahl der Knicklinie eines Querschnitts**

Querschnitt	Begrenzungen	Ausweichen rechtwinklig zur Achse	Knicklinie	
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
gewalzte I-Querschnitte 	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y	a
			z-z	b
	$h/b \leq 1,2$	$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y	b
			z-z	c
$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y	b	
		z-z	c	
$h/b \leq 1,2$	$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y	d	
		z-z	d	
Geschweißte I-Querschnitte 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y	b	
		z-z	c	
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y	c	
		z-z	d	
Hohlquerschnitte 	warmgefertigte	jede	a	
	kaltgefertigte	jede	c	
Geschweißte Kastenquerschnitte 	allgemein (außer den Fällen der nächsten Zeile)	jede	b	
	dicke Schweißnähte: $a > 0,5t_f$ $bt_f < 30$ $ht_w < 30$	jede	c	
U-, T- und Vollquerschnitte 	jede	jede	c	
L-Querschnitte 	jede	jede	b	

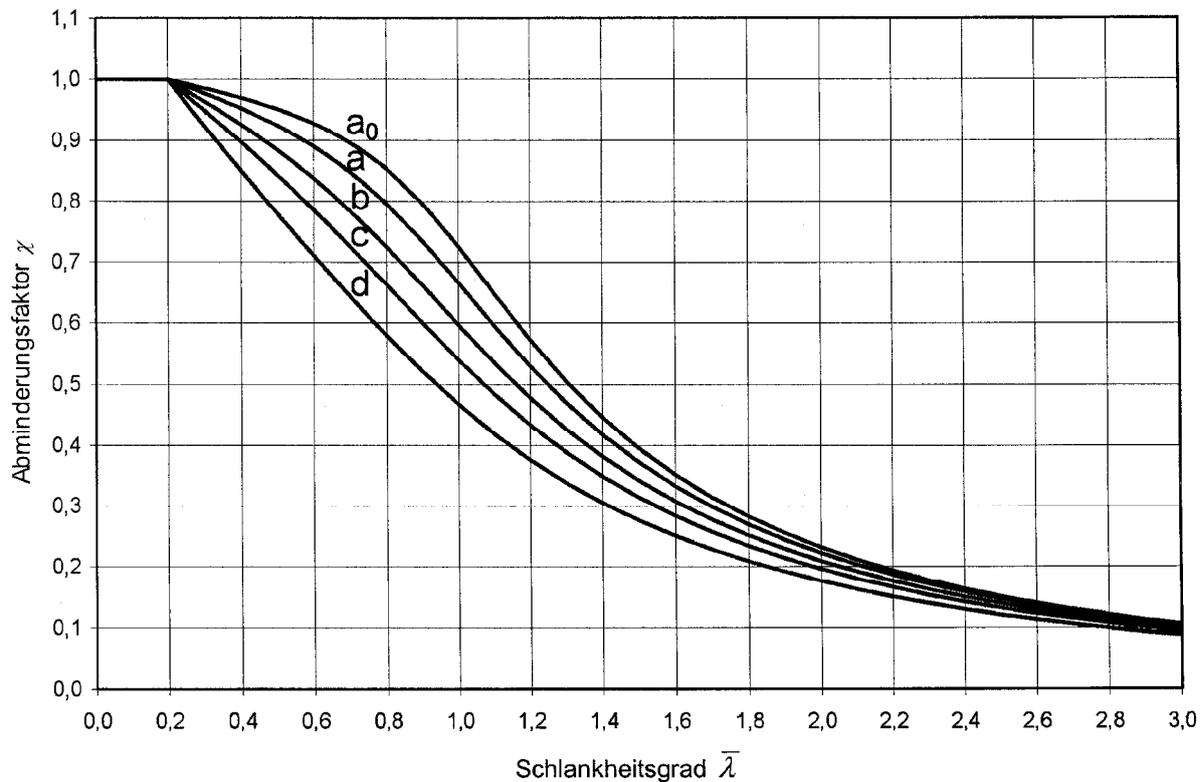


Bild 6.4 — Knicklinien

### 6.3.1.3 Schlankheitsgrad für Biegeknicken

(1) Der Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}$  ist wie folgt zu bestimmen:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 1, 2 und 3;} \quad (6.50)$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}} \frac{1}{\lambda_1} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 4.} \quad (6.51)$$

Dabei ist

$L_{cr}$  die Knicklänge in der betrachteten Knickebene;

$i$  der Trägheitsradius für die maßgebende Knickebene, der unter Verwendung der Abmessungen des Bruttoquerschnitts ermittelt wird;

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 \varepsilon;$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad f_y \text{ in N/mm}^2.$$

ANMERKUNG B Zu Biegeknicken im Hochbau siehe Anhang BB.

(2) Die für das Biegeknicken maßgebende Knicklinie sollte aus Tabelle 6.2 entnommen werden.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**6.3.1.4 Schlankheitsgrad für Drillknicken oder Biegedrillknicken**

(1) Bei Bauteilen mit offenen Querschnitten ist in der Regel zu beachten, dass der Widerstand des Bauteils gegen Drillknicken oder Biegedrillknicken möglicherweise kleiner als sein Widerstand gegen Biegeknicken ist.

(2) Der Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_T$  für Drillknicken oder Biegedrillknicken ist wie folgt anzunehmen:

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 1, 2 und 3;} \quad (6.52)$$

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 4.} \quad (6.53)$$

Dabei ist

$$N_{cr} = N_{cr,TF} \quad \text{jedoch} \quad N_{cr} < N_{cr,T};$$

$N_{cr,TF}$  die ideale Verzweigungslast für Biegedrillknicken;

$N_{cr,T}$  die ideale Verzweigungslast für Drillknicken.

(3) Bei Drillknicken oder Biegedrillknicken kann die maßgebende Knicklinie der Tabelle 6.2 entnommen werden, wobei die Linien für die  $z$ -Achse gelten.

**6.3.2 Gleichförmige Bauteile mit Biegung um die Hauptachse**

**6.3.2.1 Biegedrillknicken**

(1) Für einen seitlich nicht durchgehend am Druckgurt gehaltenen Träger, der auf Biegung um die Hauptachse beansprucht wird, ist in der Regel folgender Nachweis gegen Biegedrillknickversagen zu erbringen:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.54)$$

Dabei ist

$M_{Ed}$  der Bemessungswert des einwirkenden Biegemomentes;

$M_{b,Rd}$  der Bemessungswert der Biegedrillknickbeanspruchbarkeit.

(2) Träger, bei denen der gedrückte Flansch ausreichend gegen seitliches Ausweichen gehalten ist, sind gegen Biegedrillknickversagen unempfindlich. Außerdem sind Träger mit bestimmten Querschnitten, wie rechteckige oder runde Hohlquerschnitte, geschweißte Rohrquerschnitte oder Kastenquerschnitte, nicht biegedrillknickgefährdet.

(3) Der Bemessungswert der Biegedrillknickbeanspruchbarkeit eines seitlich nicht gehaltenen Trägers ist in der Regel wie folgt zu ermitteln:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (6.55)$$

wobei

$W_y$  das maßgebendes Widerstandsmoment mit folgender Bedeutung ist:

—  $W_y = W_{pl,y}$  für Querschnitte der Klasse 1 oder 2;

—  $W_y = W_{el,y}$  für Querschnitte der Klasse 3;

—  $W_y = W_{eff,y}$  für Querschnitte der Klasse 4;

$\chi_{LT}$  ist der Abminderungsfaktor für das Biegedrillknicken.

**ANMERKUNG 1** Für die Ermittlung des Bemessungswertes der Biegedrillknickbeanspruchbarkeit von Trägern mit veränderlichem Querschnitt darf eine Berechnung nach Theorie 2. Ordnung nach 5.3.4(3) durchgeführt werden. Bei Knicken aus der Ebene siehe 6.3.4.

**ANMERKUNG 2B** Zu biegedrillknickgefährdeten Bauteilen im Hochbau siehe auch Anhang BB.

(4) Bei der Berechnung von  $W_y$  können Löcher für Verbindungsmittel an Stellen mit geringer Momentenbeanspruchung (z. B. an den Trägerrändern) vernachlässigt werden.

### 6.3.2.2 Knicklinien für das Biegedrillknicken — Allgemeiner Fall

(1) Außer für die Fälle in 6.3.2.3 ist für biegebeanspruchte Bauteile mit gleichförmigen Querschnitten der Wert  $\chi_{LT}$  mit dem Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_{LT}$  aus der maßgebenden Biegedrillknicklinie in der Regel nach folgender Gleichung zu ermitteln:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{jedoch} \quad \chi_{LT} \leq 1,0. \quad (6.56)$$

Dabei ist

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right];$$

$\alpha_{LT}$  der Imperfektionsbeiwert für die maßgebende Knicklinie für das Biegedrillknicken;

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}};$$

$M_{cr}$  das ideale Biegedrillknickmoment.

(2)  $M_{cr}$  ist in der Regel mit den Abmessungen des Bruttoquerschnitts und unter Berücksichtigung des Belastungszustands, der tatsächlichen Momentenverteilung und der seitlichen Lagerungen zu berechnen.

**ANMERKUNG 1** Der Nationale Anhang kann die Imperfektionsbeiwerte  $\alpha_{LT}$  festlegen. Die empfohlenen Werte von  $\alpha_{LT}$  sind Tabelle 6.3 zu entnehmen.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 6.3 — Empfohlene Imperfektionsbeiwerte der Knicklinien für das Biegedrillknicken**

Knicklinie	a	b	c	d
Imperfektionsbeiwert $\alpha_{LT}$	0,21	0,34	0,49	0,76

Die empfohlene Zuordnung ist Tabelle 6.4 zu entnehmen.

**Tabelle 6.4 — Empfohlene Knicklinien für das Biegedrillknicken nach Gleichung (6.56)**

Querschnitt	Grenzen	Knicklinien
gewalztes I-Profil	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
geschweißtes I-Profil	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
andere Querschnitte	—	d

(3) Der Wert des Abminderungsfaktors  $\chi_{LT}$  für den Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_{LT}$  darf auch aus Bild 6.4 entnommen werden.

(4) Bei Schlankheitsgraden  $\bar{\lambda}_{LT} \leq \bar{\lambda}_{LT,0}$  (siehe 6.3.2.3) oder für  $\frac{M_{Ed}}{M_{cr}} \leq \bar{\lambda}_{LT,0}^2$  (siehe 6.3.2.3) darf der Biegedrillknicknachweis entfallen, und es sind ausschließlich Querschnittsnachweise zu führen.

### 6.3.2.3 Biegedrillknicklinien gewalzter Querschnitte oder gleichartiger geschweißter Querschnitte

(1) Für gewalzte oder gleichartige geschweißte Querschnitte unter Biegebeanspruchung werden die Werte  $\chi_{LT}$  mit dem Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_{LT}$  aus der maßgebenden Biegedrillknicklinie nach folgender Gleichung ermittelt:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{jedoch} \quad \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1,0 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \end{cases} \quad (6.57)$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} \left( \bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0} \right) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann die Parameter  $\bar{\lambda}_{LT,0}$  und  $\beta$  festlegen. Die folgenden Werte werden für gewalzte Profile oder gleichartige geschweißte Querschnitte empfohlen:

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4 \text{ (Höchstwert);}$$

$$\beta = 0,75 \text{ (Mindestwert).}$$

Die empfohlene Zuordnung ist der Tabelle 6.5 zu entnehmen.

**Tabelle 6.5 — Empfohlene Biegedrillknicklinien nach Gleichung (6.57)**

Querschnitt	Grenzen	Biegedrillknicklinien
gewalztes I-Profil	$hb \leq 2$	b
	$hb > 2$	c
geschweißtes I-Profil	$hb \leq 2$	c
	$hb > 2$	d

(2) Um die Momentenverteilung zwischen den seitlichen Lagerungen von Bauteilen zu berücksichtigen, darf der Abminderungsfaktor  $\chi_{LT}$  wie folgt modifiziert werden:

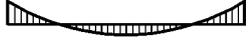
$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f} \quad \text{jedoch} \quad \boxed{\text{AC}} \left\{ \begin{array}{l} \chi_{LT,mod} \leq 1 \\ \chi_{LT,mod} \leq \frac{1}{\frac{-2}{\lambda_{LT}}} \quad \boxed{\text{AC}} \end{array} \right. \quad (6.58)$$

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann die Werte  $f$  festlegen. Folgende Mindestwerte werden empfohlen:

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2] \quad \text{jedoch} \quad f \leq 1,0.$$

Dabei ist  $k_c$  ist ein Korrekturbeiwert nach Tabelle 6.6.

**Tabelle 6.6 — Empfohlene Korrekturbeiwerte  $k_c$**

Momentenverteilung	$k_c$
 $\psi = 1$	1,0
 $-1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
  	0,94 0,90 0,91
  	0,86 0,77 0,82

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**6.3.2.4 Vereinfachtes Bemessungsverfahren für Träger mit Biegedrillknickbehinderungen im Hochbau**

(1)B Bauteile mit an einzelnen Punkten seitlich gestützten Druckflanschen dürfen als nicht biegedrillknickgefährdet angesehen werden, wenn die Länge  $L_c$  zwischen den seitlich gehaltenen Punkten bzw. der sich daraus ergebende Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_F$  des druckbeanspruchten Flansches folgende Anforderung erfüllt:

$$\bar{\lambda}_F = \frac{k_c L_c}{i_{f,z} \lambda_1} \leq \bar{\lambda}_{c0} \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} \quad (6.59)$$

Dabei ist

$M_{y,Ed}$  das größte einwirkende Bemessungsmoment zwischen den Stützpunkten;

$$M_{c,Rd} = W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}};$$

$W_y$  das maßgebende Widerstandsmoment des Querschnitts für die gedrückte Querschnittsfaser;

$k_c$  der Korrekturbeiwert an dem Schlankheitsgrad abhängig von der Momentenverteilung zwischen den seitlich gehaltenen Punkten, siehe Tabelle 6.6;

$i_{f,z}$  der Trägheitsradius des druckbeanspruchten Flansches um die schwache Querschnittsachse unter Berücksichtigung von 1/3 der auf Druck beanspruchten Fläche des Steges;

$\bar{\lambda}_{c0}$  der Grenzschlankheitsgrad für das oben betrachtete, druckbeanspruchte Bauteil;

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9\varepsilon;$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (f_y \text{ in N/mm}^2).$$

ANMERKUNG 1B Für Querschnitte der Klasse 4 darf  $i_{f,z}$  wie folgt berechnet werden:

$$i_{f,z} = \sqrt{\frac{I_{\text{eff},f}}{A_{\text{eff},f} + \frac{1}{3} A_{\text{eff},w,c}}}$$

Dabei ist

$I_{\text{eff},f}$  das wirksame Flächenträgheitsmoment des druckbeanspruchten Flansches um die schwache Querschnittsachse;

$A_{\text{eff},f}$  die wirksame Fläche des druckbeanspruchten Flansches

$A_{\text{eff},w,c}$  die wirksame Fläche des druckbeanspruchten Teils des Stegblechs

ANMERKUNG 2B Der Nationale Anhang kann den Grenzschlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_{c0}$  festlegen. Der Grenzwert von  $\bar{\lambda}_{c0} = \bar{\lambda}_{LT,0} + 0,1$  wird empfohlen, siehe 6.3.2.3.

(2)B Wenn der Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_f$  des druckbeanspruchten Flansches den in (1)B festgelegten Grenzwert überschreitet, darf der Bemessungswert der Biegedrillknickbeanspruchbarkeit wie folgt ermittelt werden:

$$M_{b,Rd} = k_{ff} \chi M_{c,Rd} \quad \text{jedoch} \quad M_{b,Rd} \leq M_{c,Rd} \quad (6.60)$$

Dabei ist

$\chi$  der mit  $\bar{\lambda}_f$  ermittelte Abminderungsfaktor des äquivalenten druckbeanspruchten Flansches;

$k_{ff}$  der Anpassungsfaktor, mit dem dem konservativen Nachweis mit äquivalenten druckbeanspruchten Flanschen Rechnung getragen wird.

ANMERKUNG B Der Nationale Anhang kann den Anpassungsfaktor  $k_{ff}$  festlegen. Der Wert  $k_{ff} = 1,10$  wird empfohlen.

(3)B Für das Verfahren in (2)B sind in der Regel die folgenden Knicklinien zu verwenden:

Knickspannungslinie  $d$  für geschweißte Querschnitte, vorausgesetzt:  $\frac{h}{t_f} \leq 44\varepsilon$ ;

Knickspannungslinie  $c$  für alle anderen Querschnitte.

Dabei ist

$h$  die Gesamthöhe des Querschnitts;

$t_f$  die Dicke des druckbeanspruchten Flansches.

ANMERKUNG B Zum Biegedrillknicken von seitlich gestützten Bauteilen im Hochbau, siehe auch Anhang BB.3.

### 6.3.3 Auf Biegung und Druck beanspruchte gleichförmige Bauteile

(1) Wenn keine Untersuchung nach Theorie II. Ordnung durchgeführt wird, bei der die Imperfektionen aus 5.3.2 angesetzt werden, sollte die Stabilität von gleichförmigen Bauteilen mit doppelt-symmetrischen Querschnitten, die nicht zu Querschnittsverformungen neigen, nach (2) bis (5) nachgewiesen werden. Dabei wird folgende Differenzierung vorgenommen:

- verdrehsteife Bauteile, wie z. B. Hohlquerschnitte oder gegen Verdrehung ausgesteifte Querschnitte
- verdrehweiche Bauteile, wie z. B. offene Querschnitte, deren Verdrehung nicht behindert wird

(2) Zusätzlich zu den Nachweisen nach (3) bis (5) sind an den Bauteilenden in der Regel Querschnittsnachweise nach 6.2 zu führen.

ANMERKUNG 1 Die Interaktionsformeln basieren auf dem Modell eines gabelgelagerten Einfeldträgers, mit oder ohne seitliche Zwischenstützung, der durch Druckkräfte, Randmomente und/oder Querbelastungen beansprucht wird.

ANMERKUNG 2 Falls die Anwendungsbedingungen in (1) und (2) nicht erfüllt sind, siehe 6.3.4.

(3) Der Stabilitätsnachweis darf für ein Tragwerk geführt werden, indem einzelne Bauteile, die als aus dem Tragwerk herausgeschnitten gedacht werden, nachgewiesen werden. Die Wirkung der Theorie 2. Ordnung auf ein seitenverschiebliches Tragwerk (P- $\Delta$ -Effekte) wird entweder durch die vergrößerten Randmomente des einzelnen herausgeschnittenen Bauteils oder durch geeignete Knicklängenbestimmung berücksichtigt, siehe 5.2.2(3)c) und 5.2.2(8).

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

(4) Durch Biegung und Druck beanspruchte Bauteile müssen in der Regel folgende Anforderungen erfüllen:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1; \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1. \quad (6.62)$$

Dabei sind

$N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$  und  $M_{z,Ed}$  die Bemessungswerte der einwirkenden Druckkraft und der einwirkenden maximalen Momente um die  $y$ - $y$  Achse und  $z$ - $z$  Achse;

$\Delta M_{y,Ed}$ ,  $\Delta M_{z,Ed}$  die Momente aus der Verschiebung der Querschnittsachsen von Klasse-4-Querschnitten nach 6.2.9.3 sind, siehe Tabelle 6.1;

$\chi_y$  und  $\chi_z$  die Abminderungsbeiwerte für Biegeknicken nach 6.3.1;

$\chi_{LT}$  die Abminderungsbeiwert für Biegedrillknicken nach 6.3.2;

$k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$  die Interaktionsfaktoren.

**Tabelle 6.7 — Werte für  $N_{Rk} = f_y A_i$ ,  $M_{i,Rk} = f_y W_i$  und  $\Delta M_{i,Ed}$**

Klasse	1	2	3	4
$A_i$	$A$	$A$	$A$	$A_{eff}$
$W_y$	$W_{pl,y}$	$W_{pl,y}$	$W_{el,y}$	$W_{eff,y}$
$W_z$	$W_{pl,z}$	$W_{pl,z}$	$W_{el,z}$	$W_{eff,z}$
$\Delta M_{y, Ed}$	0	0	0	$e_{N,y} N_{Ed}$
$\Delta M_{z, Ed}$	0	0	0	$e_{N,z} N_{Ed}$

ANMERKUNG Bei Bauteilen ohne Torsionsverformungen würde sich  $\chi_{LT} = 1,0$  ergeben.

(5) Die Interaktionsfaktoren  $k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$  und  $k_{zz}$  sind abhängig vom gewählten Verfahren anzusetzen.

ANMERKUNG 1 Die Interaktionsfaktoren  $k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$  und  $k_{zz}$  wurden auf zwei verschiedenen Wegen abgeleitet. Die Werte dieser Faktoren können dem Anhang A (Alternativverfahren 1) oder dem Anhang B (Alternativverfahren 2) entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang kann Festlegungen zu den Alternativverfahren 1 und 2 treffen.

ANMERKUNG 3 Vereinfachend können die Nachweise immer mit elastischen Querschnittswerten geführt werden.

### 6.3.4 Allgemeines Verfahren für Knick- und Biegedrillknicknachweise für Bauteile

(1) Das folgende Verfahren kann angewendet werden, wenn die Verfahren in 6.3.1, 6.3.2 und 6.3.3 nicht zutreffen. Es ermöglicht den Knick- und Biegedrillknicknachweis für:

- einzelne Bauteile, die in ihrer Hauptebene belastet werden, mit beliebigem einfach-symmetrischen Querschnitt, veränderlicher Bauhöhe und beliebigen Randbedingungen;
- vollständige ebene Tragwerke oder Teiltragwerke, die aus solchen Bauteilen bestehen;

die auf Druck und/oder einachsige Biegung in der Hauptebene beansprucht sind, aber zwischen ihren Stützungen keine Fließgelenke enthalten.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann die Einsatzgrenzen für das Verfahren festlegen.

(2) Der Widerstand gegen Knicken aus der Ebene für Tragwerke oder Teiltragwerke entsprechend (1) kann mit folgendem Kriterium nachgewiesen werden:

$$\frac{\chi_{op} \alpha_{ult,k}}{\gamma_{M1}} \geq 1,0 \quad (6.63)$$

Dabei ist

$\alpha_{ult,k}$  der kleinste Vergrößerungsfaktor für die Bemessungswerte der Belastung, mit dem die charakteristische Tragfähigkeit der Bauteile mit Verformungen in der Tragwerksebene erreicht wird, ohne dass Knicken oder Biegedrillknicken aus der Ebene berücksichtigt wird. Dabei werden, wo erforderlich alle Effekte aus Imperfektionen und Theorie 2. Ordnung in der Tragwerksebene berücksichtigt. In der Regel wird  $\alpha_{ult,k}$  durch den Querschnittsnachweis am ungünstigsten Querschnitt des Tragwerks oder Teiltragwerks bestimmt;

$\chi_{op}$  der Abminderungsfaktor für den Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_{op}$ , mit dem Knicken oder Biegedrillknicken aus der Tragwerksebene berücksichtigt wird, siehe (3).

(3) Der Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_{op}$  für das Tragwerk oder Teiltragwerk sollte wie folgt ermittelt werden:

$$\bar{\lambda}_{op} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr,op}}} \quad (6.64)$$

Dabei ist

$\alpha_{ult,k}$  wie in (2);

$\alpha_{cr,op}$  der kleinste Vergrößerungsfaktor für die Bemessungswerte der Belastung, mit dem die ideale Verzweigungslast mit Verformungen aus der Haupttragwerksebene erreicht wird. Dabei werden keine weiteren Verformungen in der Tragwerksebene berücksichtigt.

ANMERKUNG Die Werte  $\alpha_{cr,op}$  und  $\alpha_{ult,k}$  können mit Hilfe von Finite Elementen ermittelt werden.

(4) Der Abminderungsbeiwert  $\chi_{op}$  darf nach einem der folgenden Verfahren ermittelt werden:

a) als kleinster Wert aus den Größen:

$\chi$  für Knicken nach 6.3.1;

$\chi_{LT}$  für Biegedrillknicken nach 6.3.2.

Dabei sind beide Werte für den Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_{op}$  zu berechnen.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

ANMERKUNG Dieses Verfahren führt z. B. bei der Bestimmung von  $\alpha_{ult,k}$  über den Querschnittsnachweis

$\frac{1}{\alpha_{ult,k}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}$  zu der Bemessungsgleichung:

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + \frac{\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq \chi_{op} \quad (6.65)$$

b) als Wert, der zwischen  $\chi$  und  $\chi_{LT}$ , beide nach a), interpoliert wird. Dabei darf die Interpolation über die Gleichung für den Querschnittsnachweis durchgeführt werden.

ANMERKUNG Dieses Verfahren führt z. B. bei der Bestimmung von  $\alpha_{ult,k}$  über den Querschnittsnachweis

$\frac{1}{\alpha_{ult,k}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}$  zu der Bemessungsgleichung:

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + \frac{\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}}{\chi_{LT} \gamma_{M1}} \leq 1 \quad (6.66)$$

### 6.3.5 Biegedrillknicken von Bauteilen mit Fließgelenken

#### 6.3.5.1 Allgemeines

(1)B Tragwerke dürfen plastisch bemessen werden, wenn Knicken oder Biegedrillknicken des Tragwerks aus seiner Haupttragebene wie folgt verhindert wird:

- seitliche Stützungen an allen Fließgelenken mit Rotationsanforderungen, siehe 6.3.5.2;
- Stabilitätsnachweis für die Tragwerksabschnitte zwischen solchen Stützungen und anderen seitlichen Lagerungen, siehe 6.3.5.3.

(2)B Wenn an den Fließgelenken unter allen Lastkombinationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit keine Rotationen verlangt werden, sind an diesen Fließgelenken keine besonderen seitlichen Stützungen erforderlich.

#### 6.3.5.2 Stützungen an Fließgelenken mit Rotationsanforderungen

(1)B An jedem Fließgelenk mit Rotationsanforderungen ist in der Regel der Querschnitt mit einem angemessenen Widerstand gegen seitliche Verschiebung und Verdrehung zu stützen, die infolge der Rotation im Fließgelenk entstehen können.

(2)B Die seitliche Stützung ist in der Regel durch folgende Maßnahmen vorzunehmen:

- bei Bauteilen mit nur Biegemomenten allein oder Momenten- und Druckbelastung durch seitliche Stützung beider Flansche. Diese kann durch seitliche Stützung eines Flansches und Verdrehungsbehinderung des Querschnitts erfolgen, so dass sich der Druckflansch nicht gegenüber dem Zugflansch verschieben kann, siehe Bild 6.5.
- bei Bauteilen mit nur Biegemomenten allein oder Momenten- und Zugbelastung, bei der eine Platte auf dem Druckflansch aufliegt, durch Verschiebungs- und Verdrehungsbehinderung des Druckflansches (z. B. durch eine geeignete Verbindung mit der Platte, siehe Bild 6.6). Bei Querschnittsschlankheiten, die über die gewalzte I- und H-Querschnitte hinausgehen, sollte die Querschnittsverformung an der Stelle des plastischen Gelenks konstruktiv verhindert werden (z. B. durch eine mit dem Druckflansch verbundene Stegsteife und eine steife Verbindung des Druckflansches mit der Platte).

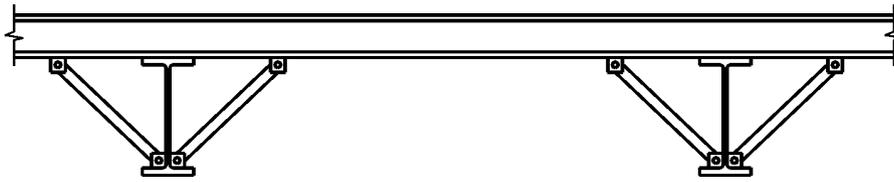
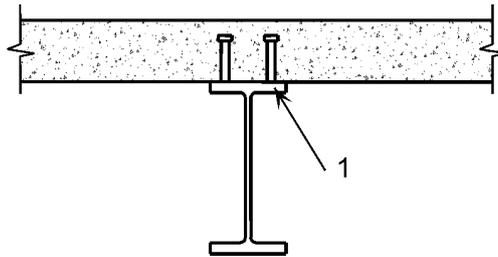


Bild 6.5 — Beispiel für eine Verdrehungsbehinderung

**Legende**

1 Druckflansch

**Bild 6.6 — Beispiel für eine Verschiebungs- und Verdrehungsbehinderung durch eine fest verbundene Betonplatte**

(3)B An jedem Fließgelenk sind in der Regel die Verbindungsmittel (z. B. Schrauben) des Anschlusses des Druckflansches zum stützenden Bauteil (z. B. Pfette) und alle dazwischenliegenden Bauteile (z. B. diagonale Streben) für eine örtliche Belastung von mindestens 2,5 % von  $N_{f,Ed}$ , nach 6.3.5.2(5)B, die vom Flansch in seiner Ebene rechtwinklig zur Stegebene ausgeübt wird, ohne Kombinationen mit anderen Lasten zu bemessen.

(4)B Kann eine solche Stützung nicht direkt am Fließgelenk vorgesehen werden, sollte diese mindestens in einem Abstand von  $h/2$  vom Fließgelenk angeordnet werden, wobei  $h$  die Querschnittshöhe am Fließgelenk ist.

(5)B Für die Bemessung der stützenden Aussteifung, siehe 5.3.3, ist in der Regel zusätzlich zu dem Nachweis mit Imperfektionen nach 5.3.3 sicherzustellen, dass der Widerstand der Aussteifung für folgende lokale Ersatzlasten  $Q_m$ , welche an den jeweiligen zu stabilisierenden Bauteilen an den Stellen der Fließgelenke angreifen, ausreicht:

$$Q_m = 1,5 \alpha_m \frac{N_{f,Ed}}{100} \quad (6.67)$$

Dabei ist

$N_{f,Ed}$  die einwirkende Normalkraft im druckbeanspruchten Flansch im Bereich der Stützung am Fließgelenk;

$\alpha_m$  entsprechend 5.3.3(1).

ANMERKUNG Bei Zusammenwirken mit äußeren Kräften siehe auch 5.3.3(5).

**6.3.5.3 Stabilitätsnachweis für Tragwerksabschnitte zwischen seitlichen Stützungen**

(1)B Der Biegedrillknicknachweis eines Tragwerksabschnitts zwischen zwei seitlichen Stützungen kann geführt werden, indem gezeigt wird, dass der Abstand zwischen den seitlichen Stützungen kleiner als der zulässige Größtabstand ist.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

Bei gleichförmigen Tragwerksabschnitten mit I- oder H-Querschnitten mit  $\frac{h}{t_f} \leq 40\varepsilon$  unter linearer Momentenbelastung, ohne erhebliche Druckbelastung, darf der Größtabstand zwischen seitlichen Stützungen wie folgt ermittelt werden:

$$\begin{aligned} L_{\text{stable}} &= 35 \varepsilon i_z && \text{für } 0,625 \leq \psi \leq 1 \\ L_{\text{stable}} &= (60 - 40\psi) \varepsilon i_z && \text{für } -1 \leq \psi \leq 0,625 \end{aligned} \quad (6.68)$$

Dabei ist

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y \left[ \text{N/mm}^2 \right]}}$$

$$\psi = \frac{M_{\text{Ed,min}}}{M_{\text{pl,Rd}}} \quad \text{das Verhältnis der Endmomente des Tragwerkabschnitts.}$$

ANMERKUNG B Zur Bestimmung von Größtabständen zwischen seitlichen Stützungen siehe Anhang BB.3.

(2)B Tritt ein Fließgelenk mit Rotationsanforderungen direkt an einem Voutenende auf, braucht der Voutenabschnitt mit veränderlichem Querschnitt nicht gesondert nachgewiesen werden, wenn die folgenden Kriterien eingehalten werden:

- die Stützung des Fließgelenks ist in der Regel innerhalb eines Abstands von  $h/2$  vom Fließgelenk auf der angevouteten Seite anzuordnen und nicht auf der nicht gevouteten Seite.
- der Druckflansch der Voute verbleibt über seine Gesamtlänge elastisch.

ANMERKUNG B Zu weiteren Regeln siehe auch Anhang BB.3.

## 6.4 Mehrteilige Bauteile

### 6.4.1 Allgemeines

(1) Gleichförmige mehrteilige druckbeanspruchte Bauteile, die an ihren Enden gelenkig gelagert und seitlich gehalten sind, sind in der Regel mit folgendem Bemessungsmodell nachzuweisen, siehe Bild 6.7:

- Das Bauteil darf als eine Stütze mit einer Anfangsvorkrümmung mit einem Stichmaß von  $e_0 = \frac{L}{500}$  angesehen werden;
- Die elastischen Verformungen der Gitterstäbe und Bindebleche, siehe Bild 6.7, dürfen durch eine (verschmierte) kontinuierliche Schubsteifigkeit  $S_V$  des Stützenquerschnitts berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Bei davon abweichenden Auflagerbedingungen dürfen entsprechende Anpassungen vorgenommen werden.

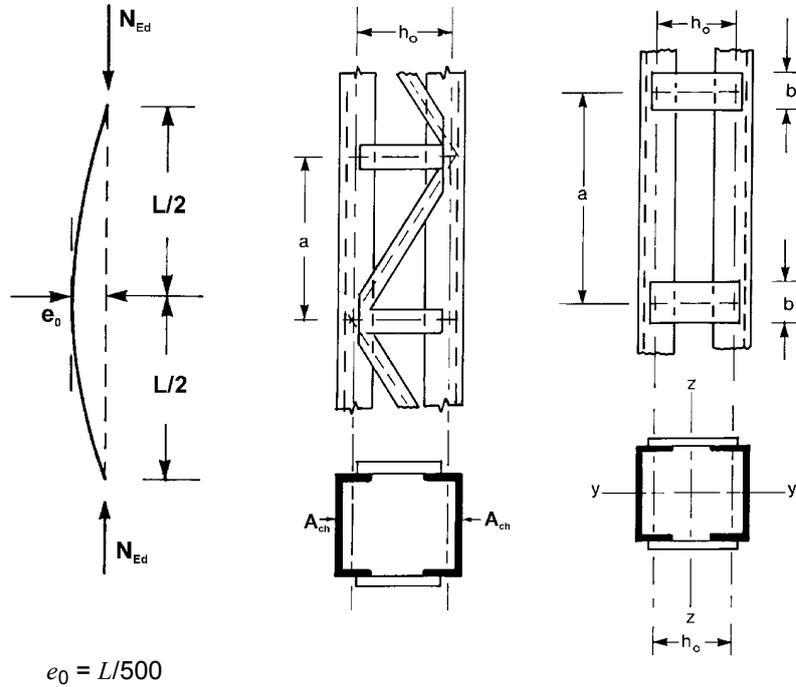
(2) Das Bemessungsmodell für mehrteilige druckbeanspruchte Bauteile ist anwendbar, wenn:

- die Gitterstäbe und Bindebleche gleichartige wiederkehrende Felder bilden und die Gurtstäbe parallel angeordnet sind;
- eine Stütze aus mindestens 3 Feldern besteht.

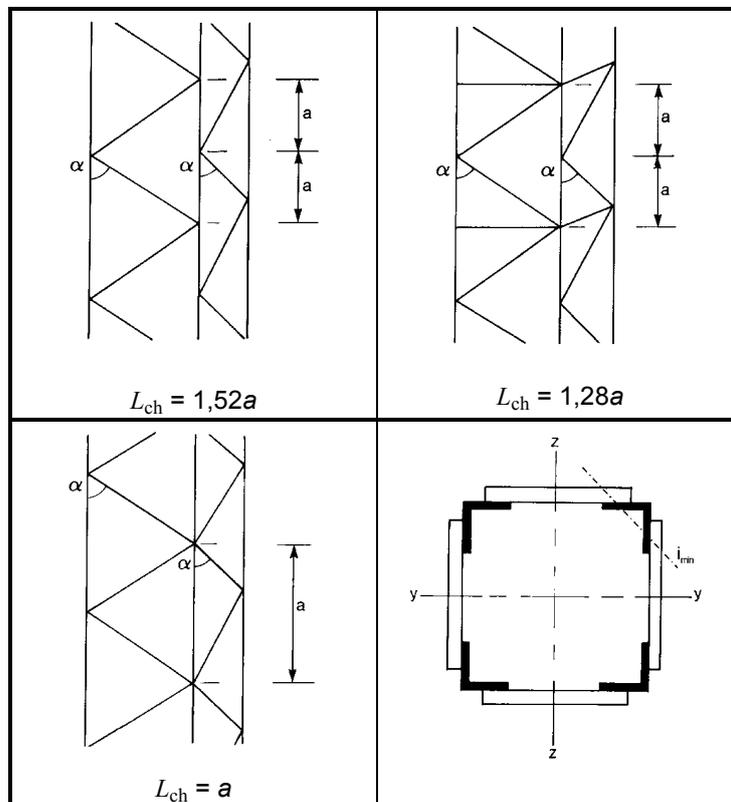
ANMERKUNG Diese Annahme erlaubt, die Stütze als regelmäßig anzusehen und die diskrete Gitterstab- oder Bindeblechstruktur zu einem Kontinuum zu verschmieren.

(3) Das Bemessungsverfahren ist für mehrteilige Querschnitte mit Gitterstäben oder Bindeblechen mit zwei Tragebenen anwendbar, siehe Bild 6.8.

(4) Die Gurtstäbe können Vollquerschnitte sein oder selbst rechtwinklig zur betrachteten Ebene in mehrteilige Bauteile mit Gitterstäben und Bindeblechen aufgelöst sein.



**Bild 6.7 — Gleichförmige mehrteilige Stützen mit Gitterstäben (Gitterstützen) und Bindeblechen (Rahmenstützen)**



**Bild 6.8 — Gitterstützen mit Stäben auf vier Seiten und Knicklänge  $L_{ch}$  der Gurtstäbe**

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

(5) Die Nachweise für die Gurtstäbe sind in der Regel mit der Gurtstabkraft  $N_{ch,Ed}$  infolge der Druckkräfte  $N_{Ed}$  und der Momente  $M_{Ed}$  in Bauteilmitte zu führen.

(6) Bei Bauteilen mit zwei gleichen Gurtstäben wird in der Regel der Bemessungswert der Gurtstabkraft  $N_{ch,Ed}$  wie folgt ermittelt:

$$N_{ch,Ed} = 0,5 N_{Ed} + \frac{M_{Ed} h_0 A_{ch}}{2 I_{eff}} \quad (6.69)$$

Dabei ist

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed} e_0 + M_{Ed}^I}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}} - \frac{N_{Ed}}{S_v}} ;$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{eff}}{L^2} \text{ die effektive ideale Verzweigungslast für das mehrteilige Bauteil;}$$

$N_{Ed}$  der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft auf das mehrteilige Bauteil;

$M_{Ed}$  der Bemessungswert des einwirkenden maximalen Moments in der Mitte des mehrteiligen Bauteils unter Berücksichtigung der Effekte aus der Theorie II. Ordnung;

$M_{Ed}^I$  der Bemessungswert des einwirkenden maximalen Moments in der Mitte des mehrteiligen Bauteils nach Theorie I. Ordnung (ohne Effekte aus der Theorie II. Ordnung);

$h_0$  der Abstand zwischen den Schwerachsen der Gurtstäbe;

$A_{ch}$  die Querschnittsfläche eines Gurtstabes;

$I_{eff}$  das effektive Flächenträgheitsmoment des mehrteiligen Bauteils, siehe 6.4.2 und 6.4.3;

$S_v$  die Schubsteifigkeit infolge der Verformungen der Gitterstäbe und Bindebleche, siehe 6.4.2 und 6.4.3.

(7) Die Nachweise für die Gitterstäbe bei Gitterstützen oder für die lokalen Momente und Querkräfte bei Stützen mit Bindeblechen sind in der Regel für das Gitter- oder Rahmenfeld am Stützenende mit den zugehörigen Querkräften zu führen:

$$V_{Ed} = \pi \frac{M_{Ed}}{L} \quad (6.70)$$

## 6.4.2 Gitterstützen

### 6.4.2.1 Tragfähigkeit von Elementen von Gitterstützen

(1) Für die druckbeanspruchten Gurtstäbe und für die Gitterstäbe von Gitterstützen sind in der Regel Knicknachweise zu führen.

ANMERKUNG Sekundäre Biegemomente infolge der Knotensteifigkeiten dürfen vernachlässigt werden.

(2) Der Knicknachweis für die Gurtstäbe ist in der Regel wie folgt zu führen:

$$\frac{N_{ch,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.71)$$

Dabei ist

$N_{ch,Ed}$  der Bemessungswert der einwirkenden Druckkraft im Gurtstab in der Mitte der mehrteiligen Stütze nach 6.4.1(6);

$N_{b,Rd}$  der Bemessungswert der Biegeknicktragfähigkeit des Gurtstabes abhängig von der Knicklänge  $L_{ch}$  aus Bild 6.8.

(3) Die Schubsteifigkeit  $S_v$  der Gitterstäbe kann Bild 6.9 entnommen werden.

(4) Das effektive Flächenträgheitsmoment der Gitterstützen ist wie folgt anzunehmen:

$$I_{eff} = 0,5 h_0^2 A_{ch} \quad (6.72)$$

System			
$S_v$	$\frac{nE A_d a h_0^2}{2d^3}$	$\frac{nE A_d a h_0^2}{d^3}$	$\frac{nE A_d a h_0^2}{d^3 \left[ 1 + \frac{A_d h_0^3}{A_v d^3} \right]}$
<p><math>n</math> ist die Anzahl der parallelen Ebenen der Gitterstäbe  <math>A_d</math> und <math>A_v</math> sind die Querschnittsflächen der Gitterstäbe einer Gitterebene</p>			

**Bild 6.9 — Schubsteifigkeit von Gitterstützen infolge der Verformungen der Gitterstäbe**

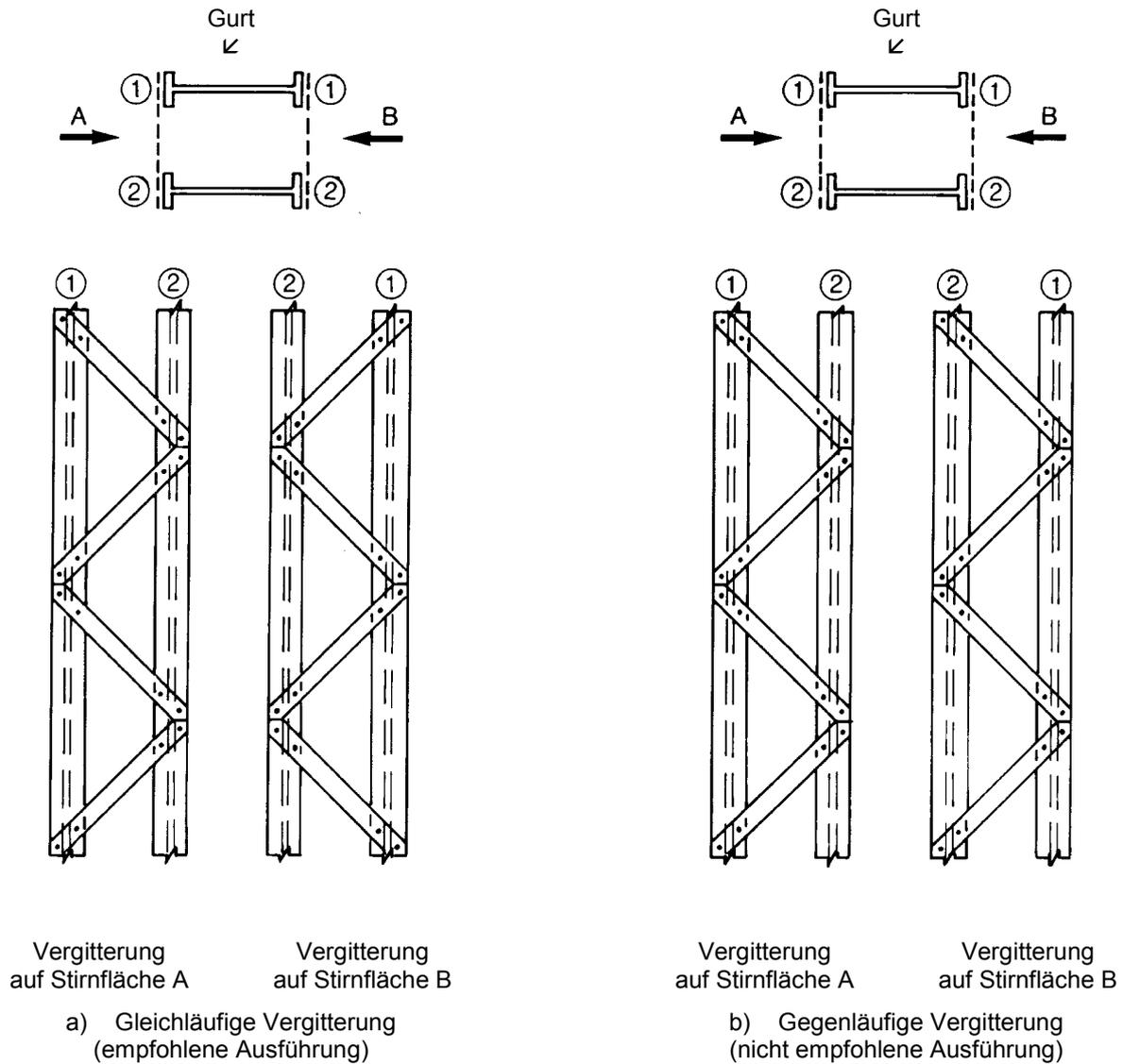
#### 6.4.2.2 Konstruktive Durchbildung

(1) Einfache Vergitterungen auf gegenüberliegenden Seiten von Gitterstützen mit zwei parallelen Ebenen sollten möglichst in gleichläufiger Anordnung ausgeführt werden, siehe Bild 6.10 (a), so dass eine Seite die Projektion der gegenüberliegenden Seite darstellt.

(2) Im Falle einer einfachen Vergitterung mit gegenläufiger Anordnung, siehe Bild 6.10 (b), sind in der Regel die zusätzlichen Verformungen infolge Torsionsbeanspruchung zu berücksichtigen.

(3) An den Enden von Gitterstützen und an Stellen, an denen die Vergitterung unterbrochen wird, sowie an Anschlüssen zu anderen Bauteilen sind Querverbindungen zwischen den Gurtstäben erforderlich.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**



**Bild 6.10 — Einfache Vergitterung von gegenüberliegenden Seiten von Gitterstützen mit zwei parallelen Ebenen**

**6.4.3 Stützen mit Bindeblechen (Rahmenstützen)**

**6.4.3.1 Tragfähigkeit von Komponenten von Stützen mit Bindeblechen**

(1) Für die Gurtstäbe und die Bindebleche, sowie deren Anschlüsse an die Gurtstäbe, sind in der Regel die Tragfähigkeitsnachweise mit den tatsächlichen Momenten und Stabkräften im Endfeld und in Bauteilmitte der Stütze nach Bild 6.11 zu führen.

ANMERKUNG Vereinfachend darf die einwirkende maximale Gurtstabkraft  $N_{ch,Ed}$  mit der maximalen Querkraft  $V_{Ed}$  kombiniert werden.

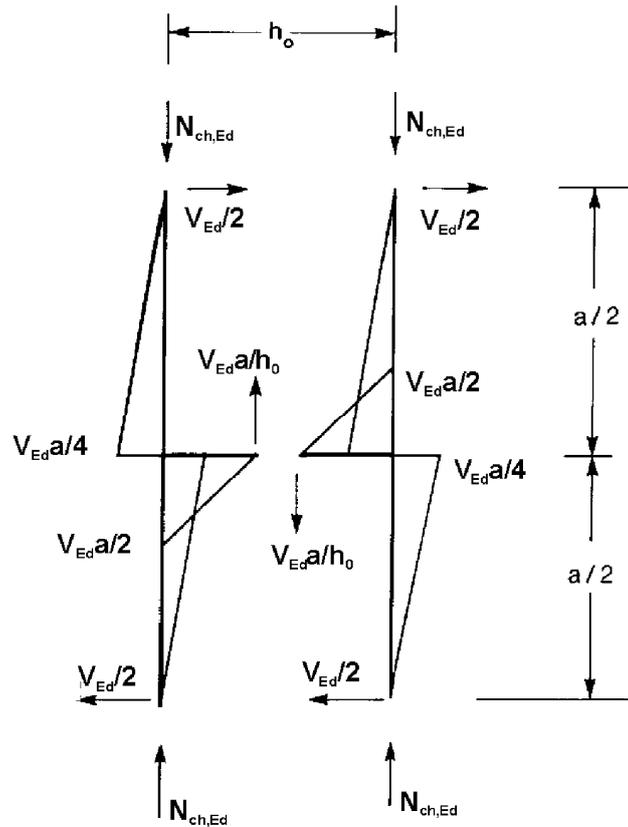


Bild 6.11 — Stabkräfte im Endfeld von Stützen mit Bindeblechen

- (2) Die Schubsteifigkeit ist in der Regel wie folgt anzunehmen:

$$S_v = \frac{24EI_{ch}}{a^2 \left[ 1 + \frac{2I_{ch}}{nI_b} \frac{h_0}{a} \right]} \leq \frac{2\pi^2 EI_{ch}}{a^2} \quad (6.73)$$

- (3) Das effektive Flächenträgheitsmoment der Stütze mit Bindeblechen darf wie folgt angenommen werden:

$$I_{eff} = 0,5 h_0^2 A_{ch} + 2\mu I_{ch} \quad (6.74)$$

Dabei ist

$I_{ch}$  das Flächenträgheitsmoment eines Gurtstabes in der Nachweisebene;

$I_b$  das Flächenträgheitsmoment eines Bindebleches in der Nachweisebene;

$\mu$  der Wirkungsgrad nach Tabelle 6.8;

$n$  die Anzahl der parallelen Ebenen mit Bindeblechen.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 6.8 — Wirkungsgrad  $\mu$**

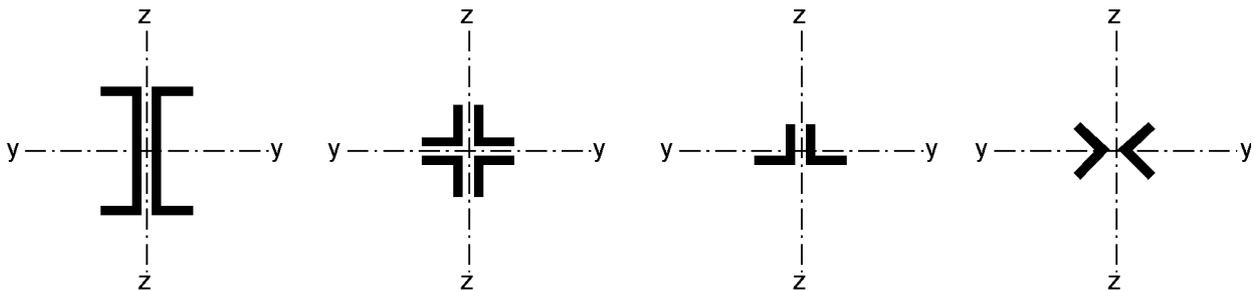
Kriterium	Wirkungsgrad $\mu$
$\lambda \geq 150$	0
$75 < \lambda < 150$	$\mu = 2 - \frac{\lambda}{75}$
$\lambda \leq 75$	1,0
wobei $\lambda = \frac{L}{i_0}$ ; $i_0 = \sqrt{\frac{I_1}{2A_{ch}}}$ ; $I_1 = 0,5 h_0^2 A_{ch} + 2I_{ch}$	

**6.4.3.2 Konstruktive Durchbildung**

- (1) Bindebleche sind immer an den Enden der Stütze vorzusehen.
- (2) Bei Anordnung von Bindeblechen in mehreren parallelen Ebenen sollten diese gegenüberliegend angeordnet werden.
- (3) Bindebleche sollten auch an den Lasteinleitungsstellen und Punkten seitlicher Abstützung vorgesehen werden.

**6.4.4 Mehrteilige Bauteile mit geringer Spreizung**

(1) Mehrteilige druckbeanspruchte Bauteile nach Bild 6.12, bei denen die Teile Kontakt haben oder mit geringer Spreizung durch Futterstücke verbunden sind, sowie Bauteile aus über Eck gestellten Winkeln, die mit paarweise rechtwinklig zueinander angeordneten Bindeblechen nach Bild 6.13 verbunden sind, sind in der Regel als ein Einzelbauteil auf Knickversagen zu überprüfen. Dabei kann die Wirkung der Schubsteifigkeit ( $S_V = \infty$ ) vernachlässigt werden, solange die Voraussetzungen der Tabelle 6.9 eingehalten werden.



**Bild 6.12 — Mehrteilige Bauteile mit geringer Spreizung**

**Tabelle 6.9 — Maximaler Abstand zwischen den Bindeblechen für mehrteilige Bauteile mit geringer Spreizung oder mehrteilige Bauteile aus über Eck gestellten Winkeln**

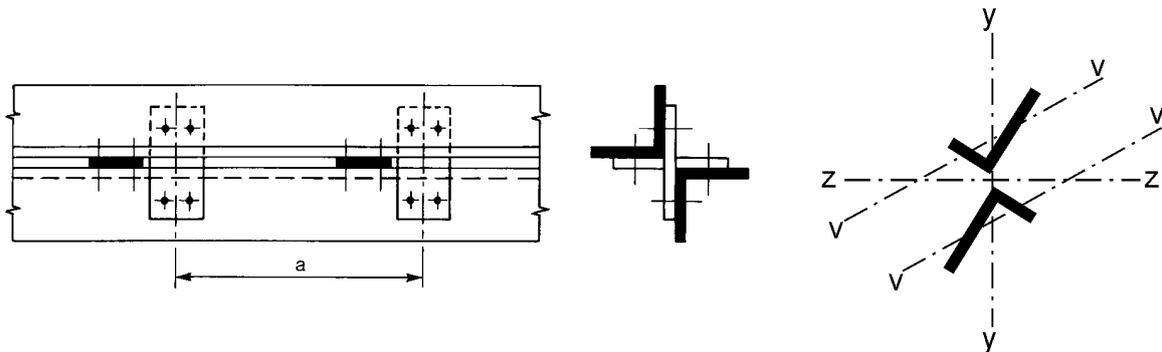
Art der mehrteiligen Querschnitte	Maximaler Abstand zwischen den Achsen von Bindeblechen <sup>a</sup>
Bauteile nach Bild 6.12, die durch Schrauben oder Schweißnähte verbunden sind	$15 i_{\min}$
Bauteile nach Bild 6.13, die durch paarweise angeordnete Bindebleche verbunden sind	$70 i_{\min}$
<sup>a</sup> $i_{\min}$ ist der kleinste Trägheitsradius eines Gurtstabes oder eines Winkels	

(2) Die durch die Bindebleche zu übertragende Querkraft ist in der Regel nach 6.4.3.1(1) zu ermitteln.

(3) Im Falle von ungleichschenkligen Winkeln, siehe Bild 6.13, darf der Nachweis gegen Biegeknicken um die  $y$ - $y$  Achse mit:

$$i_y = \frac{i_0}{1,15} \quad (6.75)$$

geführt werden, wobei  $i_0$  der kleinste Trägheitsradius des mehrteiligen Bauteils ist.

**Bild 6.13 — Mehrteilige Bauteile aus über Eck gestellten Winkeln**

## 7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

### 7.1 Allgemeines

- (1) Ein Stahltragwerk muss so entworfen und ausgeführt werden, dass es alle maßgebenden Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit erfüllt.
- (2) Die grundlegenden Anforderungen an die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind in EN 1990, 3.4 angegeben.
- (3) Für ein Bauwerk sollten alle Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit zusammen mit den zugehörigen Lasten und Berechnungsverfahren spezifisch festgelegt werden.
- (4) Wird für den Grenzzustand der Tragfähigkeit eine plastische Tragwerksberechnung durchgeführt, können plastische Umlagerungen der Kräfte und Momente bereits im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit auftreten. Falls dies der Fall ist, müssen diese Einflüsse berücksichtigt werden.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**7.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit für den Hochbau**

**7.2.1 Vertikale Durchbiegung**

(1)B Die Grenzwerte der vertikalen Durchbiegung nach EN 1990, Anhang A1.4, Bild A1.1 sollten für jedes Projekt bestimmt werden und mit dem Auftraggeber abgestimmt sein.

ANMERKUNG B Der Nationale Anhang kann Grenzwerte festlegen.

**7.2.2 Horizontale Verformungen**

(1)B Die Grenzwerte der horizontalen Verformung nach EN 1990, Anhang A1.4, Bild A1.2 sollten für jedes Projekt bestimmt werden und mit dem Auftraggeber abgestimmt sein.

ANMERKUNG B Der Nationale Anhang kann Grenzwerte festlegen.

**7.2.3 Dynamische Einflüsse**

(1)B Mit Bezug auf EN 1990, A1.4.4, sind in der Regel Vibrationen in Tragwerken mit öffentlicher Nutzung so zu begrenzen, dass eine starke Beeinträchtigung für den Benutzer vermieden wird. Die Grenzwerte sind in der Regel für jedes Projekt individuell festzulegen und mit dem Auftraggeber abzustimmen.

ANMERKUNG B Der Nationale Anhang kann Grenzwerte festlegen.

## Anhang A (informativ)

### Verfahren 1: Interaktionsbeiwerte $k_{ij}$ für die Interaktionsformel in 6.3.3 (4)

Tabelle A.1 — Interaktionsbeiwerte  $k_{ij}$  (6.3.3 (4))

Bemessungsannahmen		
Interaktionsbeiwerte	elastische Querschnittswerte der Klasse 3, Klasse 4	Plastisch Querschnittswerte der Klasse 1, Klasse 2
$k_{yy}$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{yy}}$
$k_{yz}$	$C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$	$C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{yz}} 0,6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}}$
$k_{zy}$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{zy}} 0,6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}}$
$k_{zz}$	$C_{mz} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$	$C_{mz} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{zz}}$
<b>Hilfswerte:</b>		
$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$ $\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$ $w_y = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} \leq 1,5$ $w_z = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} \leq 1,5$ $\text{[AC]} n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk} / \gamma_{M0}} \text{ [AC]}$ $C_{my} \text{ siehe Tabelle A.2}$ $a_{LT} = 1 - \frac{I_T}{I_y} \geq 0$	$C_{yy} = 1 + (w_y - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{w_y} C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max} - \frac{1,6}{w_y} C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max}^2 \right) n_{pl} - b_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$ <p>mit <math>b_{LT} = 0,5 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0^{-2}}{\chi_{LT} M_{pl,y,Rd}} \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}}</math></p> $C_{yz} = 1 + (w_z - 1) \left[ \left( 2 - 14 \frac{C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max}^2}{w_z^5} \right) n_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0,6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$ <p>mit <math>c_{LT} = 10 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0^{-2}}{5 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{pl,y,Rd}}</math></p> $C_{zy} = 1 + (w_y - 1) \left[ \left( 2 - 14 \frac{C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max}^2}{w_y^5} \right) n_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0,6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$ <p>mit <math>d_{LT} = 2 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0}{0,1 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{pl,y,Rd}} \frac{M_{z,Ed}}{C_{mz} M_{pl,z,Rd}}</math></p> $\text{[AC]} C_{zz} = 1 + (w_z - 1) \left[ 2 - \frac{1,6}{w_z} C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max} - \frac{1,6}{w_z} C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max}^2 - e_{LT} \right] n_{pl} \geq \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} \text{ [AC]}$ <p>mit <math>e_{LT} = 1,7 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0}{0,1 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{pl,y,Rd}}</math></p>	

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle A.1 (fortgesetzt)**

$$\bar{\lambda}_{\max} = \max \begin{cases} \bar{\lambda}_y \\ \bar{\lambda}_z \end{cases}$$

$\bar{\lambda}_0 =$  Schlankheitsgrad für Biegedrillknicken infolge konstanter Biegung, z. B.  $\psi_y = 1,0$  in Tabelle A.2

$\bar{\lambda}_{LT} =$  Schlankheitsgrad für Biegedrillknicken

$$\text{Für } \bar{\lambda}_0 \leq 0,2\sqrt{C_1} \sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right) \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}}\right)}$$

$$\text{gilt: } \begin{aligned} C_{my} &= C_{my,0} \\ C_{mz} &= C_{mz,0} \\ C_{mLT} &= 1,0 \end{aligned}$$

$$\text{Für } \bar{\lambda}_0 > 0,2\sqrt{C_1} \sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right) \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}}\right)}$$

$$\text{gilt: } C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \frac{\sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}$$

$$C_{mz} = C_{mz,0}$$

$$C_{mLT} = C_{my}^2 \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right) \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}}\right)}} \geq 1$$

$\boxed{\text{AC}}$   $C_{mi,0}$  siehe Tabelle A.2  $\boxed{\text{AC}}$

$$\varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A}{W_{el,y}} \quad \text{für Querschnitte der Klassen 1, 2 und 3}$$

$$\varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A_{eff}}{W_{eff,y}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 4}$$

$\boxed{\text{AC}}$   $C_1$  ist ein von der Belastungssituation und den Lagerungsbedingungen abhängiger Faktor und kann als  $C_1 = k_c^{-2}$  angenommen werden, wobei  $k_c$  der Tabelle 6.6 entnommen werden kann.  $\boxed{\text{AC}}$

$N_{cr,y}$  = ideale Verzweigungslast für Knicken um die  $y$ - $y$  Achse

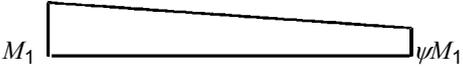
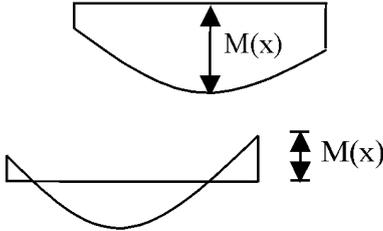
$N_{cr,z}$  = ideale Verzweigungslast für Knicken um die  $z$ - $z$  Achse

$N_{cr,T}$  = ideale Verzweigungslast für Drillknicken

$I_T$  = St. Venant'sche Torsionssteifigkeit

$I_y$  = Flächenträgheitsmoment um die  $y$ - $y$  Achse

**Tabelle A.2 — Äquivalente Momentenbeiwerte  $C_{mi,0}$**

Momentenverlauf	$C_{mi,0}$
 <p style="text-align: center;"><math>-1 \leq \psi \leq 1</math></p>	$C_{mi,0} = 0,79 + 0,21 \psi_i + 0,36(\psi_i - 0,33) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$
	$C_{mi,0} = 1 + \left( \frac{\pi^2 EI_i  \delta_x }{L^2  M_{i,Ed}(x) } - 1 \right) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$ <p><math>M_{i,Ed}(x)</math> ist das größere der Momente <math>M_{y,Ed}</math> oder <math>M_{z,Ed}</math>          nach der Berechnung nach Theorie I. Ordnung <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">AC</span>  <math> \delta_x </math> ist die größte Verformung entlang des Bauteils</p>
	$C_{mi,0} = 1 - 0,18 \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$
	$C_{mi,0} = 1 + 0,03 \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$

## Anhang B (informativ)

### Verfahren 2: Interaktionsbeiwerte $k_{ij}$ für die Interaktionsformel in 6.3.3 (4)

Tabelle B.1 — Interaktionsbeiwerte  $k_{ij}$  für verdrehsteife Bauteile

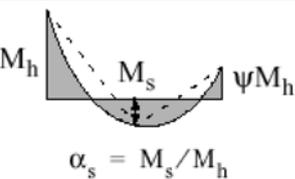
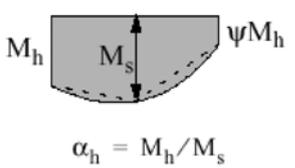
Bemessungsannahmen			
Interaktionsbeiwerte	Art des Querschnitts	elastische Querschnittswerte der Klasse 3, Klasse 4	plastische Querschnittswerte der Klasse 1, Klasse 2
$k_{yy}$	I-Querschnitte rechteckige Hohlquerschnitte	$C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
$k_{yz}$	I-Querschnitte rechteckige Hohlquerschnitte	$k_{zz}$	$0,6 k_{zz}$
$k_{zy}$	I-Querschnitte rechteckige Hohlquerschnitte	$0,8 k_{yy}$	$0,6 k_{yy}$
$k_{zz}$	I-Querschnitte	$C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{mz} \left( 1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
	rechteckige Hohlquerschnitte		$C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$

Für I- und H-Querschnitte und rechteckige Hohlquerschnitte, die auf Druck und einachsige Biegung  $M_{y,Ed}$  belastet sind, darf der Beiwert  $k_{zy} = 0$  angenommen werden.

Tabelle B.2 — Interaktionsbeiwerte  $k_{ij}$  für verdrehweiche Bauteile

Bemessungsannahmen		
Interaktionsbeiwerte	elastische Querschnittswerte der Klasse 3, Klasse 4	Plastische Querschnittswerte der Klasse 1, Klasse 2
$k_{yy}$	$k_{yy}$ aus Tabelle B.1	$k_{yy}$ aus Tabelle B.1
$k_{yz}$	$k_{yz}$ aus Tabelle B.1	$k_{yz}$ aus Tabelle B.1
$k_{zy}$	$\left[ 1 - \frac{0,05\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ $\geq \left[ 1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$	$\left[ 1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ $\geq \left[ 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ <p>für <math>\bar{\lambda}_z &lt; 0,4</math>:</p> $k_{zy} = 0,6 + \bar{\lambda}_z \leq 1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}}$
$k_{zz}$	$k_{zz}$ aus Tabelle B.1	$k_{zz}$ aus Tabelle B.1

Tabelle B.3 — Äquivalente Momentenbeiwerte  $C_m$  zu Tabelle B.1 und B.2

Momentenverlauf	Bereich		$C_{my}$ und $C_{mz}$ und $C_{mLT}$	
			Gleichlast	Einzellast
	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
$-1 \leq \psi < 0$		$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1 + 2\psi)$	$\boxed{AC} 0,90 + 0,10\alpha_h(1 + 2\psi) \boxed{AC}$

Für Bauteile mit Knicken in Form seitlichen Ausweichens sollte der äquivalente Momentenbeiwert als  $C_{my} = 0,9$  bzw.  $C_{mz} = 0,9$  angenommen werden.

$C_{my}$ ,  $C_{mz}$  und  $C_{mLT}$  sind in der Regel unter Berücksichtigung der Momentenverteilung zwischen den maßgebenden seitlich gehaltenen Punkten wie folgt zu ermitteln:

Momentenbeiwert	Biegeachse	In der Ebene gehalten
$C_{my}$	y-y	z-z
$C_{mz}$	z-z	y-y
$C_{mLT}$	y-y	y-y

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

## **Anhang AB** (informativ)

### **Zusätzliche Bemessungsregeln**

#### **AB.1 Statische Berechnung unter Berücksichtigung von Werkstoff-Nichtlinearitäten**

(1)B Im Falle von Werkstoff-Nichtlinearitäten dürfen die Schnittgrößen eines Tragwerks durch eine inkrementelle Annäherung der Lasten an die Bemessungswerte für die relevante Bemessungssituation ermittelt werden.

(2)B Bei dieser inkrementellen Annäherung sollten alle ständigen oder nicht-ständigen Lasten proportional erhöht werden.

#### **AB.2 Vereinfachte Belastungsanordnung für durchlaufende Decken**

(1)B Für Durchlaufträger in Decken von Hochbauten ohne Kragarme, auf die hauptsächlich gleichmäßig verteilte Lasten wirken, ist es ausreichend, die folgenden Lastanordnungen zu berücksichtigen:

- a) die Bemessungswerte der ständigen und nicht-ständigen Lasten ( $\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k$ ) wirken zugleich auf jedes zweite aufeinander folgende Feld, auf alle anderen dazwischenliegenden Felder wirkt nur die ständige Last  $\gamma_G G_k$ ;
- b) die Bemessungswerte der ständigen und nicht-ständigen Last ( $\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k$ ) wirken auf zwei beliebig benachbarten Feldern, auf allen anderen Feldern wirkt nur die ständige Last  $\gamma_G G_k$ .

ANMERKUNG 1 a) bezieht sich auf die Feldmomente, b) bezieht sich auf die Stützmomente.

ANMERKUNG 2 Es ist beabsichtigt, diesen Anhang zu einem späteren Zeitpunkt in EN 1990 zu überführen.

## Anhang BB (informativ)

### Knicken von Bauteilen in Tragwerken des Hochbaus

#### BB.1 Biegeknicken von Bauteilen von Fachwerken oder Verbänden

##### BB.1.1 Allgemeines

(1)B Bei Fachwerken und Verbänden darf die Knicklänge  $L_{cr}$  für Gurtstäbe in allen Richtungen und bei Fachwerkstäben für Biegeknicken aus der Stegebene gleich der Systemlänge  $L$  angesetzt werden, siehe BB.1.3 (1)B, wenn keine geringere Knicklänge durch genauere Berechnung gerechtfertigt wird.

(2)B Die Knicklänge  $L_{cr}$  eines Gurtstabes mit I- oder H-Querschnitten sollte zu  $0,9L$  für Biegeknicken in der Ebene und zu  $1,0L$  für Biegeknicken aus der Ebene angenommen werden, sofern nicht eine kleinere Knicklänge durch genauere Berechnung gerechtfertigt wird.

(3)B Fachwerkstäbe in Stegen können mit einer kleineren Knicklänge als der Systemlänge für Biegeknicken in der Ebene nachgewiesen werden, wenn die Verbindungen zu den Gurten und die Gurte dieses aufgrund ihrer Steifigkeit und Festigkeit zulassen (z. B. falls geschraubt Mindestanschluss mit 2 Schrauben).

(4)B Unter solchen Bedingungen und für übliche Fachwerke darf die Knicklänge  $L_{cr}$  für Gitterstäbe für Biegeknicken in der Stegebene auf  $0,9L$  abgemindert werden, siehe BB.1.2.

##### BB.1.2 Gitterstäbe aus Winkelprofilen

(1)B Wenn die Gurte eine ausreichende Endeinspannung für Gitterstäbe aus Winkelprofilen darstellen und die Endverbindungen solcher Gitterstäbe ausreichend steif sind (falls geschraubt mindestens zwei Schrauben), dürfen die Exzentrizitäten vernachlässigt und die Endeinspannungen bei der Bemessung der Winkelprofile als druckbelastete Bauteile berücksichtigt werden. Der effektive Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_{eff}$  darf wie folgt ermittelt werden:

$$\begin{aligned}\bar{\lambda}_{eff,v} &= 0,35 + 0,7 \bar{\lambda}_v && \text{für Biegeknicken um die } v\text{-}v \text{ Achse;} \\ \bar{\lambda}_{eff,y} &= 0,50 + 0,7 \bar{\lambda}_y && \text{für Biegeknicken um die } y\text{-}y \text{ Achse;} \\ \bar{\lambda}_{eff,z} &= 0,50 + 0,7 \bar{\lambda}_z && \text{für Biegeknicken um die } z\text{-}z \text{ Achse;} \end{aligned} \tag{BB.1}$$

wobei  $\bar{\lambda}$  in 6.3.1.2 definiert ist.

(2)B Wird lediglich eine einzige Schraube für die Endverbindungen der Gitterstäbe aus Winkelprofilen verwendet, sollte die Exzentrizität unter Verwendung von 6.2.9 berücksichtigt werden und die Knicklänge  $L_{cr}$  der Systemlänge  $L$  entsprechen.

##### BB.1.3 Bauteile mit Hohlprofilen

(1)B Bei Gurtstäben mit Hohlquerschnitt darf die Knicklänge  $L_{cr}$  für Biegeknicken in und aus der Ebene mit  $0,9L$  angenommen werden, wobei  $L$  die Systemlänge für die betrachtete Fachwerkebene ist. Die Systemlänge in der Fachwerkebene entspricht dem Abstand der Anschlüsse. Die Systemlänge rechtwinklig zur Fachwerkebene entspricht dem Abstand der seitlichen Abstützpunkte, sofern nicht ein kleinerer Wert durch genauere Berechnung rechtfertigt wird.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

(2)B Die Knicklänge  $L_{cr}$  einer Fachwerkdigitalen mit Hohlquerschnitt darf bei geschraubten Anschlüssen mit  $1,0L$  für Biegeknicken in und aus der Ebene angenommen werden.

(3)B AC Die Knicklänge  $L_{cr}$  eines Verstrebelementes mit Hohlquerschnitt, die ohne Ausschnitte und Endkröpfungen angeschweißt ist, darf für Biegeknicken in und aus der Ebene mit  $0,75 L$  angenommen werden. Geringere Knicklängen können basierend auf Prüfungen und Berechnungen verwendet werden. In diesem Fall darf die Knicklänge der Strebe nicht verringert werden. AC

ANMERKUNG Weitere Informationen zu Knicklängen können im Nationalen Anhang angegeben sein.

## BB.2 Kontinuierliche seitliche Abstütungen

### BB.2.1 Kontinuierliche seitliche Stützung

(1)B Wenn trapezförmige Bleche nach EN 1993-1-3 an jeder Rippe mit dem Träger verbunden werden und die Gleichung (BB.2) erfüllt wird, darf der Träger in der Ebene der Bleche als starr gelagert betrachtet werden.

$$S \geq \left( EI_w \frac{\pi^2}{L^2} + GI_T + EI_z \frac{\pi^2}{L^2} 0,25h^2 \right) \frac{70}{h^2} \quad (\text{BB.2})$$

Dabei ist

$S$  die Schubsteifigkeit der Bleche (je Längeneinheit Trägerlänge) im Hinblick auf die Verformungen des Trägers in der Blechebene;

$I_w$  das Wölbfächenmoment des Trägers;

$I_T$  das Torsionsflächenmoment des Trägers;

$I_z$  das Flächenträgheitsmoment des Trägerquerschnitts um die schwache Querschnittsachse;

$L$  die Länge des Trägers;

$h$  die Höhe des Trägers.

Falls das Blech lediglich an jeder zweiten Rippe mit dem Träger verbunden ist, so sollte  $S$  durch  $0,20 S$  ersetzt werden.

ANMERKUNG Die Gleichung (BB.2) kann auch für den Nachweis der Seitenstabilität von Trägerflanschen bei anderen Scheibenkonstruktionen verwendet werden, wenn die Verbindungen geeignet sind.

### BB.2.2 Kontinuierliche Drehbehinderung

(1)B Ein Träger darf als ausreichend gegen Verdrehung gestützt angesehen werden, wenn das folgende Kriterium erfüllt wird:

$$C_{\vartheta,k} > \frac{M_{pl,k}^2}{EI_z} K_{\vartheta} K_{\nu} \quad (\text{BB.3})$$

Dabei ist

$C_{\vartheta,k}$  die Verdrehsteifigkeit (je Längeneinheit Trägerlänge), die durch das stabilisierende Bauteil (z. B. die Dachkonstruktion) und die Verbindung mit dem Träger wirksam ist;

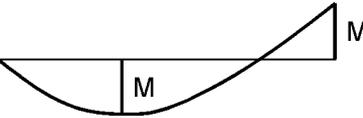
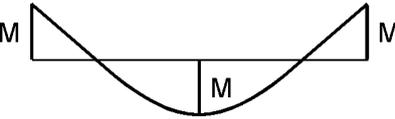
$K_{\nu} = 0,35$  für die elastische Berechnung;

$K_{\psi}$  = 1,00 für die plastische Berechnung;

$K_{\vartheta}$  der Faktor zur Berücksichtigung des Momentenverlaufs und der Art der Verdrehbarkeit des drehbehindert gestützten Trägers, siehe Tabelle BB.1;

$M_{pl,k}$  der charakteristische Wert der plastischen Momententragfähigkeit des Trägers.

**Tabelle BB.1 — Faktor  $K_{\vartheta}$  zur Berücksichtigung des Momentenverlaufs und der Art der Lagerung**

Fall	Momentenverlauf	freie Drehachse	gebundene Drehachse
1		4,0	0
2a		3,5	0,12
2b			0,23
3		2,8	0
4		1,6	1,0
5	 $\psi \leq -0,3$	1,0	0,7

(2)B Die Verdrehsteifigkeit (je Längeneinheit Trägerlänge) durch das durchgehende Stabilisierungselement (z. B. die Dachkonstruktion) ist wie folgt zu berechnen:

$$\frac{1}{C_{\vartheta,k}} = \frac{1}{C_{\vartheta R,k}} + \frac{1}{C_{\vartheta C,k}} + \frac{1}{C_{\vartheta D,k}} \quad (\text{BB.4})$$

Dabei ist

$C_{\vartheta R,k}$  die Verdrehsteifigkeit (je Längeneinheit) des stabilisierenden Bauteils unter der Annahme einer steifen Verbindung mit dem Träger;

$C_{\vartheta C,k}$  die Verdrehsteifigkeit (je Längeneinheit) der Verbindung zwischen dem Träger und dem stabilisierenden Bauteil;

$C_{\vartheta D,k}$  die Verdrehsteifigkeit (je Längeneinheit) infolge von Querschnittsverformungen des Trägers.

ANMERKUNG Weitere Informationen zur Bestimmung der Verdrehsteifigkeit, siehe EN 1993-1-3.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

**BB.3 Größtabstände bei Abstützmaßnahmen für Bauteile mit Fließgelenken gegen Knicken aus der Ebene**

**BB.3.1 Gleichförmige Bauteile aus Walzprofilen oder vergleichbaren geschweißten I-Profilen**

**BB.3.1.1 Größtabstände zwischen seitlichen Stützungen**

(1)B Biegedrillknicken darf vernachlässigt werden, wenn die Abschnittslänge  $L$ , gerechnet von einem Fließgelenk bis zur nächsten seitlichen Stützung, nicht größer als  $L_m$  ist:

$$L_m = \frac{38i_z}{\sqrt{\frac{1}{57,4} \left( \frac{N_{Ed}}{A} \right) + \frac{1}{756 C_1^2} \left( \frac{W_{pl,y}^2}{AI_T} \right) \left( \frac{f_y}{235} \right)^2}} \quad (\text{BB.5})$$

sofern das Bauteil am Fließgelenk entsprechend 6.3.5 gehalten ist und das andere Abschnittsende wie folgt gestützt wird, siehe Bild BB.1, Bild BB.2 und Bild BB.3:

- entweder am Druckflansch, wenn ein Flansch über die gesamte Abschnittslänge im Druckbereich liegt;
- oder durch eine Verdrehbehinderung;
- oder durch seitliche Abstützung des Abschnittsende und eine zusätzliche Verdrehbehinderung, die den seitlichen Größtabstand  $L_s$  erfüllt.

Dabei ist

$N_{Ed}$  die einwirkende Druckkraft, in N;

$A$  die Querschnittsfläche, in mm<sup>2</sup>;

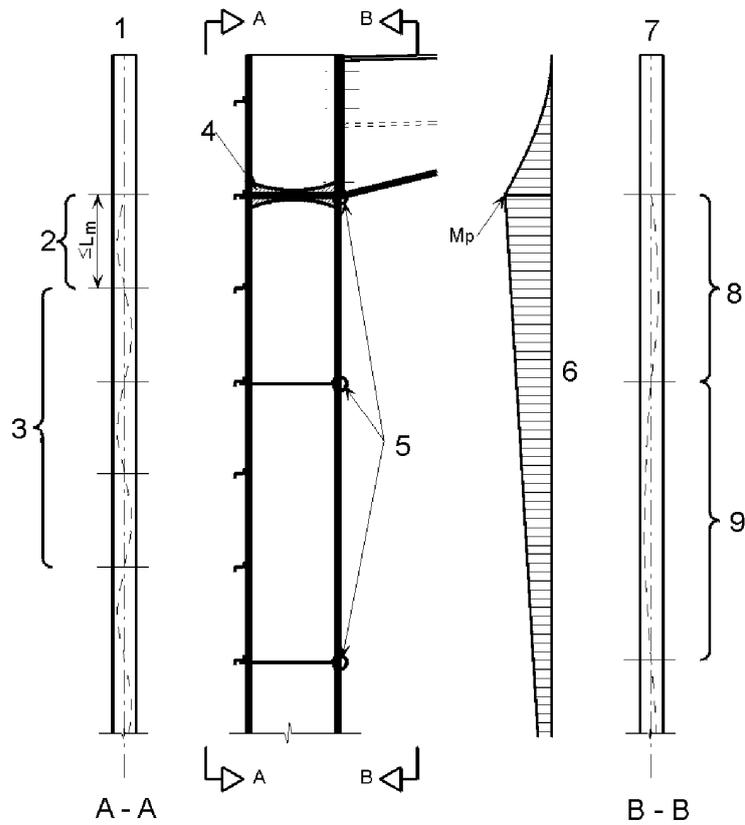
$W_{pl,y}$  das plastisches Widerstandsmoment;

$I_T$  das Torsionsflächenmoment 2. Grades;

$f_y$  die Streckgrenze, in N/mm<sup>2</sup>;

$C_1$  AC ein von der Belastungssituation und den Lagerungsbedingungen abhängiger Faktor und kann als  $C_1 = k_c^{-2}$  angenommen werden, wobei  $k_c$  der Tabelle 6.6 entnommen werden kann. AC

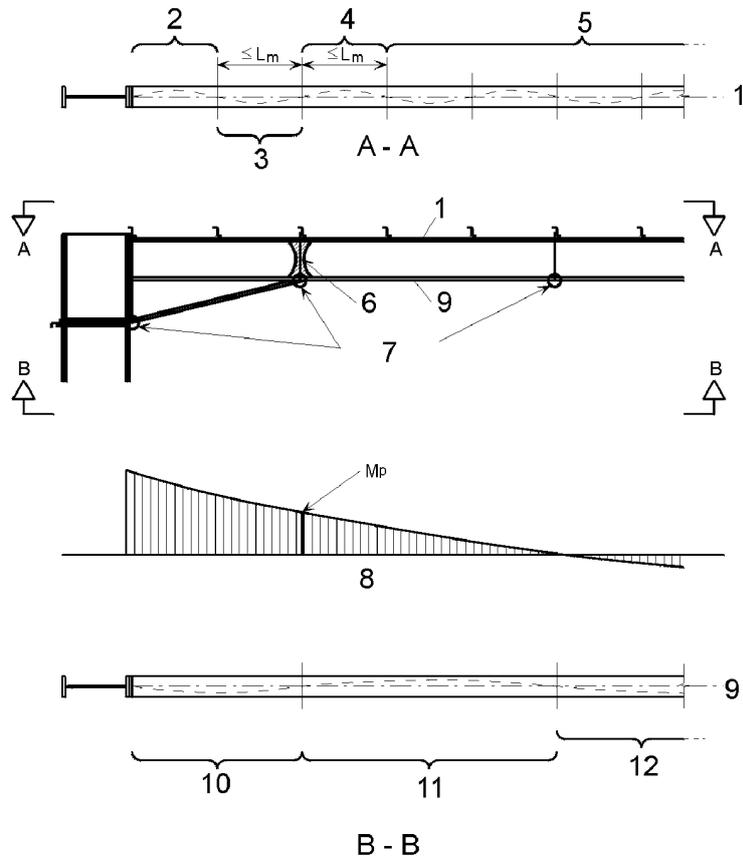
ANMERKUNG Im Allgemeinen ist  $L_s$  größer als  $L_m$ .

**Legende**

- 1 Zugflansch
- 2 stabile Abschnittslänge nach BB.3.1.1
- 3 Nachweis nach 6.3
- 4 Fließgelenk
- 5 Abstützungen
- 6 Verlauf des Biegemomentes
- 7 Druckflansch
- 8 Größtabstand nach BB.3.1.2, Gleichung (BB.7) oder Gleichung (BB.8)
- 9 Nachweis nach 6.3 unter Berücksichtigung von Abstützungen des Zugflansches

**Bild BB.1 — Angaben zu Nachweisen für Bauteile ohne Vouten**

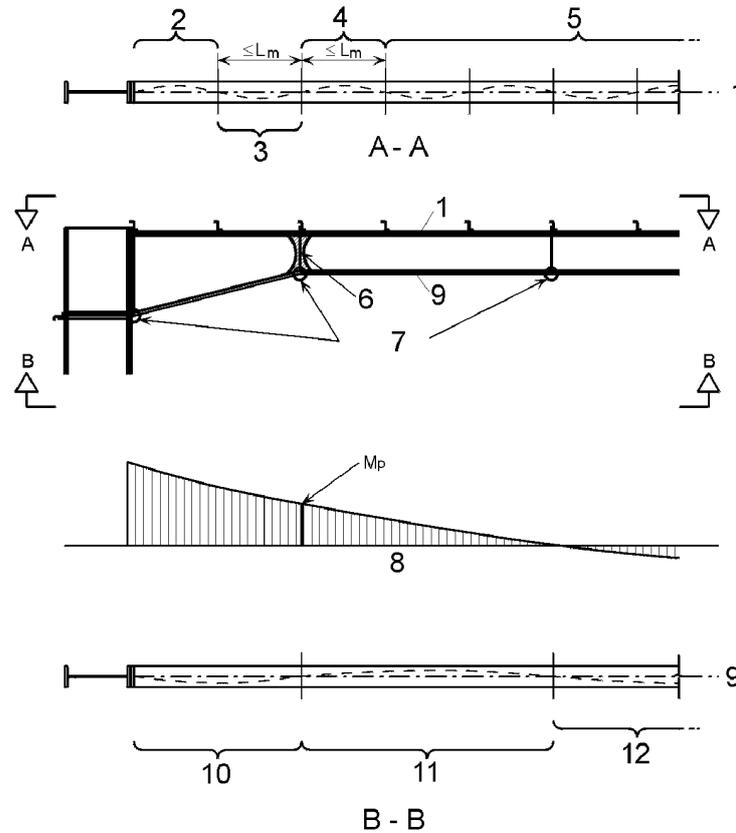
**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**



**Legende**

- 1 Zugflansch
- 2 Nachweis nach 6.3
- 3 Größtabstand nach BB.3.2.1 oder 6.3.5.3(2)B
- 4 Größtabstand nach BB.3.1.1
- 5 Nachweis nach 6.3
- 6 Fließgelenk
- 7 Abstützungen
- 8 Verlauf des Biegemomentes
- 9 Druckflansch
- 10 Größtabstand nach BB.3.2 oder 6.3.5.3(2)B
- 11 Größtabstand nach BB.3.1.2
- 12 Nachweis nach 6.3 unter Berücksichtigung von Abstützungen des Zugflansches

**Bild BB.2 — Angabe zu Nachweisen für Bauteile mit dreiflanschigen Vouten**

**Legende**

- 1 Zugflansch
- 2 Nachweis nach 6.3
- 3 Größtabstand nach BB.3.2.1
- 4 Größtabstand nach BB.3.1.1
- 5 Nachweis nach 6.3
- 6 Fließgelenk
- 7 Abstützungen
- 8 Verlauf des Biegemomentes
- 9 Druckflansch
- 10 Größtabstand nach BB.3.2
- 11 Größtabstand nach BB.3.1.2
- 12 Nachweis nach 6.3 unter Berücksichtigung von Abstützungen des Zugflansches

**Bild BB.3 — Angabe zu Nachweisen für Bauteile mit zweiflansigen Vouten****BB.3.1.2 Größtabstand zwischen Verdrehbehinderungen**

(1)B Biegedrillknicken darf vernachlässigt werden, wenn die Abschnittslänge, gerechnet von einem Fließgelenk bis zur nächsten Verdrehbehinderung bei konstanter Biegemomentenbeanspruchung, nicht größer als  $L_k$  ist:

$$L_k = \frac{\left(5,4 + \frac{600 f_y}{E}\right) \left(\frac{h}{t_f}\right) i_z}{\sqrt{5,4 \left(\frac{f_y}{E}\right) \left(\frac{h}{t_f}\right)^2 - 1}} \quad (\text{BB.6})$$

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

sofern das Bauteil am Fließgelenk entsprechend 6.3.5 gehalten ist und mindestens eine Zwischenabstützung zwischen den Verdrehbehinderungen besteht, die die Abstandsbedingung für  $L_m$  nach BB.3.1.1 erfüllt.

(2)B Biegedrillknicken darf vernachlässigt werden, wenn die Abschnittslänge  $L$  gerechnet von einem Fließgelenk zur nächsten Verdrehbehinderung bei linearem Momentenverlauf und einer Druckkraft nicht größer als  $L_s$  ist:

$$L_s = \sqrt{C_m} L_k \left( \frac{M_{pl,y,Rk}}{M_{N,y,Rk} + a N_{Ed}} \right) \quad (\text{BB.7})$$

sofern das Bauteil am Fließgelenk entsprechend 6.3.5 gehalten ist und mindestens eine Zwischenabstützung zwischen den Verdrehbehinderungen besteht, die die Abstandsbedingung für  $L_m$  nach BB.3.1.1 erfüllt.

Dabei ist

- $C_m$  der Modifikationsfaktor für linearen Momentenverlauf nach BB.3.3.1;
- $a$  der Abstand zwischen der Achse des Bauteils mit Fließgelenk und der Achse der Abstützung der aussteifenden Bauteile;
- $M_{pl,y,Rk}$  der charakteristische Wert der plastischen Biegebeanspruchbarkeit des Querschnitts um die  $y$ - $y$  Achse;
- $M_{N,y,Rk}$  der charakteristische Wert der plastischen Biegebeanspruchbarkeit des Querschnitts um die  $y$ - $y$  Achse unter Berücksichtigung der Abminderung infolge einwirkender Normalkraft  $N_{Ed}$ .

(3)B Biegedrillknicken darf vernachlässigt werden, wenn die Abschnittslänge  $L$ , gerechnet von einem Fließgelenk bis zur nächsten Verdrehbehinderung bei nichtlinearem Momentenverlauf und einer Druckkraft, nicht größer als  $L_s$  ist:

$$L_s = \sqrt{C_n} L_k \quad (\text{BB.8})$$

sofern das Bauteil am Fließgelenk entsprechend 6.3.5 gehalten ist und mindestens eine Zwischenabstützung zwischen den Verdrehbehinderungen besteht, die die Abstandsbedingung für  $L_m$  erfüllt, siehe BB.3.1.1.

Dabei ist

- $C_n$  der Modifikationsfaktor für den nichtlinearen Momentenverlauf nach BB.3.3.2, siehe Bild BB.1, Bild BB.2 und Bild BB.3.

**BB.3.2 Voutenförmige Bauteile, die aus Walzprofilen oder vergleichbaren, geschweißten I-Profilen bestehen**

**BB.3.2.1 Größtabstand zwischen seitlichen Stützungen**

(1)B Biegedrillknicken darf vernachlässigt werden, wenn die Abschnittslänge  $L$ , gerechnet von einem Fließgelenk bis zur nächsten seitlichen Stützung, folgende Grenzwerte nicht überschreitet:

— bei Vouten mit drei Flanschen, siehe Bild BB.2:

$$L_m = \frac{38 i_z}{\sqrt{\frac{1}{57,4} \left( \frac{N_{Ed}}{A} \right) + \frac{1}{756 C_1^2} \left( \frac{W_{pl,y}^2}{AI_T} \right) \left( \frac{f_y}{235} \right)^2}}; \quad (\text{BB.9})$$

— bei Vouten mit zwei Flanschen, siehe Bild BB.3:

$$L_m = 0,85 \frac{38 i_z}{\sqrt{\frac{1}{57,4} \left( \frac{N_{Ed}}{A} \right) + \frac{1}{756 C_1^2} \left( \frac{W_{pl,y}^2}{AI_T} \right) \left( \frac{f_y}{235} \right)^2}}; \quad (\text{BB.10})$$

sofern das Bauteil am Fließgelenk entsprechend 6.3.5 gehalten ist und das Abschnittsende wie folgt gestützt wird:

- entweder durch seitliche Stützung des Druckflansches, wenn ein Flansch über die gesamte Abschnittslänge unter Druck steht;
- oder durch eine Verdrehbehinderung;
- oder eine seitliche Stützung am Abschnittsende und zusätzlich eine Verdrehbehinderung, die der Abstandsbedingung für  $L_s$  genügt.

Dabei ist

$N_{Ed}$  der Bemessungswert der einwirkenden Druckkraft im Bauteil, in N ;

$\frac{W_{pl,y}^2}{AI_T}$  der Größtwert über die Abschnittslänge;

$A$  die Querschnittsfläche des gevouteten Bauteils, in  $\text{mm}^2$ , an der Stelle wo  $\frac{W_{pl,y}}{AI_T}$  maximal wird;

$\boxed{\text{AC}} C_1$  ein von der Belastungssituation und den Lagerungsbedingungen abhängiger Faktor und kann als  $C_1 = k_c^{-2}$  angenommen werden, wobei  $k_c$  der Tabelle 6.6 entnommen werden kann.  $\boxed{\text{AC}}$

$W_{pl,y}$  das plastisches Widerstandsmoment des Bauteils;

$I_T$  das Torsionsträgheitsmoment des Bauteils;

$f_y$  die Streckgrenze, in  $\text{N/mm}^2$ ;

$i_z$  der kleinste Wert des Trägheitsradius über die Abschnittslänge.

### BB.3.2.2 Größtabstand zwischen Verdrehbehinderungen

(1)B Bei gleichförmigen Flanschen und linearem oder nichtlinearem Momentenverlauf und Druckbelastung darf Biegedrillknicken vernachlässigt werden, wenn die Abschnittslänge  $L$  gerechnet von einem Fließgelenk zur nächsten Verdrehbehinderung folgende Grenzwerte nicht überschreitet:

— bei Vouten mit drei Flanschen, siehe Bild BB.2:

$$L_s = \frac{\sqrt{C_n} L_k}{c}; \quad (\text{BB.11})$$

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**

— bei Vouten mit zwei Flanschen, siehe Bild BB.3:

$$L_s = 0,85 \frac{\sqrt{C_n} L_k}{c}; \quad (\text{BB.12})$$

sofern das Bauteil am Fließgelenk entsprechend 6.3.5 gehalten ist und zwischen dem Fließgelenk und der Verdrehbehinderung mindestens eine seitliche Stützung angeordnet wird, die die Abstandsbedingung für  $L_m$  erfüllt, siehe BB.3.2.1.

Dabei ist

$L_k$  der Größtstabstand, der für ein gleichförmiges Bauteil mit dem Querschnitt am Schnitt mit der niedrigsten Bauhöhe bestimmt wird, siehe BB.3.1.2;

$C_n$  siehe BB.3.3.2;

$c$  der Voutenfaktor nach BB.3.3.3.

### BB.3.3 Modifikationsfaktor für den Momentenverlauf

#### BB.3.3.1 Linearer Momentenverlauf

(1)B Der Modifikationsfaktor  $C_m$  kann wie folgt bestimmt werden:

$$C_m = \frac{1}{B_0 + B_1 \beta_t + B_2 \beta_t^2} \quad (\text{BB.13})$$

Dabei ist

$$B_0 = \frac{1+10\eta}{1+20\eta};$$

$$B_1 = \frac{5\sqrt{\eta}}{\pi+10\sqrt{\eta}};$$

$$B_2 = \frac{0,5}{1+\pi\sqrt{\eta}} - \frac{0,5}{1+20\eta};$$

$$\eta = \frac{N_{\text{crE}}}{N_{\text{crT}}};$$

$$N_{\text{crE}} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_t^2};$$

$L_t$  der Abstand zwischen den Verdrehbehinderungen;

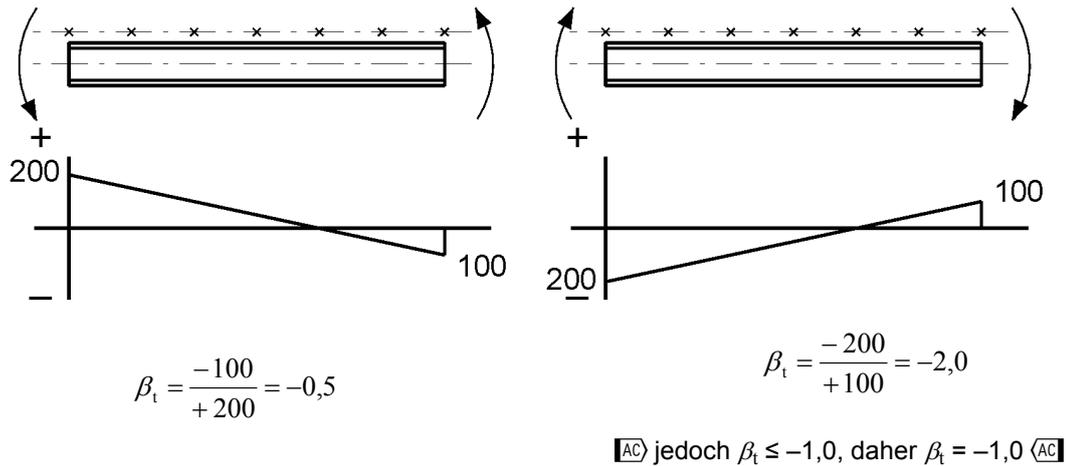
$$N_{\text{crT}} = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EI_z a^2}{L_t^2} + \frac{\pi^2 EI_w}{L_t^2} + GI_T \right) \text{ die ideale Verzweigungslast für Torsion des I-Querschnittes mit}$$

Verdrehbehinderungen im Abstand  $L_t$  und Zwischenstützung des Zugflansches.

$$i_s^2 = i_y^2 + i_z^2 + a^2$$

Dabei ist

- $a$  der Abstand zwischen der Bauteilachse und den Achsen der stützenden Bauteile, wie z. B. der Pfetten, die den Rahmenriegel abstützen;
- $\beta_t$  das Verhältnis des kleinsten zum größten Endmoment. Momente, die im nicht gestützten Flansch Druck erzeugen, sollten positiv angesetzt werden. Bei  $\beta_t < -1,0$  sollte  $\beta_t = -1,0$  angesetzt werden, siehe Bild BB.4.



**Bild BB.4 — Bestimmung von  $\beta_t$**

### BB.3.3.2 Nichtlinearer Momentenverlauf

(1)B Der Modifikationsfaktor  $C_n$  kann wie folgt bestimmt werden:

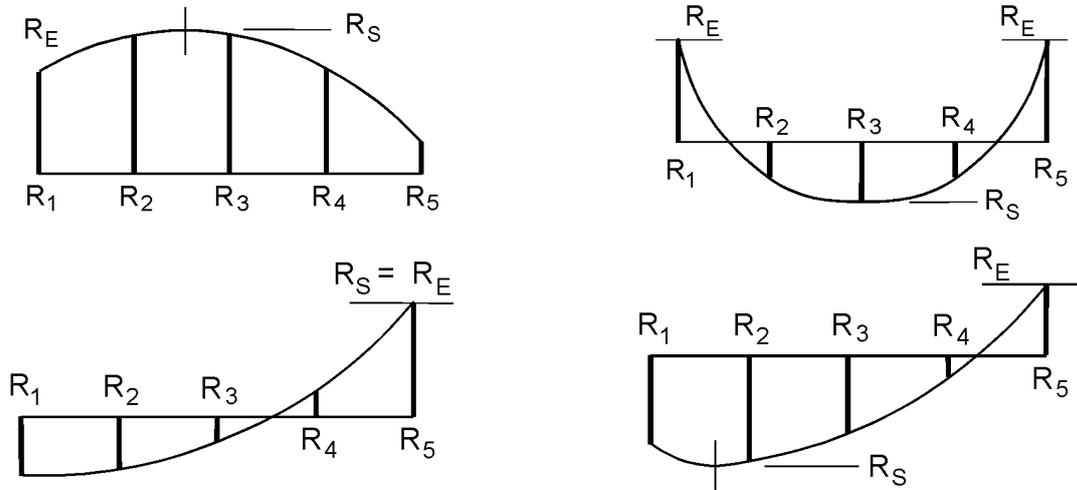
$$C_n = \frac{12}{[R_1 + 3R_2 + 4R_3 + 3R_4 + R_5 + 2(R_S - R_E)]} \quad (\text{BB.14})$$

Dabei sind die  $R$ -Werte  $R_1$  bis  $R_5$  nach (2)B und Bild BB.5 zu bestimmen. Es sind nur jene  $R$ -Werte einzubeziehen, die positiv sind.

Es sind auch nur positive Werte von  $(R_S - R_E)$  einzusetzen, wobei

- $R_E$  der größere Wert von  $R_1$  und  $R_5$  und
- $R_S$  der Maximalwert von  $R$  an einer beliebigen Stelle der Länge  $L_y$  ist.

**DIN EN 1993-1-1:2010-12**  
**EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 (D)**



**Bild BB.5 —  $\boxed{AC}$  Momentenwerte  $\boxed{AC}$**

(2)B Der  $R$ -Wert sollte wie folgt berechnet werden:

$$R = \frac{M_{y,Ed} + a N_{Ed}}{f_y W_{pl,y}} \quad (\text{BB.15})$$

Dabei ist  $a$  der Abstand zwischen der Achse des Bauteils und der Achse der abstützenden Bauteile, wie z. B. der Pfetten, die den Rahmenriegel abstützen.

### BB.3.3.3 Voutenfaktor

(1)B Für Vouten mit gleichförmigen Flanschen und  $h \geq 1,2b$  sowie  $h/t_f \geq 20$  sollte der Voutenfaktor  $c$  wie folgt bestimmt werden:

— bei Bauteilen veränderlicher Höhe nach Bild BB.6(a):

$$c = 1 + \frac{3}{\left(\frac{h}{t_f} - 9\right)} \left(\frac{h_{\max}}{h_{\min}} - 1\right)^{2/3}; \quad (\text{BB.16})$$

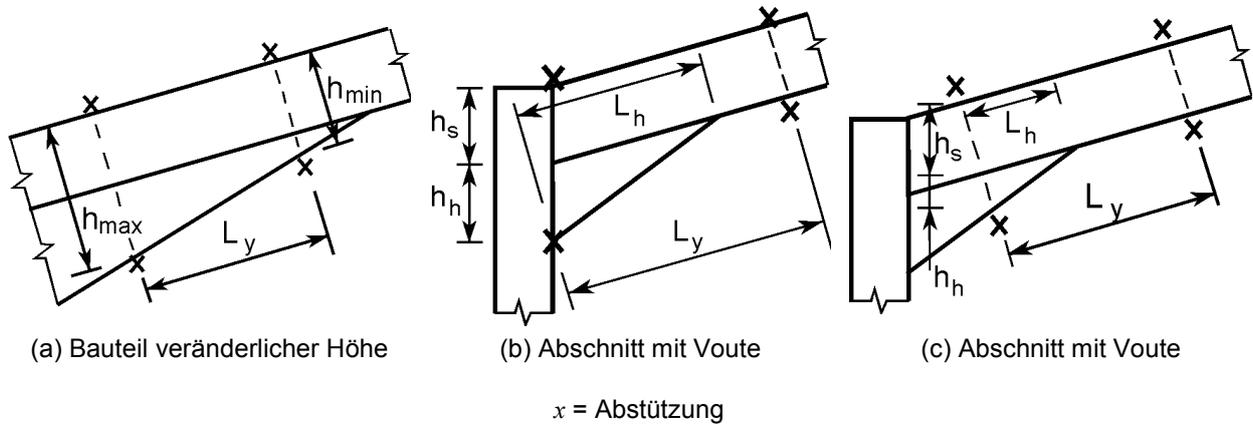
— bei Vouten nach Bild BB.6(b) und Bild BB.6(c):

$$c = 1 + \frac{3}{\left(\frac{h}{t_f} - 9\right)} \left(\frac{h_h}{h_s}\right)^{2/3} \sqrt{\frac{L_h}{L_y}}. \quad (\text{BB.17})$$

Dabei ist

- $h_h$  die zusätzliche Höhe infolge der Voute, siehe Bild BB.6;
- $h_{\max}$  die maximale Querschnittshöhe innerhalb der Länge  $L_y$ , siehe Bild BB.6;
- $h_{\min}$  die minimale Querschnittshöhe innerhalb der Länge  $L_y$ , siehe Bild BB.6;
- $h_s$  die Höhe des gleichförmigen Grundprofils, siehe Bild BB.6;
- $L_h$  die Länge der Voute innerhalb der Länge  $L_y$ , siehe Bild BB.6;
- $L_y$  die Länge zwischen den Abstützungen des Druckflansches.

$(h/t_f)$  wird an der Stelle mit der geringsten Querschnittshöhe bestimmt.



**Bild BB.6 — Abmessungen zur Bestimmung des Voutenfaktors  $c$**



**DIN EN 1993-1-1/NA**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatzvermerk  
siehe unten

**Nationaler Anhang –  
National festgelegte Parameter –  
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –  
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau**

National Annex –  
Nationally determined parameters –  
Eurocode 3: Design of steel structures –  
Part 1-1: General rules and rules for buildings

Annexe Nationale –  
Paramètres déterminés au plan national –  
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –  
Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments

**Ersatzvermerk**

Mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-3:2010-12, DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-5:2010-12, DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-8:2010-12, DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-9:2010-12, DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-10:2010-12, DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-11:2010-12 und DIN EN 1993-1-11/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18800-1:2008-11;  
mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-8:2010-12, DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-9:2010-12, DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-10:2010-12 und DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12 Ersatz für DIN V ENV 1993-1-1:1993-04, DIN V ENV 1993-1-1/A1:2002-05 und DIN V ENV 1993-1-1/A2:2002-05;  
mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-3:2010-12, DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-5:2010-12 und DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18800-2:2008-11;  
mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-8:2010-12, DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-11:2010-12 und DIN EN 1993-1-11/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18801:1983-09;  
mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-8:2010-12 und DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18808:1984-10

Gesamtumfang 12 Seiten

**DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12****Vorwort**

Dieses Dokument wurde vom NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1993-1-1:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*.

Die Europäische Norm EN 1993-1-1 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: *Nationally determined parameters*, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1. Darüber hinaus enthält dieser nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-1:2010-12 (en: *non-contradictory complementary information*, NCI).

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1993-1-1:2010-12.

DIN EN 1993-1-1:2010-12 und dieser Nationale Anhang DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12 ersetzen:

- zusammen mit DIN EN 1993-1-3, DIN EN 1993-1-3/NA, DIN EN 1993-1-5, DIN EN 1993-1-5/NA, DIN EN 1993-1-8, DIN EN 1993-1-8/NA, DIN EN 1993-1-9, DIN EN 1993-1-9/NA, DIN EN 1993-1-10, DIN EN 1993-1-10/NA, DIN EN 1993-1-11 und DIN EN 1993-1-11/NA die nationale Norm DIN 18800-1:2008-11;
- zusammen mit DIN EN 1993-1-3, DIN EN 1993-1-3/NA, DIN EN 1993-1-5 und DIN EN 1993-1-5/NA die nationale Norm DIN 18800-2:2008-11;
- zusammen mit DIN EN 1993-1-11 und DIN EN 1993-1-11/NA die nationale Norm DIN 18801:1993-09;
- zusammen mit DIN EN 1993-1-8 und DIN EN 1993-1-8/NA die nationale Norm DIN 18808:1984-10.

**Änderungen**

Gegenüber DIN 18800-1:2008-11, DIN 18800-2:2008-11, DIN 18801:1983-09, DIN 18808:1984-10, DIN V ENV 1993-1-1:1993-04, DIN V ENV 1993-1-1/A1:2002-05 und DIN V ENV 1993-1-1/A2:2002-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) nationale Festlegungen zu DIN EN 1993-1-1:2010-12 aufgenommen.

**Frühere Ausgaben**

DIN 1050: 1934-08, 1937xxxx-07, 1946-10, 1957x-12, 1968-06  
 DIN 1073: 1928-04, 1931-09, 1941-01, 1974-07  
 DIN 1079: 1938-01, 1938-11, 1970-09  
 DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934xxxx-08, 1956-12, 1968-12  
 DIN 4101: 1937xxx-07, 1974-07  
 Beiblatt zu DIN 1073: 1974-07  
 DIN 18800-1: 1981-03, 1990-11, 2008-11  
 DIN 18800-1/A1: 1996-02  
 DIN 4114-1: 1952xx-07  
 DIN 4114-2: 1952-07, 1953-02  
 DIN 18800-2: 1990-11, 2008-11  
 DIN 18800-2/A1: 1996-02  
 DIN 18801: 1983-09  
 DIN 18808: 1984-10  
 DIN V ENV 1993-1-1: 1993-04  
 DIN V ENV 1993-1-1/A1: 2002-05  
 DIN V ENV 1993-1-1/A2: 2002-05

**NA 1 Anwendungsbereich**

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Bauwerken aus Stahl, die bei der Anwendung von DIN EN 1993-1-1:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1993-1-1:2010-12.

**NA 2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-1:2010-12****NA 2.1 Allgemeines**

DIN EN 1993-1-1:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP, en: *Nationally determined parameters*).

— 2.3.1(1)	— 6.1(1)
— 3.1(2)	— 6.3.2.2(2)
— 3.2.1(1)	— 6.3.2.3(1)
— 3.2.2(1)	— 6.3.2.3(2)
— 3.2.3(1)P	— 6.3.2.4(1)B
— 3.2.3(3)B	— 6.3.2.4(2)B
— 3.2.4(1)	— 6.3.3(5)
— 5.2.1(3)	— 6.3.4(1)
— 5.2.2(8)	— 7.2.1(1)B
— 5.3.2(3)	— 7.2.2(1)B
— 5.3.2(11)	— 7.2.3(1)B
— 5.3.4(3)	— BB.1.3.(3)B
— 6.1(1)	

Darüber hinaus enthält NA 2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-1:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ (en: *non-contradictory complementary information*) gekennzeichnet.

- 1.1.1(3)
- 5.1.1
- 6.3.1.1(1)
- 6.3.2.3(2)
- BB.2.2
- Literaturhinweise

## **DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12**

### **NA 2.2 Nationale Festlegungen**

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1993-1-1:2010-12.

#### **NCI zu 1.1.1(3)**

DIN 1055 — Teile 1 bis 10, *Einwirkungen auf Tragwerke*

DIN EN 1990:2010-12, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002*

DIN EN 1991 (alle Teile), *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

DIN EN 1993-1-1:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005*

DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*

DIN EN 1993-1-12: *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlsorten bis S 700*

DIN EN 10025 — Teile 2 bis 6, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*

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

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

#### **NDP zu 2.3.1(1) Anmerkung 1:**

Bis zur bauaufsichtlichen Einführung der Teile von DIN EN 1991 gelten DIN 1055-1 bis DIN 1055-10, die in Verbindung mit dieser Norm angewendet werden dürfen.

#### **NDP zu 3.1(2) Anmerkung**

Die Anwendung der DIN EN 1993-1-1 ist auf Stahlsorten und Stahlprodukte nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, Tabelle 3.1 beschränkt. Die Anwendung weiterer Stahlsorten ist in DIN EN 1993-1-12 geregelt.

Andere als die oben genannten Stahlsorten dürfen nur verwendet werden, wenn

- die chemische Zusammensetzung, die mechanischen Eigenschaften und die Schweißseignung in den Lieferbedingungen des Stahlherstellers festgelegt sind und diese Eigenschaften einer der oben genannten Stahlsorten zugeordnet werden können, oder
- sie in Fachnormen vollständig beschrieben und hinsichtlich ihrer Verwendung geregelt sind, oder
- ihre Verwendbarkeit durch einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis (z. B. allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall) nachgewiesen worden ist.

#### **NDP zu 3.2.1(1) Anmerkung**

Die Werte für  $f_y$  und  $f_u$  dürfen sowohl den entsprechenden Produktnormen (DIN EN 10025-2 bis DIN EN 10025-6, DIN EN 10210-1 und DIN EN 10219-1) als auch DIN EN 1993-1-1:2010-12, Tabelle 3.1 entnommen werden.

**NDP zu 3.2.2(1) Anmerkung**

Es gelten die Empfehlungen.

**NDP zu 3.2.3(1)P Anmerkung**

Die für die Bemessung anzunehmenden niedrigsten Betriebstemperaturen sind in DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12, Anhang A angegeben.

**NDP zu 3.2.3(3)B Anmerkung B**

Es gilt die Empfehlung.

**NDP zu 3.2.4(1) Anmerkung 3B**

Es gilt die Empfehlung.

**NCI zu 5.1.1 Grundlegende Annahmen**

Wenn für einen Nachweis eine Erhöhung der Streckgrenze zu einer Erhöhung der Beanspruchung führt, die nicht gleichzeitig zu einer proportionalen Erhöhung der zugeordneten Beanspruchbarkeit führt, ist für die Streckgrenze auch ein oberer Grenzwert

$$f_y^{\text{oben}} = 1,3 f_y \quad (\text{NA.1})$$

anzunehmen. Bei durch- oder gegengeschweißten Nähten kann die Erhöhung der Beanspruchbarkeit unterstellt werden.

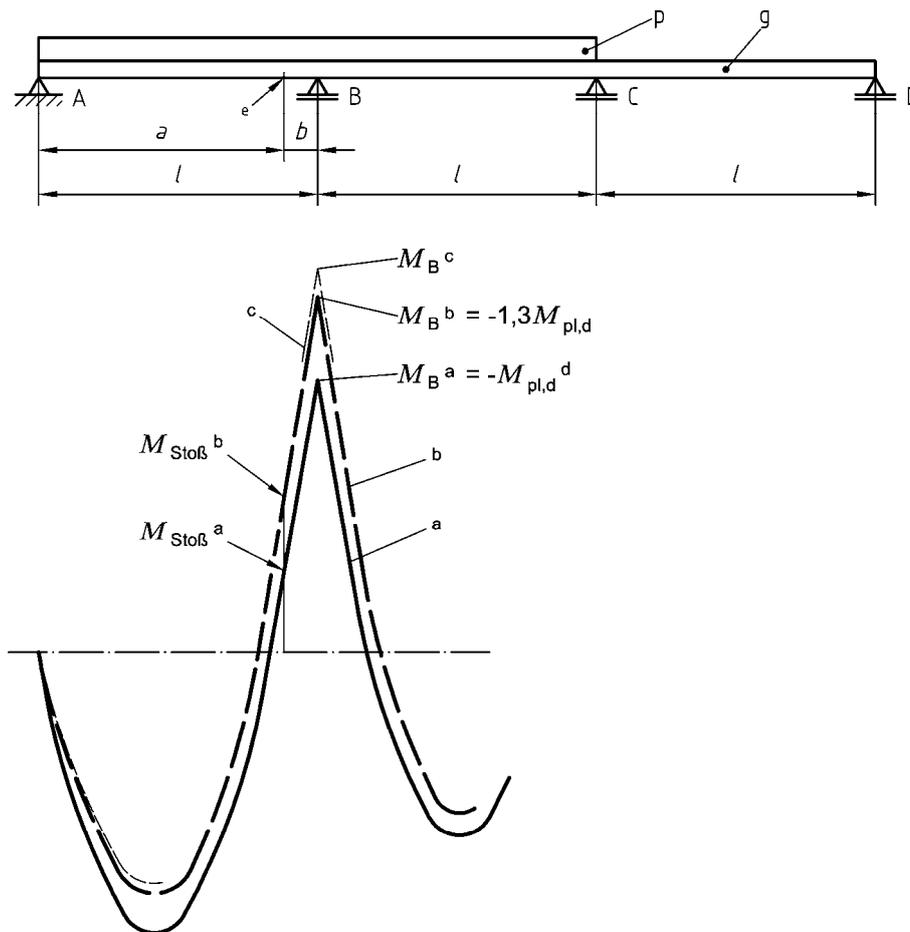
Bei üblichen Tragwerken darf die Erhöhung von Auflagerkräften infolge der Annahme des oberen Grenzwertes der Streckgrenze unberücksichtigt bleiben.

Auf die Berücksichtigung des oberen Grenzwertes der Streckgrenze darf verzichtet werden, wenn für die Beanspruchungen aller Verbindungen die 1,2fachen Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand der durch sie verbundenen Teile angesetzt werden und die Stäbe konstanten Querschnitt über die Stablänge haben.

ANMERKUNG 1 Beim Zweifeldträger mit über die Länge konstantem Querschnitt unter konstanter Gleichlast erhöht sich die Auflagerkraft an der Innenstütze vom Grenzzustand nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch infolge der Annahme des oberen Grenzwertes der Streckgrenze nur um rund 4 %.

ANMERKUNG 2 Bei Anwendung der Fließgelenktheorie werden in den Fließgelenken die Schnittgrößen auf die Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand begrenzt. Nimmt die Streckgrenze in der Umgebung eines Fließgelenkes einen höheren Wert an als die Grenznormalspannung  $\sigma_{Rd}$  (dieser Wert ist ein unterer Grenzwert), dann wird die am Fließgelenk auftretende Schnittgröße (Beanspruchung) größer als die untere Grenzschnittgröße. Für den Stab selbst bedeutet dies keine Gefährdung, da ja auch die Beanspruchbarkeit im selben Maße zunimmt. Für Verbindungen, die sich nicht durch Verformung der zunehmenden Beanspruchung entziehen können, kann die Berücksichtigung der oberen Grenzwerte der Streckgrenzen bemessungsbestimmend werden. Dies ist bei Verbindungen ohne ausreichende Rotationskapazität möglich.

## DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12



## Legende

- a Beanspruchung für Streckgrenze  $= f_y$  (unterer Grenzwert)
- b Beanspruchung für Streckgrenze  $f_y^{(oben)}$  (oberer Grenzwert)
- c Beanspruchung bei Berechnung nach der Elastizitätstheorie
- d unter Berücksichtigung der gleichzeitig wirkenden Querkraft
- e Stoß

ANMERKUNG Wenn  $|M_B^c| < 1,3 \cdot M_{pl}$  wird Fall c maßgebend.

**Bild NA.1 — Beispiel zur Berücksichtigung des oberen Grenzwertes der Streckgrenze**

**NDP zu 5.2.1(3) Anmerkung**

Kleinere  $\alpha_{cr}$ -Werte für bestimmte Rahmentragwerke sind nicht zulässig.

**NDP zu 5.2.2(8) Anmerkung**

Stabilitätsnachweise dürfen nach dem Ersatzstabverfahren nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, 6.3 geführt werden, wenn die Konsequenzen für die Anschlüsse und die angeschlossenen Bauteile berücksichtigt werden. Typische Konsequenzen sind:

- a) Bei der Bemessung von biegesteifen Verbindungen ist statt des vorhandenen Biegemomentes  $M_{Ed}$  das vollplastische Moment  $M_{pl,Rd}$  zu berücksichtigen, sofern kein genauere Nachweis geführt wird.
- b) Bei verschieblichen Systemen mit angeschlossenen Pendelstützen muss eine zusätzliche Ersatzbelastung  $V_0$  entsprechend der nachfolgenden Gleichung zur Berücksichtigung der Vorverdrehungen der Pendelstützen bei der Ermittlung der Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung angesetzt werden:

$$V_0 = \sum (P_i \phi) \quad (\text{NA.2})$$

mit

$P_i$  Normalkraft der Pendelstütze  $i$

$\phi$  nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, 5.3.2(3) a)

**NDP zu 5.3.2(3) Anmerkung**

Die Empfehlungen dürfen angewendet werden. Falls die Ermittlung der Schnittgrößen des Gesamtsystems nach der Elastizitätstheorie erfolgt und ein Querschnittsnachweis mit einer linearen Querschnittsinteraktion geführt wird, dürfen auch die Werte nach Tabelle NA.1 verwendet werden.

**Tabelle NA.1 —Vorkrümmung  $e_0/L$  von Bauteilen**

Knicklinie nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, Tabelle 6.1	elastische Querschnitts- ausnutzung	plastische Querschnitts- ausnutzung
	$e_0/L$	$e_0/L$
a <sub>0</sub>	1 / 900	wie bei elastischer Querschnitts- ausnutzung, jedoch $\frac{M_{pl,k}}{M_{el,k}}$ -fach
a	1 / 550	
b	1 / 350	
c	1 / 250	
d	1 / 150	

Die angegebenen Bemessungswerte der Vorkrümmung  $e_0/L$  dürfen die zulässigen Toleranzen der Produktnormen nicht unterschreiten.

**DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12****NDP zu 5.3.2(11) Anmerkung 2**

Das allgemeine Verfahren zur Ermittlung der maßgebenden Eigenfigur und deren maximale Amplitude der geometrischen Ersatzimperfection darf angewendet werden. Falls unter Verwendung der nach Gleichung (5.9) ermittelten Imperfektionen die Ermittlung der Schnittgrößen des Gesamtsystems nach der Elastizitätstheorie erfolgt und ein Querschnittsnachweis unter Berücksichtigung der plastischen Tragfähigkeit geführt wird, dann muss der Querschnittsnachweis mit einer linearen Querschnittsinteraktion erfolgen.

**NDP zu 5.3.4(3) Anmerkung**

Die Imperfektion ist anstelle von  $(k \cdot e_0)$  mit den Werten der Tabelle NA.2 anzunehmen.

**Tabelle NA.2 — Äquivalente Vorkrümmungen  $e_0$** 

Querschnitt	Abmessungen	Elastische Querschnittsausnutzung $e_0 / L$	Plastische Querschnittsausnutzung $e_0 / L$
gewalzte I-Profile	$h/b \leq 2,0$	1/500	1/400
	$h/b > 2,0$	1/400	1/300
geschweißte I-Profile	$h/b \leq 2,0$	1/400	1/300
	$h/b > 2,0$	1/300	1/200

Diese Werte sind im Bereich  $0,7 \leq \bar{\lambda}_{LT} \leq 1,3$  zu verdoppeln.

**NDP zu 6.1(1) Anmerkung 1**

Es gilt die Empfehlung.

**NDP zu 6.1(1) Anmerkung 2B**

Die Teilsicherheitswerte  $\gamma_{Mi}$  für Hochbauten sind wie folgt festgelegt:

- $\gamma_{M0} = 1,0$ ;
- $\gamma_{M1} = 1,1$ ;
- $\gamma_{M2} = 1,25$ .

Bei Stabilitätsnachweisen in Form von Querschnittsnachweisen mit Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung (siehe 5.2) ist bei der Ermittlung der Beanspruchbarkeit von Querschnitten statt  $\gamma_{M0}$  der Wert  $\gamma_{M1} = 1,1$  anzusetzen.

Die Teilsicherheitswerte  $\gamma_{Mi}$  sind für außergewöhnliche Bemessungssituationen wie folgt festgelegt:

- $\gamma_{M0} = 1,0$ ;
- $\gamma_{M1} = 1,0$ ;
- $\gamma_{M2} = 1,15$ .

**NCI zu 6.3.1.1(1)**

Für den Nachweis des Biegeknickens darf Gleichung (6.46) auch bei Stäben mit veränderlichen Querschnitten und/oder veränderlichen Normalkräften  $N_{Ed}$  angewendet werden. Der Nachweis ist für alle maßgebenden Querschnitte mit den jeweils zugehörigen Querschnittswerten und der zugehörigen Normalkraft  $N_{cr}$  an der betreffenden Stelle zu führen.

**NDP zu 6.3.2.2(2) Anmerkung 1**

Es gilt die Empfehlung, einschließlich der Tabellen 6.3 und 6.4. Der in DIN EN 1993-1-1:2010-12, 6.3.2.3(2) angegebene Faktor  $f$  darf auch zur Modifizierung von  $\chi_{LT}$  nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, 6.3.2.2(1) angewendet werden.

Anstelle der Beiwerte  $\alpha_{LT}$  dürfen alternativ die folgenden Imperfektionsbeiwerte  $\alpha_{LT}^*$  in Gleichung (6.56) verwendet werden:

$$\alpha_{LT}^* = \frac{\alpha_{crit}^*}{\alpha_{crit}} \alpha \quad (\text{NA.3})$$

Dabei ist

- $\alpha$  der Imperfektionsbeiwert für Ausweichen rechtwinklig zur z-z-Achse nach Tabelle 6.2;
- $\alpha_{crit}^*$  der kleinste Vergrößerungsfaktor für die Bemessungswerte der Belastung, mit dem die ideale Verzweigungslast mit Verformungen aus der Haupttragwerksebene erreicht und die Torsionssteifigkeit vernachlässigt wird;
- $\alpha_{crit}$  der kleinste Vergrößerungsfaktor für die Bemessungswerte der Belastung, mit dem die ideale Verzweigungslast mit Verformungen aus der Haupttragwerksebene unter Berücksichtigung der Torsionssteifigkeit erreicht wird;
- $\alpha_{LT}$  Imperfektionsbeiwert für Biegedrillknicken nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, Tabelle 6.3.

**NDP zu 6.3.2.3(1) Anmerkung**

Es gilt die Empfehlung, einschließlich Tabelle 6.5.

**NCI zu 6.3.2.3(2) Tabelle 6.6**

Der Korrekturbeiwert  $k_c$  darf auch nach Gleichung (NA.4) bestimmt werden.

$$k_c = \sqrt{\frac{1}{C_1}} \quad (\text{NA.4})$$

mit  $C_1$  Momentenbeiwert für das Biegedrillknicken, z. B. nach [2] oder [3]

**NDP zu 6.3.2.3(2) Anmerkung**

Es gilt die Empfehlung, einschließlich Tabelle 6.6.

**DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12****NDP zu 6.3.2.4(1)B Anmerkung 2B**

Es gilt die Empfehlung.

**NDP zu 6.3.2.4(2)B Anmerkung B**

Es gilt die Empfehlung.

**NDP zu 6.3.3(5) Anmerkung 2**

Es dürfen die Interaktionsfaktoren sowohl nach dem Alternativverfahren 1 (DIN EN 1993-1-1:2010-12, Anhang A) als auch nach dem Alternativverfahren 2 (DIN EN 1993-1-1:2010-12, Anhang B) verwendet werden.

**NDP zu 6.3.4(1) Anmerkung:**

Das Verfahren gilt für Bauteile und Tragwerke die auf Biegung in Tragwerksebene und/oder Druck beansprucht werden. Als Querschnitte sind nur I-Profile zugelassen. Bei der Bestimmung von  $\alpha_{ult,k}$  ist der zur Bildung des ersten Fließgelenkes gehörende Wert zu verwenden. <sup>NA.1)</sup> Die Wahl der Knicklinie geht aus Tabelle NA.3 hervor.

**Tabelle NA.3 — Wahl der Knicklinie**

Knicken ohne Biegedrillknicken	Zuordnung der entsprechenden Knicklinie nach DIN EN 1993-1-1:2010 -12, Tabelle 6.2
Biegedrillknicken	Zuordnung der entsprechenden Knicklinie für das Biegedrillknicken nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, Tabelle 6.4

Der Wert  $\chi$  nach 6.3.1 ist für  $\chi_{op}$  dann zu verwenden, wenn die Beanspruchung ausschließlich aus Normalkräften besteht, der Wert  $\chi_{LT}$  nach 6.3.2.2 ist für  $\chi_{op}$  zu verwenden, wenn die Beanspruchung ausschließlich aus Biegemomenten besteht. Bei gemischter Beanspruchung ist der kleinere der beiden Werte  $\chi$  oder  $\chi_{LT}$  für  $\chi_{op}$  zu verwenden.

**NDP zu 7.2.1(1)B Anmerkung B**

Für den Hochbau sind die Grenzwerte der vertikalen Durchbiegung nach DIN EN 1990:2010-12, A.1.4, Bild A.1.1 den Herstellerangaben zu entnehmen oder mit dem Auftraggeber abzustimmen.

**NDP zu 7.2.2(1)B Anmerkung B**

Für den Hochbau sind die Grenzwerte der horizontalen Verformung nach DIN EN 1990:2010-12, A.1.4, Bild A.1.2 den Herstellerangaben zu entnehmen oder mit dem Auftraggeber abzustimmen.

---

NA.1) Für Tragwerke mit voutenförmigen Bauteilen ist die ideale Verzweigungslast für die vorhandene Geometrie zu ermitteln. Dies kann mit adäquaten numerischen Methoden erfolgen (z. B. FEM Modellierung mit Schalenelementen). Eine Abstufung mit Stabelementen führt in der Regel nicht zu richtigen Ergebnissen.

**NDP zu 7.2.3(1)B Anmerkung B**

Für den Hochbau sind mit Bezug auf DIN EN 1990:2010-12, A.1.4.4, Vibrationen in Tragwerken zu begrenzen. Die Grenzwerte sind für jedes Projekt individuell festzulegen und mit dem Auftraggeber abzustimmen.

**NDP zu BB.1.3(3)B Anmerkung**

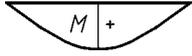
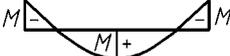
Für den Hochbau dürfen die Hinweise zu Knicklängen von Hohlprofilstäben in Fachwerkträgern in [1] verwendet werden.

Falls für die Streben ein Knicklängenfaktor von 0,75 oder niedriger verwendet wird, dann darf in derselben Einwirkungskombination die Knicklänge für die Gurtstäbe nicht reduziert werden.

**NCI zu BB.2.2**

Die Tabelle BB.1 ist durch die folgende neue Tabelle BB.1 zu ersetzen:

**Tabelle BB.1 — Faktor  $K_9$  zur Berücksichtigung des Momentenverlaufs und der Art der Lagerung in Abhängigkeit von der Biegedrillknicklinie nach Tabelle 6.5 (Gl. (6.57))**

Zeile	Momentenverlauf	freie Drehachse			gebundene Drehachse		
		b	c	d	b	c	d
1		6,8	10,0	14,2	0	0	0
2		4,8	7,3	10,9	0,030	0,041	0,067
3		4,2	6,4	9,7	0,032	0,044	0,072
4		2,8	4,4	7,1	0	0	0
5		0,89	1,4	2,6	0,38	0,60	1,1
6	$\psi \leq -0,3$ 	0,47	0,75	1,4	0,23	0,36	0,65



**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:2009Eurocode 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

## DIN EN 1993-1-2:2010-12

### 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 AC AC 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

EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE

**EN 1993-1-2**

April 2005

**+AC**

März 2009

ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für ENV 1993-1-2:1995

## 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**

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

## Inhalt

Seite

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

	Seite
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
<b>Anhang A (normativ) Verfestigung von Kohlenstoffstahl unter erhöhter Temperatur .....</b>	<b>48</b>
<b>Anhang B (normativ) Wärmeübertragung auf außen liegende Stahlbauteile.....</b>	<b>50</b>
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 beflammete 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 beflammteter 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 beflammete Stützen .....	62
B.5 Vollständig oder teilweise beflammete Träger .....	65
B.5.1 Wärmeübertragung durch Strahlung .....	65
B.5.2 Emissionswert der Flamme .....	68
B.5.3 Absorptionswert der Flamme.....	68
<b>Anhang C (informativ) Nichtrostender Stahl.....</b>	<b>70</b>
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
<b>Anhang D (informativ) Verbindungen .....</b>	<b>80</b>
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
<b>Anhang E (informativ) Klasse 4 Querschnitte.....</b>	<b>84</b>
E.1 Erweiterte Berechnungsmodelle .....	84
E.2 Einfache Berechnungsverfahren .....	84

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

## **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 Vereinbarung<sup>1)</sup> 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 Grundlagendokumenten<sup>2)</sup>, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen<sup>3)</sup>. 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.

## **DIN EN 1993-1-2:2010-12 EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

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 Tragwerksplanung<sup>4)</sup> 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 Zeitraum 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“<sup>4)</sup> 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.

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

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:

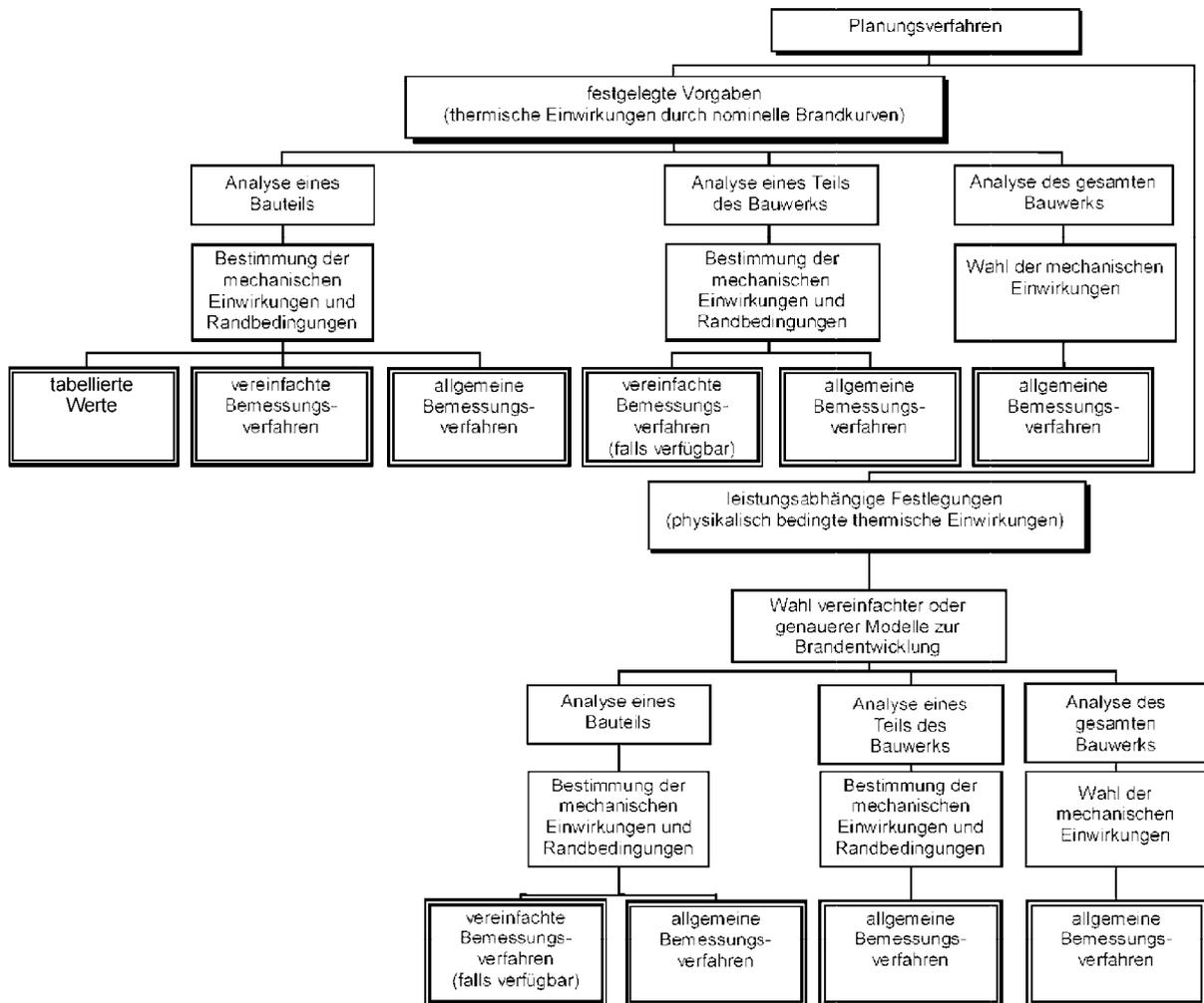
2.3 (1)

2.3 (2)

4.1 (2)

4.2.3.6 (1)

4.2.4 (2)



**Bild 0.1 — Bemessungsverfahren**

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

## **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*

**AC** gestrichener Text **AC**

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*

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

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 Oberflächentemperatur

#### **1.5.4.3**

##### **Emissivität [en: emissivity]**

entspricht der Absorbitivität 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**

##### **Profilmfaktor [en: section factor]**

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

#### **1.5.4.6**

##### **Profilmfaktor des das Profil umschließenden Kastens [en: box value of section factor]**

Verhältnis zwischen der beflamnten 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

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

## 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  $\theta_i$ ;
- $A_m$  Bauteiloberfläche bezogen auf die Einheitslänge;
- $A_m / V$  Profilmassfaktor des ungeschützten Stahlbauteils;
- $C_i$  Schutzbeiwert der Bauteilseite  $i$ ;
- $A_p$  entsprechende Oberfläche des Brandschutzmaterials bezogen auf die Einheitslänge [ $\text{AC}$ ]  $\text{m}^2/\text{m}$  [ $\text{AC}$ ];
- $E_a$  Elastizitätsmodul bei Normaltemperatur;
- $E_{a,\theta}$  Steigung im linear-elastischen Bereich von Stahl unter erhöhter Temperatur  $\theta_a$ ;
- $E_{fi,d}$  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  $\theta_a$ , die der gleichmäßigen Temperatur  $\theta_a$  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;
- $N_{fi,0,Rd}$  Bemessungswert der Tragfähigkeit eines auf Zug beanspruchten Bauteils mit gleichmäßiger Temperatur  $\theta_a$ ;
- $N_{fi,t,Rd}$  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 Trägeroberkante;
- $V$  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  $\theta_a$ ;

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

- $f_y$  Fließgrenze bei 20 °C;
- $f_{y,\theta}$  effektive Fließgrenze von Stahl bei erhöhter Temperatur  $\theta_a$ ;
- $f_{y,i}$  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;
- $\dot{h}_{net,d}$  Bemessungswert des Netto-Wärmestroms bezogen auf die Fläche;
- $h_z$  Höhe der Flammenoberseite über der Trägerunterkante;
- $i$  Bezeichnung der Stützensseite (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  $\theta_a$  zum Zeitpunkt  $t$ ;
- $k_{E,\theta,com}$  Abminderungsfaktor nach Abschnitt 3 für die Steigung im linear elastischen Bereich bei maximaler Temperatur im Druckflansch  $\theta_{a,com}$  zum Zeitpunkt  $t$ ;
- $k_{sh}$  Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt;
- $K_\theta$  relativer Wert der Festigkeits- oder Verformungseigenschaft bei erhöhter Temperatur  $\theta_a$ ;
- $k_\theta$  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  $\theta_a$  zum Zeitpunkt  $t$ , siehe Abschnitt 3;
- $k_{y,\theta,com}$  Abminderungsfaktor nach Abschnitt 3 für die Fließgrenze bei maximaler Temperatur im Druckflansch  $\theta_{a,com}$  zum Zeitpunkt  $t$ ;
- $k_{y,\theta,i}$  Abminderungsfaktor der Fließspannung von Stahl bei der Temperatur  $\theta_i$  der Teilfläche  $i$ ;
- $k_{y,\theta,max}$  Abminderungsfaktor für die Fließgrenze von Stahl unter der maximal auftretenden Stahltemperatur  $\theta_{a,max}$  zum Zeitpunkt  $t$ , siehe Abschnitt 3;
- $k_{y,\theta,web}$  Abminderungsfaktor für die Fließgrenze von Stahl bei der Stahltemperatur  $\theta_{web}$ , 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*

- $\Delta t$  Zeitintervall;
- $\Delta l$  Ausdehnung infolge Temperatur;
- $\Delta \theta_{g,t}$  Anstieg der Umgebungstemperatur während des Zeitintervalls  $\Delta t$  [K];
- $\phi_{f,i}$  Konfigurationsfaktor einer Bauteilseite  $i$  zu einer Öffnung;
- $\phi_f$  Gesamtkonfigurationsfaktor zur Berechnung der Wärmeübertragung durch Strahlung aus einer Öffnung;
- $\phi_z$  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*

- $\alpha$  konvektive Wärmeübergangskoeffizient;
- $\beta_M$  Anpassungsfaktor für den Momentenverlauf;
- $\gamma_G$  Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen;
- $\gamma_{M2}$  Teilsicherheitsbeiwert bei Normaltemperatur (Verbindungen);
- $\gamma_{M,fi}$  Teilsicherheitsbeiwert unter Brandbedingungen für die entsprechende Materialeigenschaft;
- $\gamma_{Q,1}$  Teilsicherheitsbeiwert für die veränderliche Einwirkung 1;
- $\varepsilon_f$  Emissionswert einer Öffnung;
- $\varepsilon_z$  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;
- $\xi$  Abminderungsfaktor für ungünstige ständige Einwirkungen  $G$ ;
- $\eta_{fi}$  Abminderungsfaktor der Bemessungslasten im Brandfall;
- $\theta$  Temperatur;

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

$\theta_a$	Stahltemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ];
$\theta_{a,cr}$	kritische Stahltemperatur;
$\theta_{g,t}$	Temperatur der umgebenden Brandgase zum Zeitpunkt $t$ ;
$\theta_{web}$	mittlere Temperatur im Steg;
$\theta_i$	Temperatur der Teilfläche $A_i$ ;
$\kappa$	Anpassungsfaktor;
$\kappa_1$	Anpassungsfaktors für eine ungleichmäßige Temperaturverteilung über den Querschnitt;
$\kappa_2$	Anpassungsfaktors für eine ungleichmäßige Temperaturverteilung entlang des Trägers;
$\lambda$	Wärmeleitfähigkeit;
$\lambda_i$	Flammendicke für eine Öffnung $i$ ;
$\lambda_p$	Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzsystems;
$\lambda_f$	effektive Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzmaterials;
$\mu_0$	Ausnutzungsgrad zum Zeitpunkt $t =$ ;
$\sigma$	Stefan-Boltzmann-Konstante [ $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ];
$\rho_a$	Rohdichte von Stahl;
$\rho_p$	Rohdichte des Brandschutzsystems;
$\chi_{fi}$	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;
$\psi_{fi}$	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:

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

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;

$k_{\theta}$  der Abminderungsfaktor für eine Festigkeits- oder Verformungseigenschaft ( $X_{k,\theta} / X_k$ ), 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:

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

— 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);

$\eta_{fi}$  der Abminderungsfaktor der Bemessungslasten für den Brandfall.

(3) Der Abminderungsfaktor  $\eta_{fi}$  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;

$\gamma_G$  der Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen;

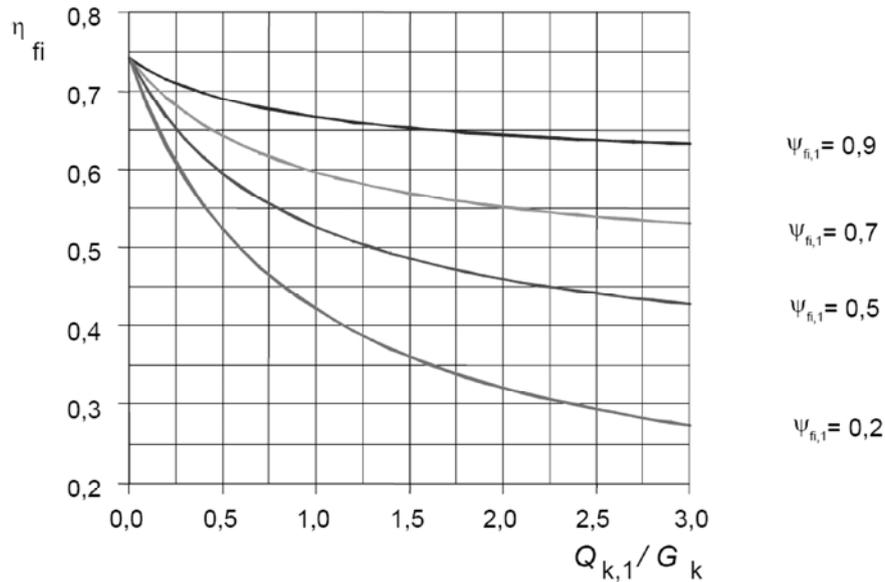
$\gamma_{Q,1}$  der Teilsicherheitsbeiwert für die veränderliche Einwirkung 1;

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

$\xi$  der Abminderungsfaktor für ungünstige ständige Einwirkungen  $G$ .

**ANMERKUNG 1** Ein Beispiel für die Variation des Abminderungsfaktors  $\eta_{fi}$  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.

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**



**Bild 2.1 — Abhängigkeit des Abminderungsfaktors  $\eta_{fi}$  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 Temperaturexpansion in Bauteilachse dürfen vernachlässigt werden.

(5) Die Randbedingungen an den Auflagern 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:  $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$
- Proportionalitätsgrenze, relativ zur Fließgrenze bei 20 °C:  $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$
- Steigung im elastischen Bereich, relativ zu der Steigung bei 20 °C:  $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$

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.

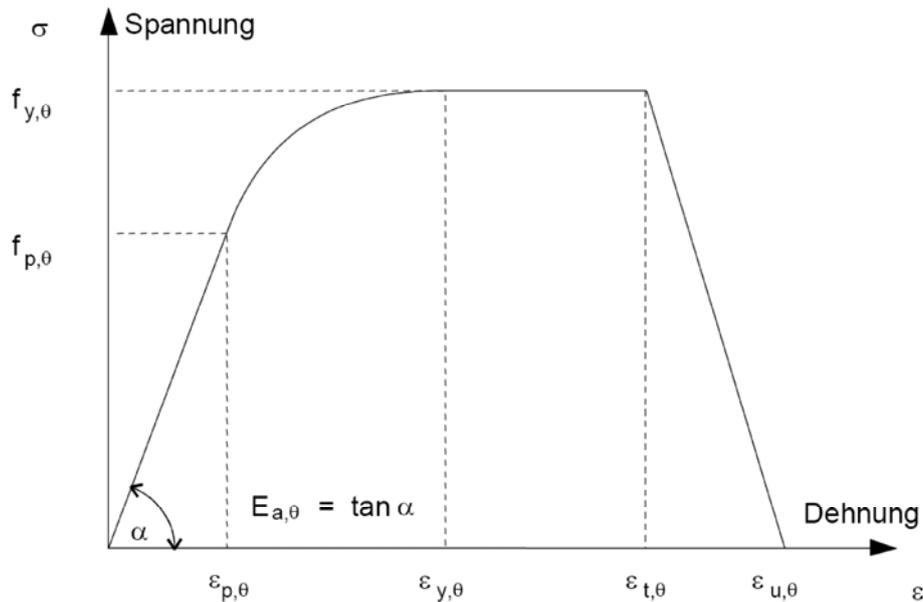
##### 3.2.2 Rohdichte

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

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

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

Dehnungsbereich	Spannung $\sigma$	Tangentenmodul
$\varepsilon \leq \varepsilon_{p,\theta}$	$\varepsilon E_{a,\theta}$	$E_{a,\theta}$
$\varepsilon_{p,\theta} < \varepsilon < \varepsilon_{y,\theta}$	$f_{p,\theta} - c + (b/a) [a^2 - (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)^2]^{0,5}$	$\frac{b(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)}{a [a^2 - (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)^2]^{0,5}}$
$\varepsilon_{y,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{t,\theta}$	$f_{y,\theta}$	0
$\varepsilon_{t,\theta} < \varepsilon < \varepsilon_{u,\theta}$	$f_{y,\theta} [1 - (\varepsilon - \varepsilon_{t,\theta}) / (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{t,\theta})]$	-
$\varepsilon = \varepsilon_{u,\theta}$	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.

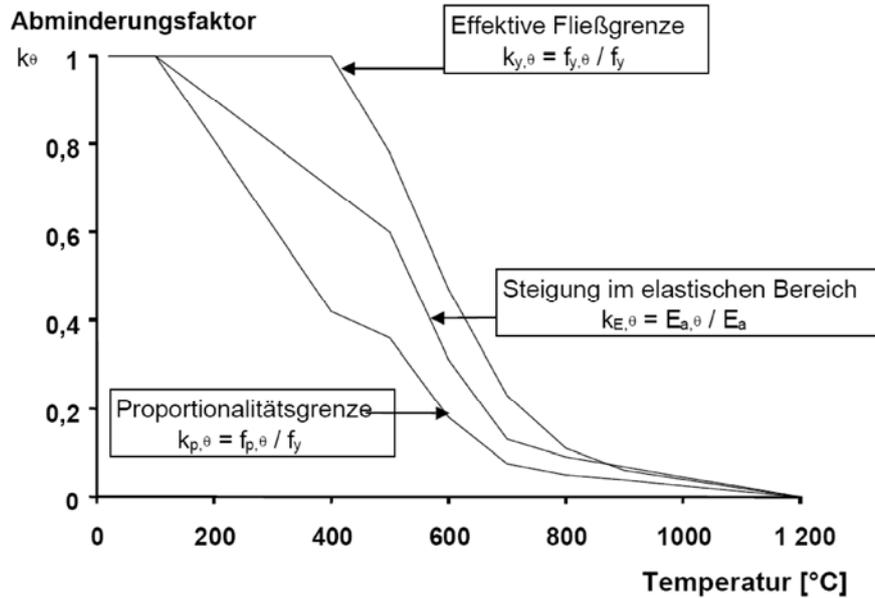
**Bild 3.1 — Spannungs-Dehnungsbeziehung von Stahl unter erhöhter Temperatur**

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

Stahl- temperatur $\theta_a$	Abminderungsfaktoren bei Temperatur $\theta_a$ 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.

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**



**Bild 3.2 — Abminderungsfaktoren für die Spannungs-Dehnungsbeziehung von Kohlenstoffstahl unter erhöhten Temperaturen**

### 3.3 Mechanische Werkstoffeigenschaften von nichtrostendem Stahl

(1) Die mechanischen Werkstoffeigenschaften von nichtrostendem Stahl können Anhang C entnommen werden.

### 3.4 Thermische Werkstoffeigenschaften

#### 3.4.1 Kohlenstoffstahl

##### 3.4.1.1 Thermische Dehnung

(1) Die thermische Dehnung von Stahl  $\Delta l / l$  sollte wie folgt bestimmt werden:

— bei  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta_a < 750\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$\Delta l / l = 1,2 \times 10^{-5} \theta_a + 0,4 \times 10^{-8} \theta_a^2 - 2,416 \times 10^{-4} \quad (3.1a)$$

— bei  $750\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta_a \leq 860\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$\Delta l / l = 1,1 \times 10^{-2} \quad (3.1b)$$

— bei  $860\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta_a \leq 1\ 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$\Delta l / l = 2 \times 10^{-5} \theta_a - 6,2 \times 10^{-3} \quad (3.1c)$$

Dabei ist

$l$  die Länge bei  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

$\Delta l$  die Ausdehnung infolge Temperatur;

$\theta_a$  die Stahltemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ].

ANMERKUNG Die Abhängigkeit der Temperaturdehnung von der Temperatur ist in Bild 3.3 dargestellt.

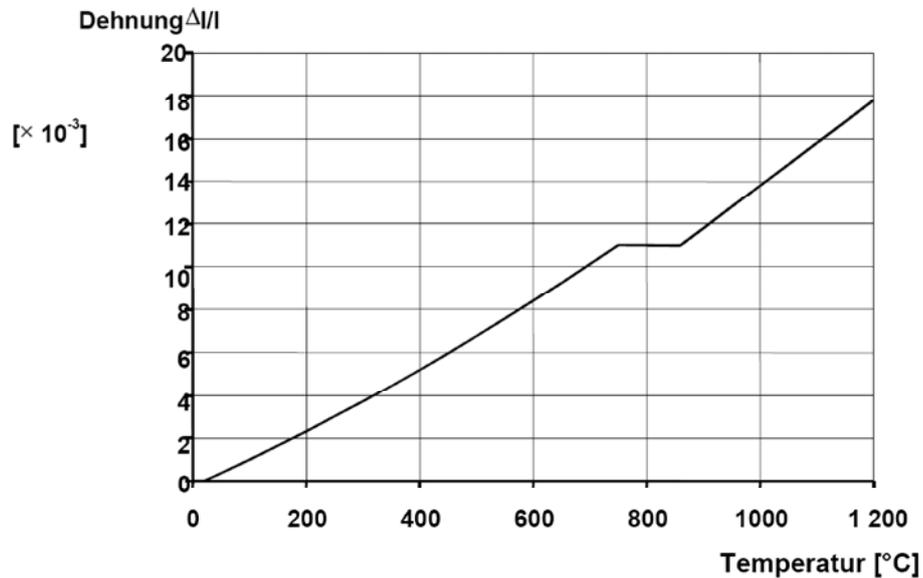


Bild 3.3 — Thermische Dehnung von Kohlenstoffstahl in Abhängigkeit von der Temperatur

#### 3.4.1.2 Spezifische Wärmekapazität

(1) Die spezifische Wärmekapazität von Stahl  $c_a$  sollte wie folgt ermittelt werden:

— bei  $20\text{ °C} \leq \theta_a < 600\text{ °C}$ :

$$c_a = 425 + 7,73 \times 10^{-1} \theta_a - 1,69 \times 10^{-3} \theta_a^2 + 2,22 \times 10^{-6} \theta_a^3 \text{ J/kgK} \quad (3.2a)$$

— bei  $600\text{ °C} \leq \theta_a < 735\text{ °C}$ :

$$c_a = 666 + \frac{13002}{738 - \theta_a} \text{ J/kgK} \quad (3.2b)$$

— bei  $735\text{ °C} \leq \theta_a < 900\text{ °C}$ :

$$c_a = 545 + \frac{17820}{\theta_a - 731} \text{ J/kgK} \quad (3.2c)$$

— bei  $900\text{ °C} \leq \theta_a \leq 1\,200\text{ °C}$ :

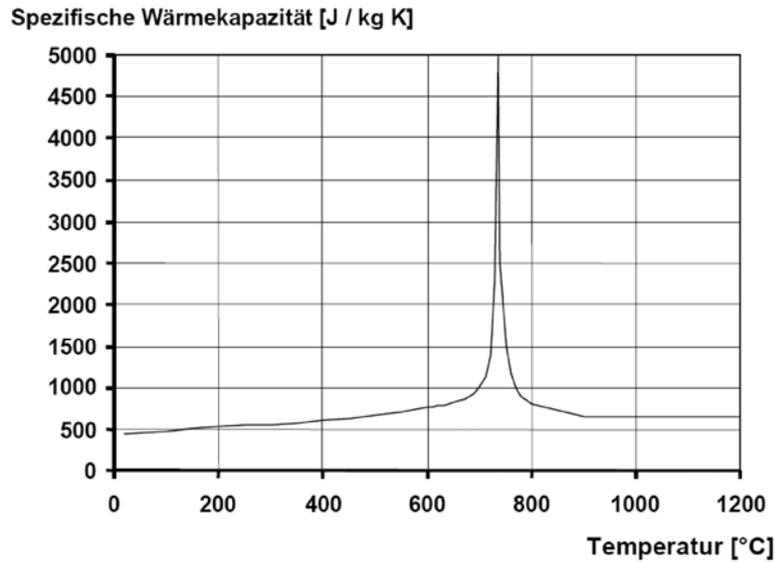
$$c_a = 650 \text{ J/kgK} \quad (3.2d)$$

Dabei ist

$\theta_a$  die Stahltemperatur [°C].

ANMERKUNG Die Abhängigkeit der spezifischen Wärmekapazität von der Temperatur ist in Bild 3.4 dargestellt.

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**



**Bild 3.4 — Spezifische Wärmekapazität von Kohlenstoffstahl in Abhängigkeit von der Temperatur**

**3.4.1.3 Wärmeleitfähigkeit**

(1) Die Wärmeleitfähigkeit von Stahl  $\lambda_a$  sollte wie folgt bestimmt werden:

— bei  $20\text{ °C} \leq \theta_a < 800\text{ °C}$ :

$$\lambda_a = 54 - 3,33 \times 10^{-2} \theta_a \text{ W/mK} \quad (3.3a)$$

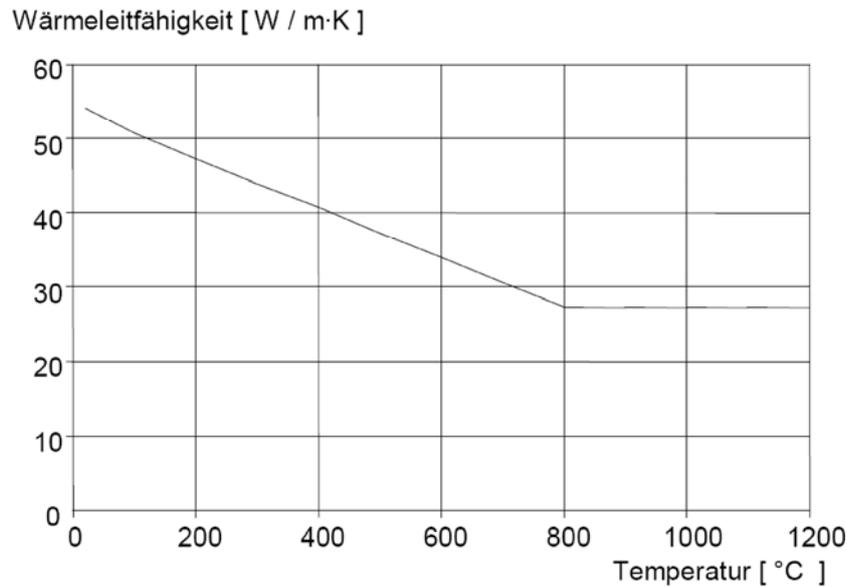
— bei  $800\text{ °C} \leq \theta_a \leq 1\,200\text{ °C}$ :

$$\lambda_a = 27,3 \text{ W/mK} \quad (3.3b)$$

Dabei ist

$\theta_a$  die Stahltemperatur [°C].

ANMERKUNG Die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Temperatur ist in Bild 3.5 dargestellt.



**Bild 3.5 — Wärmeleitfähigkeit von Kohlenstoffstahl in Abhängigkeit von der Temperatur**

### 3.4.2 Nichtrostender Stahl

(1) Die thermischen Werkstoffeigenschaften von nichtrostendem Stahl können Anhang C entnommen werden.

### 3.4.3 Brandschutzmaterialien

(1) Die Eigenschaften und die Wirkung von Brandschutzmaterialien, die bei der Bemessung angesetzt werden, sollten mit den entsprechenden Prüfverfahren nach CEN/TS 13381-1, ENV 13381-2 oder ENV 13381-4 bestimmt werden.

ANMERKUNG Diese Normen enthalten die Anforderung, dass das Brandschutzmaterial während der maßgebenden Brandbeanspruchung zusammenhalten muss und nicht abfallen darf.

## 4 Tragwerksbemessung für den Brandfall

### 4.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt enthält Regeln für Stahlkonstruktionen, die:

- ungeschützt,
- durch Brandschutzmaterialien wärmegeklämt,
- durch Wärmeschilde geschützt

sein können.

ANMERKUNG Beispiele für andere Schutzmaßnahmen sind Wasserfüllung oder teilweiser Schutz in Wänden und Decken.

(2) Für die Bestimmung der Feuerwiderstandsfähigkeit sind die folgenden Methoden zugelassen:

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

- einfache Berechnungsmodelle;
- erweiterte Berechnungsmodelle;
- Versuche.

ANMERKUNG Die Entscheidung über die Verwendung erweiterter Berechnungsverfahren in einem Land kann im Nationalen Anhang getroffen werden.

(3) Einfache Berechnungsmodelle sind vereinfachte Berechnungsverfahren für einzelne Bauteile auf der Grundlage konservativer Annahmen.

(4) Erweiterte Berechnungsmodelle sind Berechnungsverfahren, bei denen für bestimmte Anwendungsfälle mit realistischeren Annahmen gerechnet wird.

## 4.2 Einfache Bemessungsverfahren

### 4.2.1 Allgemeines

**AC** (1)P Es wird unterstellt, dass ein Bauteil seine lastabtragende Funktion zum Zeitpunkt  $t$  eines gegebenen Brandes erfüllt, wenn:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad \text{AC}(4.1)$$

Dabei ist

$E_{fi,d}$  der Bemessungswert der maßgebenden Beanspruchung im Brandfall nach EN 1991-1-2;

$R_{fi,d,t}$  der entsprechende Bemessungswert der Beanspruchbarkeit des Stahlbauteils im Brandfall zum Zeitpunkt  $t$

(2) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit  $R_{fi,d,t}$  zum Zeitpunkt  $t$  ist, üblicherweise mit der Annahme einer gleichmäßigen Temperaturverteilung im Querschnitt, in der Regel durch Veränderung der für Normaltemperatur nach EN 1993-1-1 berechneten Beanspruchbarkeit zu ermitteln, um die mechanischen Eigenschaften von Stahl bei erhöhter Temperatur zu berücksichtigen, siehe 4.2.3.

ANMERKUNG In 4.2.3 wird  $R_{fi,d,t}$  zu  $M_{fi,t,Rd}$ ,  $N_{fi,t,Rd}$  etc. (einzeln oder kombiniert), und die entsprechenden Werte  $M_{fi,Ed}$ ,  $N_{fi,Ed}$  usw. stehen für  $E_{fi,d}$ .

(3) Wenn eine nicht gleichmäßige Temperaturverteilung verwendet wird, wird der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit für Normaltemperatur nach EN1993-1-1 auf der Grundlage dieser Temperaturverteilung modifiziert.

(4) Alternativ zu (1) darf die Bemessung mit der Annahme einer gleichmäßigen Temperaturverteilung auf Temperaturebene durchgeführt werden, siehe 4.2.4.

(5) Das Nettoquerschnittsversagen an den Löchern für Befestigungsmittel braucht nicht berücksichtigt zu werden, wenn jedes Loch mit Befestigungsmitteln ausgefüllt ist, weil die Temperatur im Bereich von Verbindungen wegen der größeren Materialmenge geringer ist.

(6) Die Feuerwiderstandsfähigkeit einer geschraubten oder geschweißten Verbindung darf als ausreichend angesehen werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- 1) Der Feuerwiderstand  $(d_f / \lambda_f)_c$  des Brandschutzes der Verbindung sollte gleich oder größer sein als der kleinste Wert des Feuerwiderstandes  $(d_f / \lambda_f)_m$  des Brandschutzes der angeschlossenen Bauteile.

Dabei ist

$d_f$  die Dicke des Brandschutzmaterials ( $d_f = 0$  bei ungeschützten Bauteilen);

$\lambda_f$  die effektive Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzmaterials.

- 2) Die Ausnutzung der Verbindung sollte gleich oder kleiner sein als die maximale Ausnutzung der angeschlossenen Bauteile.
- 3) Die Tragfähigkeit der Verbindung unter Raumtemperatur sollte den Regeln in EN 1993-1-8 folgen.

(7) Als Alternative zu dem in 4.2.1 (6) angegebenen Verfahren darf die Tragfähigkeit mit den in Anhang D angegebenen Verfahren bestimmt werden.

ANMERKUNG Als Vereinfachung darf der Vergleich der Ausnutzung der Verbindung mit der Ausnutzung der angeschlossenen Bauteile unter Raumtemperatur erfolgen.

#### 4.2.2 Querschnittsklassifizierung

(1) Im Rahmen der Anwendung dieser vereinfachten Regeln darf die Querschnittsklassifizierung wie unter Normaltemperatur jedoch mit einem nach Gleichung (4.2) abgeminderten Wert für  $\varepsilon$  durchgeführt werden.

$$\varepsilon = 0,85 \sqrt{235 / f_y} \quad (4.2)$$

Dabei ist

$f_y$  die Streckgrenze bei 20 °C.

ANMERKUNG 1 Siehe EN 1993-1-1.

ANMERKUNG 2 Der Abminderungsfaktor 0,85 berücksichtigt die Einflüsse aus erhöhter Temperatur.

#### 4.2.3 Tragfähigkeit

##### 4.2.3.1 Zugglieder

(1) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit  $N_{fi,0,Rd}$  eines auf Zug beanspruchten Bauteils mit gleichmäßiger Temperatur  $\theta_a$  sollte wie folgt berechnet werden:

$$N_{fi,0,Rd} = k_{y,0} N_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] \quad (4.3)$$

Dabei ist

$k_{y,0}$  der Abminderungsfaktor der Streckgrenze von Stahl bei der Temperatur  $\theta_a$  zum Zeitpunkt  $t$ , siehe Abschnitt 3;

$N_{Rd}$  der Bemessungswert der Tragfähigkeit des  $N_{pl,Rd}$  Bruttoquerschnitts bei Berechnung mit Normaltemperatur nach EN 1993-1-1.

(2) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit  $N_{fi,t,Rd}$  zum Zeitpunkt  $t$  eines auf Zug beanspruchten Bauteils mit einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung über den Querschnitt darf wie folgt berechnet werden:

$$N_{fi,t,Rd} = \sum_{i=1}^n A_i k_{y,\theta,i} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (4.4)$$

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

- $A_i$  Teilfläche des Querschnitts mit der Temperatur  $\theta_i$  ;  
 $k_{y,\theta,i}$  der Abminderungsfaktor der Streckgrenze von Stahl bei der Temperatur  $\theta_i$  , siehe Abschnitt 3;  
 $\theta_i$  die Temperatur der Teilfläche  $A_i$ .

(3) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit  $N_{fi,t,Rd}$  zum Zeitpunkt  $t$  eines auf Zug beanspruchten Bauteils mit einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung über den Querschnitt darf konservativ als die Tragfähigkeit  $N_{fi,\theta,Rd}$  eines Bauteils mit konstanter Temperatur  $\theta_a$  über den Querschnitt bestimmt werden, wobei  $\theta_a$  die maximal im Querschnitt auftretende Temperatur  $\theta_{a,max}$  zum Zeitpunkt  $t$  ist.

**4.2.3.2 Druckbeanspruchte Bauteile mit Querschnitten der Klassen 1, 2 oder 3**

(1) Die Knickfestigkeit druckbeanspruchter Bauteile  $N_{b,fi,t,Rd}$  zum Zeitpunkt  $t$  mit Querschnitten der Klassen 1, 2 oder 3 mit einer gleichmäßigen Temperatur  $\theta_a$  sollte ermittelt werden mit:

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} A k_{y,\theta} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (4.5)$$

Dabei ist

- $\chi_{fi}$  der Abminderungsfaktor für das Biegeknicken unter Brandbeanspruchung;  
 $k_{y,\theta}$  der Abminderungsfaktor nach Abschnitt 3 für die Streckgrenze von Stahl bei der Stahltemperatur  $\theta_a$  zum Zeitpunkt  $t$  .

(2) Für den Wert  $\chi_{fi}$  sollte der kleinste der beiden Werte  $\chi_{y,fi}$  and  $\chi_{z,fi}$  genommen werden, berechnet nach:

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_{\theta} + \sqrt{\varphi_{\theta}^2 - \bar{\lambda}_{\theta}^2}} \quad (4.6)$$

mit

$$\varphi_{\theta} = \frac{1}{2} [1 + \alpha \bar{\lambda}_{\theta} + \bar{\lambda}_{\theta}^2]$$

und

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235 / f_y}$$

Die dimensionslose bezogene Schlankheit  $\bar{\lambda}_{\theta}$  für die Temperatur  $\theta_a$  wird berechnet nach:

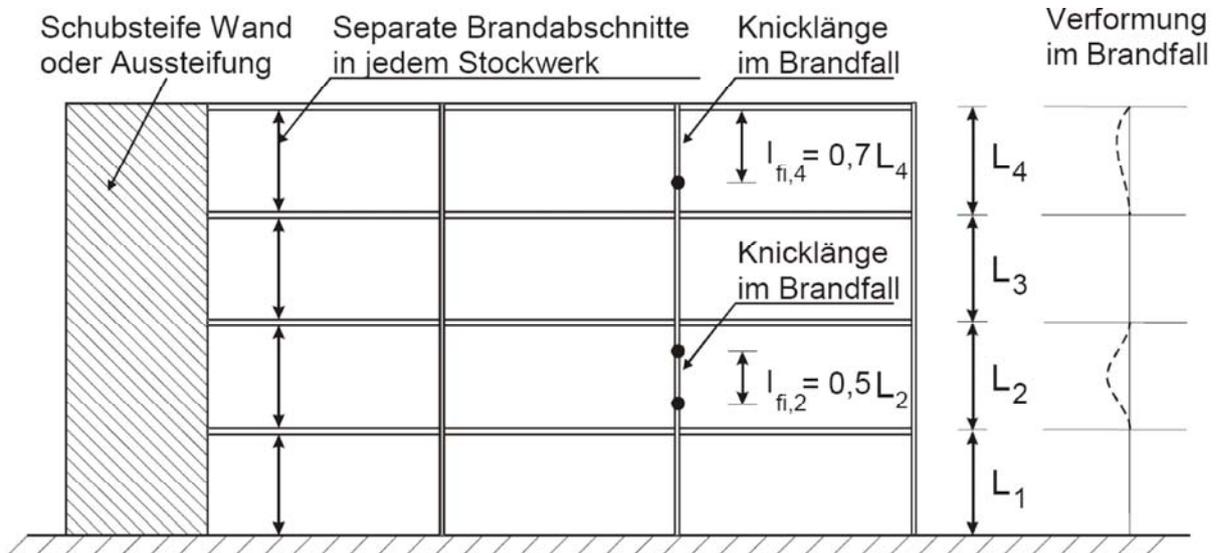
$$\bar{\lambda}_{\theta} = \bar{\lambda} [k_{y,\theta} / k_{E,\theta}]^{0,5} \quad (4.7)$$

Dabei ist

- $k_{y,\theta}$  der Abminderungsfaktor nach Abschnitt 3 für die Streckgrenze von Stahl bei der Temperatur  $\theta_a$  zum Zeitpunkt  $t$  ;  
 $k_{E,\theta}$  der Abminderungsfaktor nach Abschnitt 3 für die Steigung im linear elastischen Bereich bei der Stahltemperatur  $\theta_a$  zum Zeitpunkt  $t$  .

(3) Die Knicklänge  $l_{fi}$  einer Stütze sollte im Allgemeinen bei einer Bemessung im Brandfall so bestimmt werden wie bei einer Bemessung unter Normaltemperatur. Jedoch darf bei gegen Seitenverschiebung ausgesteiften Rahmen die Knicklänge  $l_{fi}$  unter Berücksichtigung seitlicher Festhaltungen berechnet werden, wenn die Anschlüsse steif oder verformbar ausgebildet sind und die Bauteile, die die oberen und unteren Brandabschnitte abtrennen, mindestens den gleichen Feuerwiderstand aufweisen wie die Stützen.

(4) Falls bei einem Stahlrahmen jedes Stockwerk einen eigenen Brandabschnitt mit ausreichendem Feuerwiderstand bildet, darf bei innen liegenden Stockwerken die Knicklänge  $l_{fi}$  einer durchgehenden Stütze mit  $l_{fi} = 0,5L$  und bei dem obersten Stockwerk mit  $l_{fi} = 0,7L$  berechnet werden. Dabei ist  $L$  die Systemhöhe des relevanten Stockwerkes, siehe Bild 4.1.



**Bild 4.1 — Knicklängen  $l_{fi}$  von Stützen in seitlich ausgesteiften Rahmen**

(5) Bei einer Bemessung unter nominaler Brandeinwirkung darf der Bemessungswert der Tragfähigkeit  $N_{b,fi,t,Rd}$  zum Zeitpunkt  $t$  eines druckbeanspruchten Bauteils mit einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung über den Querschnitt als die Tragfähigkeit  $N_{b,fi,\theta,Rd}$  eines druckbeanspruchten Bauteils mit konstanter Temperatur  $\theta_a$  über den Querschnitt bestimmt werden, wobei  $\theta_a$  die maximal im Querschnitt auftretende Temperatur  $\theta_{a,max}$  zum Zeitpunkt  $t$  ist.

#### 4.2.3.3 Träger mit Querschnitten der Klassen 1 und 2

(1) Der Bemessungswert der Momenten Tragfähigkeit  $M_{fi,\theta,Rd}$  eines Querschnitts der Klasse 1 oder 2 mit gleichmäßiger Temperatur  $\theta_a$  sollte wie folgt berechnet werden:

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] M_{Rd} \quad (4.8)$$

Dabei ist

$M_{Rd}$  die plastische Momenten Tragfähigkeit  $M_{pl,Rd}$  des Bruttoquerschnitts bei Normaltemperatur nach EN 1993-1-1 oder die abgeminderte Momenten Tragfähigkeit bei Normaltemperatur unter Berücksichtigung von Schubbeanspruchungen nach EN 1993-1-1;

$k_{y,\theta}$  der Abminderungsfaktor für die Streckgrenze von Stahl unter der Temperatur  $\theta_a$ , siehe Abschnitt 3

(2) Der Bemessungswert der Momenten Tragfähigkeit  $M_{fi,t,Rd}$  zum Zeitpunkt  $t$  von Querschnitten der Klassen 1 oder 2 mit ungleichmäßiger Temperaturverteilung im Querschnitt darf berechnet werden nach:

$$M_{fi,t,Rd} = \sum_{i=1}^n A_i z_i k_{y,\theta,i} f_{y,i} / \gamma_{M,fi} \quad (4.9)$$

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

- $z_i$  der Abstand des Zentrums der Teilfläche  $A_i$  von der plastische Nulllinie;
- $f_{y,i}$  die nominale Streckgrenze  $f_y$  der Teilfläche  $A_i$  auf der Druckseite positiv und auf der Zugseite negativ;
- $A_i$  und  $k_{y,\theta,i}$  wie in 4.2.3.1 (2) beschrieben.

(3) Alternativ darf der Bemessungswert der Momenten Tragfähigkeit  $M_{fi,t,Rd}$  eines Bauteils der Querschnitts-klasse 1 oder 2 zum Zeitpunkt  $t$  und mit einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung über den Querschnitt berechnet werden nach:

AC

$$M_{fi,t,Rd} = M_{fi,\theta,Rd} / (\kappa_1 \kappa_2) \text{ mit } M_{fi,\theta,Rd} \leq M_{Rd} \quad \text{AC(4.10)}$$

Dabei ist

- $M_{fi,\theta,Rd}$  der Bemessungswert der Momenten Tragfähigkeit bei konstanter Temperatur  $\theta_a$ , die der Temperatur  $\theta_a$  zum Zeitpunkt  $t$  ohne thermische Einflüsse an den Auflagern entspricht;
- $\kappa_1$  der Anpassungsfaktor für ungleichmäßige Temperatur über den Querschnitt, siehe (7);
- $\kappa_2$  der Anpassungsfaktor für ungleichmäßige Temperatur entlang des Trägers, siehe (8).

(4) Der Bemessungswert der Biegedrillknickbeanspruchbarkeit  $M_{b,fi,t,Rd}$  zum Zeitpunkt  $t$  eines seitlich nicht gehaltenen Trägers mit einem Querschnitt der Klasse 1 oder 2 sollte berechnet werden mit:

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} W_{pl,y} k_{y,\theta,com} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (4.11)$$

Dabei ist

- $\chi_{LT,fi}$  der Abminderungsfaktor für das Biegedrillknicken bei der Tragwerksbemessung im Brandfall;
- $k_{y,\theta,com}$  der Abminderungsfaktor nach Abschnitt 3 für die Streckgrenze bei maximaler Temperatur im Druckflansch  $\theta_{a,com}$  zum Zeitpunkt  $t$ .

ANMERKUNG Auf der sicheren Seite liegend kann für  $\theta_{a,com}$  die gleichmäßige Temperatur  $\theta_a$  verwendet werden.

(5) Der Wert für  $\chi_{LT,fi}$  sollte nach folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$\chi_{LT,fi} = \frac{1}{\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{[\phi_{LT,\theta,com}]^2 - [\bar{\lambda}_{LT,\theta,com}]^2}} \quad (4.12)$$

mit

$$\phi_{LT,\theta,com} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + (\bar{\lambda}_{LT,\theta,com})^2 \right] \quad (4.13)$$

und

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235 / f_y} \quad (4.14)$$

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} [k_{y,\theta,com} / k_{E,\theta,com}]^{0,5} \quad (4.15)$$

Dabei ist

$k_{E,\theta,com}$  der Abminderungsfaktor nach Abschnitt 3 für die Steigung im linear elastischen Bereich bei maximaler Temperatur im Druckflansch  $\theta_{a,com}$  zum Zeitpunkt  $t$ .

(6) Der Bemessungswert der Querkraftbeanspruchbarkeit  $V_{fi,t,Rd}$  zum Zeitpunkt  $t$  eines Querschnitts der Klasse 1 oder 2 sollte berechnet werden nach:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,web} V_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] \quad (4.16)$$

Dabei ist

$V_{Rd}$  der Bemessungswert der Querkraftbeanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts bei Normaltemperatur nach EN 1993-1-1;

$\theta_{web}$  die mittlere Temperatur im Steg;

$k_{y,\theta,web}$  der Abminderungsfaktor für die Streckgrenze von Stahl bei der Stahltemperatur  $\theta_{web}$ , siehe Abschnitt 3.

(7) Die Größe des Anpassungsfaktors  $\kappa_1$  für eine ungleichmäßige Temperaturverteilung über den Querschnitt sollte wie folgt angenommen werden:

— für einen Träger, der von allen vier Seiten brandbeansprucht wird:

$$\kappa_1 = 1,0$$

— für einen ungeschützten Träger mit einer Stahlbeton- oder Stahlbetonverbundplatte auf der einen Seite und Brandbeanspruchung auf den drei anderen Seiten:

$$\kappa_1 = 0,70$$

— für einen brandgeschützten Träger mit einer Stahlbeton- oder Stahlbetonverbundplatte auf der einen Seite und Brandbeanspruchung auf den drei anderen Seiten:

$$\kappa_1 = 0,85$$

(8) Bei ungleichmäßiger Temperaturverteilung entlang des Trägers sollte die Größe des Anpassungsfaktors  $\kappa_2$  wie folgt angesetzt werden:

— an den Auflagern statisch unbestimmt gelagerter Träger:

$$\kappa_2 = 0,85$$

— in allen anderen Fällen:

$$\kappa_2 = 1,0.$$

#### 4.2.3.4 Träger mit Querschnitten der Klasse 3

(1) Der Bemessungswert der Momentenbeanspruchbarkeit  $M_{fi,t,Rd}$  zum Zeitpunkt  $t$  von Querschnitten der Klasse 3 mit gleichmäßiger Temperaturverteilung sollte berechnet werden nach:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta} M_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] \quad (4.17)$$

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

- $M_{Rd}$  der Bemessungswert der elastischen Momentenbeanspruchbarkeit  $M_{el,Rd}$  des Bruttoquerschnitts bei Normaltemperatur oder wenn nötig die abgeminderte Momentenbeanspruchbarkeit unter Berücksichtigung der Schubbeanspruchungen, bei Normaltemperatur nach EN 1993-1-1;
- $k_{y,\theta}$  der Abminderungsfaktor für die Streckgrenze von Stahl bei der Stahltemperatur  $\theta_a$ , siehe Abschnitt 3.

(2) Der Bemessungswert der Momentenbeanspruchbarkeit  $M_{fi,t,Rd}$  zum Zeitpunkt  $t$  von Querschnitten der Klasse 3 mit einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung darf berechnet werden nach:

**AC**

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,max} M_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] / (\kappa_1 \kappa_2) \text{ mit } M_{fi,\theta,Rd} \leq M_{Rd} \quad \text{AC} \quad (4.18)$$

Dabei ist

- $M_{Rd}$  der Bemessungswert der elastischen Momentenbeanspruchbarkeit  $M_{el,Rd}$  des Bruttoquerschnitts bei Normaltemperatur oder wenn erforderlich die abgeminderte Momentenbeanspruchbarkeit unter Berücksichtigung der Schubbeanspruchungen, bei Normaltemperatur nach EN 1993-1-1;
- $k_{y,\theta,max}$  der Abminderungsfaktor für die Streckgrenze von Stahl unter der maximal auftretenden Stahltemperatur  $\theta_{a,max}$  zum Zeitpunkt  $t$ , **AC gestrichener Text AC**;
- $\kappa_1$  ein Anpassungsfaktor für ungleichmäßige Temperatur über den Querschnitt, siehe 4.2.3.3 (7);
- $\kappa_2$  ein Anpassungsfaktor für ungleichmäßige Temperatur entlang des Trägers, siehe 4.2.3.3 (8).

(3) Der Bemessungswert der Biegedrillknickbeanspruchbarkeit  $M_{b,fi,t,Rd}$  zum Zeitpunkt  $t$  eines seitlich nicht gehaltenen Trägers mit einem Querschnitt der Klasse 3 sollte berechnet werden nach:

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} W_{el,y} k_{y,\theta,com} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (4.19)$$

Dabei ist

- $\chi_{LT,fi}$  wie in 4.2.3.3 (5) angegeben.

ANMERKUNG Auf der sicheren Seite liegend kann für  $\theta_{a,com}$  die maximal im Querschnitt auftretende Temperatur  $\theta_{a,max}$  verwendet werden.

(4) Der Bemessungswert der Querkraftbeanspruchbarkeit  $V_{fi,t,Rd}$  zum Zeitpunkt  $t$  eines Querschnitts der Klasse 3 wird berechnet nach:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,web} V_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] \quad (4.20)$$

Dabei ist

- $V_{Rd}$  die Querkraftbeanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts bei Normaltemperatur nach EN 1993-1-1.

#### 4.2.3.5 Auf Biegung und axialen Druck beanspruchte Bauteile der Querschnittsklassen 1, 2 oder 3

(1) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit  $R_{fi,t,d}$  stabilitätsgefährdeter Bauteile zum Zeitpunkt  $t$  bei gleichzeitiger Beanspruchung durch Biegung und axialen Druck sollte unter Verwendung der Gleichungen (4.21a) und (4.21b) für Querschnitte der Klassen 1 und 2 oder der Gleichungen (4.21c) und (4.21d) für Querschnitte der Klasse 3 ermittelt werden.

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{\min,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_y M_{y,fi,Ed}}{W_{pl,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{pl,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1 \quad (4.21a)$$

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_{LT} M_{y,fi,Ed}}{\chi_{LT,fi} W_{pl,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{pl,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1 \quad (4.21b)$$

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{\min,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_y M_{y,fi,Ed}}{W_{el,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{el,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1 \quad (4.21c)$$

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_{LT} M_{y,fi,Ed}}{\chi_{LT,fi} W_{el,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{el,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1 \quad (4.21d)$$

Dabei ist

$\chi_{\min,fi}$  wie in 4.2.3.2 angegeben;

$\chi_{z,fi}$  wie in 4.2.3.2 angegeben;

$\chi_{LT,fi}$  wie in 4.2.3.2 (5) angegeben;

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1$$

mit:  $\mu_{LT} = 0,15 \bar{\lambda}_{z,\theta} \beta_{M,LT} - 0,15 \leq 0,9$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{fi,Ed}}{\chi_{y,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 3$$

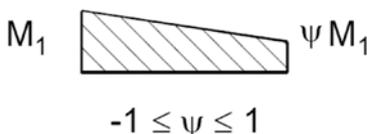
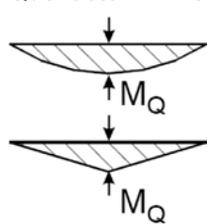
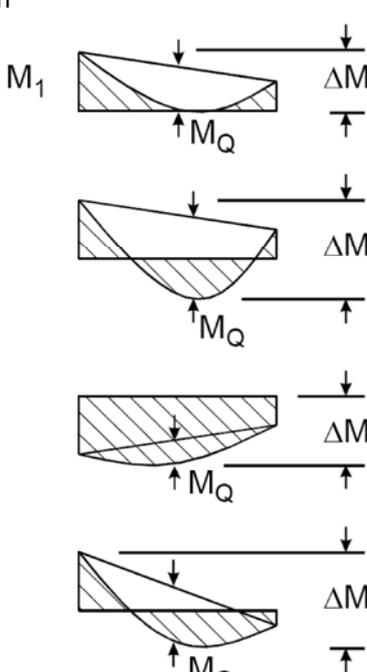
mit:  $\overline{\text{AC}}$  Für die starke Achse:  $\mu_y = (2\beta_{M,y} - 5) \bar{\lambda}_{y,\theta} + 0,44\beta_{M,y} + 0,29 \leq 0,8$  mit  $\bar{\lambda}_{y,20^\circ C} \leq 1,1$ .  $\overline{\text{AC}}$

$$k_z = 1 - \frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 3$$

mit:  $\overline{\text{AC}}$  Für die schwache Achse:  $\mu_z = (1,2\beta_{M,z} - 3) \bar{\lambda}_{z,\theta} + 0,71\beta_{M,z} - 0,29 \leq 0,8$   $\overline{\text{AC}}$

ANMERKUNG Die Anpassungsfaktoren  $\beta_M$  zur Berücksichtigung des Momentenverlaufs können Bild 4.2 entnommen werden.

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

Momentenverlauf	Anpassungsfaktor $\beta_M$
<p>Endmomente</p>  <p><math>M_1</math> <math>\psi M_1</math></p> <p><math>-1 \leq \psi \leq 1</math></p>	$\beta_{M,\psi} = 1,8 - 0,7 \psi$
<p>Momente aus Querlasten in Tragwerksebene</p>  <p><math>M_Q</math></p> <p><math>M_Q</math></p>	$\beta_{M,Q} = 1,3$ $\beta_{M,Q} = 1,4$
<p>Momente aus Querlasten in der Tragwerksebene mit zusätzlichen Endmomenten</p>  <p><math>M_1</math> <math>M_Q</math> <math>\Delta M</math></p> <p><math>M_Q</math> <math>\Delta M</math></p> <p><math>M_Q</math> <math>\Delta M</math></p> <p><math>M_Q</math> <math>\Delta M</math></p> <p><math>M_Q</math> <math>\Delta M</math></p>	$\beta_M = \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} (\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi})$ <p><math>M_Q =  \max M </math> nur aus Querlast</p> <p><math>\Delta M</math> {</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math> \max M </math> bei Momentenverläufen ohne Vorzeichenwechsel</li> <li><math> \max M  +  \min M </math> bei Momentenverläufen mit Vorzeichenwechsel</li> </ul>

**Bild 4.2 — Anpassungsfaktoren für den Momentenverlauf**

**4.2.3.6 Bauteile mit Querschnitten der Klasse 4**

(1) Bei Bauteilen der Querschnittsklasse 4, die keine Zugglieder sind, darf angenommen werden, dass 4.2.1 (1) erfüllt ist, wenn die Stahltemperatur  $\theta_a$  zum Zeitpunkt  $t$  an keiner Stelle des Querschnitts den Wert  $\theta_{crit}$  erreicht.

ANMERKUNG 1 Weitere Informationen enthält Anhang E.

ANMERKUNG 2 Die Grenztemperatur  $\theta_{crit}$  darf im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die Verwendung des Wertes  $\theta_{crit} = 350 \text{ °C}$  wird empfohlen.

#### 4.2.4 Kritische Temperatur

(1) Alternativ zu 4.2.3 darf die Bemessung auf Temperaturebene durchgeführt werden.

(2)  $\square$  Außer wenn Verformungskriterien oder Einflüsse aus Stabilitätsproblemen zu beachten sind,  $\square$  darf die kritische Temperatur des Kohlenstoffstahls  $\theta_{a,cr}$  nach 1.1.2 (6) zum Zeitpunkt  $t$  für eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Bauteil für den Ausnutzungsgrad  $\mu_0$  zum Zeitpunkt  $t = 0$  berechnet werden nach:

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln \left[ \frac{I}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - I \right] + 482 \quad (4.22)$$

Dabei dürfen für  $\mu_0$  keine kleineren Werte als  $\mu_0 = 0,013$  angesetzt werden.

ANMERKUNG In Tabelle 4.1 werden für Ausnutzungsgrade  $\mu_0$  von 0,22 bis 0,80 Beispiele für die kritischen Temperaturen angegeben.

(3) Der Ausnutzungsgrad  $\mu_0$  zum Zeitpunkt  $t = 0$  von Bauteilen mit Querschnitten der Klassen 1, 2 oder 3 und bei auf Zug beanspruchten Bauteilen darf berechnet werden nach:

$$\mu_0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,0} \quad (4.23)$$

Dabei ist

$R_{fi,d,0}$  der Wert von  $R_{fi,d,t}$  zum Zeitpunkt  $t = 0$  nach 4.2.3;

$E_{fi,d}$  und  $R_{fi,d,t}$  nach 4.2.1(1).

(4) Alternativ darf der Ausnutzungsgrad  $\mu_0$  bei zugbeanspruchten Bauteilen und Trägern, bei denen das Biegedrillknicken als maßgebende Versagensform ausgeschlossen werden kann, auf der sicheren Seite liegend berechnet werden nach:

$$\mu_0 = \eta_{fi} [\gamma_{M,fi} / \gamma_{M0}] \quad (4.24)$$

Dabei ist

$\eta_{fi}$  der Abminderungsfaktor nach  $\square$  2.4.2 (3)  $\square$ .

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 4.1 — Kritische Temperaturen  $\theta_{a,cr}$  in Abhängigkeit des Ausnutzungsgrades  $\mu_0$**

$\mu_0$	$\theta_{a,cr}$	$\mu_0$	$\theta_{a,cr}$	$\mu_0$	$\theta_{a,cr}$
0,22	711	0,42	612	0,62	549
0,24	698	0,44	605	0,64	543
0,26	685	0,46	598	0,66	537
0,28	674	0,48	591	0,68	531
0,30	664	0,50	585	0,70	526
0,32	654	0,52	578	0,72	520
0,34	645	0,54	572	0,74	514
0,36	636	0,56	566	0,76	508
0,38	628	0,58	560	0,78	502
0,40	620	0,60	554	0,80	496

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Werte für die kritischen Temperaturen enthalten.

#### 4.2.5 Entwicklung der Stahltemperatur

##### 4.2.5.1 Ungeschützte innen liegende Stahlkonstruktionen

(1) Bei äquivalenter gleichmäßiger Temperatur im Querschnitt sollte der Temperaturanstieg  $\Delta\theta_{a,t}$  in einem ungeschützten Stahlbauteil während eines Zeitintervalls  $\Delta t$  berechnet werden nach:

AC

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{A_m / V}{c_a \rho_a} \dot{h}_{net,d} \Delta t \quad \text{AC (4.25)}$$

Dabei ist

$k_{sh}$  Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt, siehe (2);

$A_m / V$  der Profilmfaktor des ungeschützten Stahlbauteils [1/m];

$A_m$  die dem Brand ausgesetzte Oberfläche des Bauteils pro Längeneinheit [m<sup>2</sup>/m];

$V$  das Volumen des Bauteils pro Längeneinheit [m<sup>3</sup>/m];

$c_a$  die spezifische Wärmekapazität von Stahl nach Abschnitt 3 [J/kgK];

AC  $\dot{h}_{net,d}$  AC der flächenbezogene Bemessungswert des Nettowärmestroms [W/m<sup>2</sup>];

$\Delta t$  das Zeitintervall [Sekunden];

$\rho_a$  die Rohdichte von Stahl nach Abschnitt 3 [kg/m<sup>3</sup>].

(2) Bei I-Querschnitten unter nominaler Brandeinwirkung darf der Abschattungseffekt bestimmt werden mit:

$$k_{sh} = 0,9 [A_m/V]_b/[A_m/V] \quad (4.26a)$$

Dabei ist

$[A_m/V]_b$  der Profilmfaktor für den das Profil umschließenden Kasten.

In allen anderen Fällen sollte für  $k_{sh}$  der folgende Wert verwendet werden:

$$k_{sh} = [A_m/V]_b/[A_m/V] \quad (4.26b)$$

ANMERKUNG 1 Bei allen Querschnitten konvexer Form (z. B. rechteckige oder runde Hohlquerschnitte), die von allen Seiten dem Brand ausgesetzt sind, ist der Abschattungseffekt ohne Bedeutung, so dass er mit 1,0 angesetzt werden kann.

ANMERKUNG 2 Konservative Ergebnisse werden erzielt, wenn der Abschattungseffekt nicht berücksichtigt wird (d. h.  $k_{sh} = 1,0$ ).

(3) Die Größe von  $\dot{h}_{net,d}$  sollte nach EN 1991-1-2 unter Verwendung von  $\varepsilon_f = 1,0$  und  $\varepsilon_m$  nach 2.2 (2) ermittelt werden. Die Größen  $\varepsilon_f$  und  $\varepsilon_m$  sind in EN 1991-1-2 definiert.

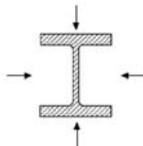
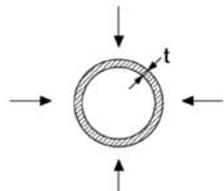
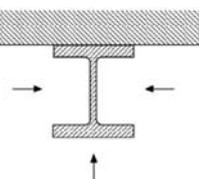
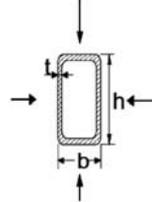
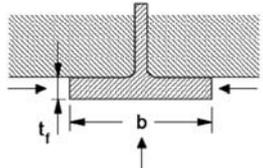
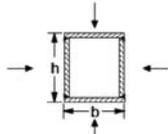
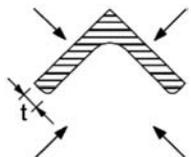
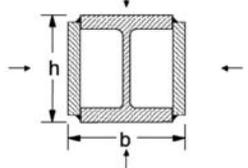
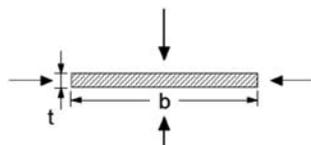
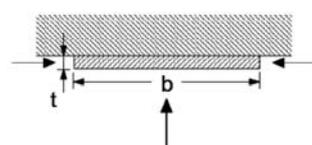
(4) Die Schrittweite  $\Delta t$  sollte nicht größer als 5 Sekunden sein.

(5) Die Größe des Profilmfaktors  $A_m / V$  in Gleichung (4.26) sollte nicht kleiner als  $10 \text{ m}^{-1}$  sein.

ANMERKUNG In Tabelle 4.2 werden einige Gleichungen zur Berechnung des Profilmfaktors  $A_m / V$  von ungeschützten Stahlbauteilen angegeben.

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 4.2 — Profilkfaktor  $A_m/V$  für ungeschützte Stahlbauteile**

<p>Offener Querschnitt mit allseitiger Brandeinwirkung:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{Umfang}}{\text{Querschnittsfläche}}$ 	<p>Rohr mit allseitiger Brandeinwirkung:</p> $A_m / V = 1 / t$ 
<p>Offener Querschnitt mit dreiseitiger Brandeinwirkung:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{brandbeanspruchte Oberfläche}}{\text{Querschnittsfläche}}$ 	<p>Hohlquerschnitt (oder geschweißter Kasten) mit allseitiger Brandeinwirkung:</p> <p>Wenn <math>t \ll b</math>: <math>A_m / V \approx 1 / t</math></p> 
<p>Flansch eines I-Querschnitts mit dreiseitiger Brandeinwirkung:</p> $A_m / V = (b + 2t_f) / (bt_f)$ <p>Wenn <math>t \ll b</math>: <math>A_m / V \approx 1 / t_f</math></p> 	<p>Geschweißter Kastenquerschnitt mit allseitiger Brandeinwirkung:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Querschnittsfläche}}$ <p>Wenn <math>t \ll b</math>: <math>A_m / V \approx 1 / t</math></p> 
<p>Winkel mit allseitiger Brandeinwirkung:</p> $A_m / V = 2/t$ 	<p>I-Querschnitt mit Kastenverstärkung und allseitiger Brandeinwirkung:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Querschnittsfläche}}$ 
<p>Flachstahl mit allseitiger Brandeinwirkung:</p> $A_m / V = 2(b+t) / (bt)$ <p>Wenn <math>t \ll b</math>: <math>A_m / V \approx 2 / t</math></p> 	<p>Flachstahl mit dreiseitiger Brandeinwirkung:</p> $A_m / V = (b + 2t) / (bt)$ <p>Wenn <math>t \ll b</math>: <math>A_m / V \approx 1 / t</math></p> 

**4.2.5.2 Innen liegende Stahlkonstruktionen, geschützt durch Brandschutzmaterialien**

(1) Bei gleichmäßiger Temperaturverteilung über den Querschnitt sollte der Temperaturanstieg  $\Delta\theta_{a,t}$  eines wärme gedämmten Stahlbauteils während des Zeitintervalls  $\Delta t$  berechnet werden nach:

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p / V (\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{d_p c_a \rho_a (1 + \phi/3)} \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t} \quad (\text{aber } \Delta\theta_{a,t} \geq 0 \text{ wenn } \Delta\theta_{g,t} > 0) \quad (4.27)$$

mit:

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} d_p A_p / V$$

Dabei ist

- $A_p / V$  der Profilmfaktor des wärme gedämmten Stahlbauteils [1/m];
- $A_p$  die Fläche des Brandschutzmaterials, bezogen auf die Bauteillänge [m<sup>2</sup>/m];
- $V$  das Bauteilvolumen, bezogen auf die Bauteillänge [m<sup>3</sup>/m];
- $c_a$  die temperaturabhängige spezifische Wärmekapazität von Stahl nach Abschnitt 3 [J/kgK];
- $c_p$  die temperaturunabhängige spezifische Wärmekapazität des Brandschutzmaterials [J/kgK];
- $d_p$  die Dicke des Brandschutzmaterials [m];
- $\Delta t$  das Zeitintervall [Sekunden];
- $\theta_{a,t}$  die Stahlfemperatur zum Zeitpunkt  $t$  [°C];
- $\theta_{g,t}$  die Temperatur der umgebenden Luft zum Zeitpunkt  $t$  [°C];
- $\Delta\theta_{g,t}$  der Anstieg der Umgebungstemperatur während des Zeitintervalls  $\Delta t$  [K];
- $\lambda_p$  die Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzsystems [W/mK];
- $\rho_a$  die Rohdichte von Stahl nach Abschnitt 3 [kg/m<sup>3</sup>];
- $\rho_p$  die Rohdichte des Brandschutzmaterials [kg/m<sup>3</sup>].

(2) Die Werte  $c_p$ ,  $\lambda_p$  and  $\rho_p$  sollten nach Abschnitt 3 berechnet werden.

(3) Der Wert  $\Delta t$  sollte nicht größer als 30 Sekunden gewählt werden.

(4) Für die Fläche  $A_p$  des Brandschutzmaterials sollte im Allgemeinen die innere Fläche angesetzt werden. Wenn es einen Zwischenraum zwischen Bauteil und Brandschutzverkleidung gibt, dann kann  $A_p$  wie bei einer Verkleidung, die ohne Zwischenraum angebracht ist, bestimmt werden.

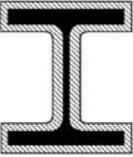
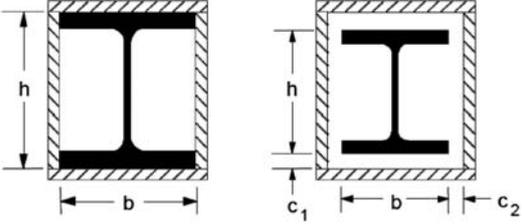
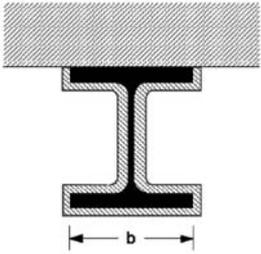
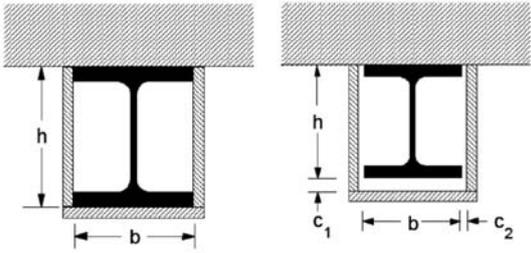
ANMERKUNG In Tabelle 4.3 werden einige Bemessungswerte für den Profilmfaktor  $A_p / V$  für wärme gedämmte Stahlbauteile angegeben.

(5) Bei feuchten Brandschutzmaterialien darf der Temperaturanstieg im Stahl  $\Delta\theta_a$  zur Berücksichtigung der zeitlichen Verzögerung bis zum Erreichen einer Stahlfemperatur von 100 °C modifiziert werden. Die zeitliche Verzögerung sollte nach einem Verfahren in Übereinstimmung ENV 13381-4 bestimmt werden.

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2005 (D)**

(6) Als Alternative zu 4.2.5.2 (1) kann die gleichmäßige Temperatur eines wärmedämmten Stahlbauteils unter Beanspruchung durch die Einheits-Temperaturzeitkurve zu einem bestimmten Zeitpunkt aus Tabellen, die nach ENV 13381-4 bestimmt wurden, entnommen werden.

**Tabelle 4.3 — Profilmfaktor  $A_p / V$  von Stahlbauteilen, die durch Brandschutzmaterialien geschützt sind**

Skizze	Beschreibung	Profilfaktor ( $A_p / V$ )
	Profilmfolgende Verkleidung konstanter Dicke	$\frac{\text{Stahlumfang}}{\text{Fläche des Stahlquerschnitts}}$
	Kastenverkleidung <sup>1)</sup> konstanter Dicke	$\frac{2(b+h)}{\text{Fläche des Stahlquerschnitts}}$
	Profilmfolgende Verkleidung konstanter Dicke mit dreiseitiger Brandbeanspruchung	$\frac{\text{Stahlumfang} - b}{\text{Fläche des Stahlquerschnitts}}$
	Kastenverkleidung <sup>1)</sup> konstanter Dicke mit dreiseitiger Brandbeanspruchung	$\frac{2h+b}{\text{Fläche des Stahlquerschnitts}}$

<sup>1)</sup> Die Größe der Zwischenräume  $c_1$  und  $c_2$  sollte  $h/4$  nicht überschreiten.

**4.2.5.3 Innen liegende Stahlkonstruktionen in Hohlräumen, geschützt durch Wärmeschilde**

(1) Die unten angegebenen Regeln gelten für die folgenden Fälle:

- Stahlbauteile in Hohlräumen, die oben durch eine Decke und unten durch ein Wärmeschild begrenzt sind, und
- Stahlbauteile in Hohlräumen, die durch vertikale Wärmeschilde auf beiden Seiten begrenzt sind,

In beiden Fällen wird vorausgesetzt, dass zwischen den Wärmeschildern und den Stahlbauteilen ein Spalt besteht. Sie gelten nicht bei unmittelbarer Berührung von Wärmeschild und Bauteil.

(2) Die Berechnung des Temperaturanstiegs  $\Delta\theta_a$  bei innen liegenden durch Wärmeschilde geschützten Stahlkonstruktionen sollte auf der Grundlage der in 4.2.5.1 oder 4.2.5.2 angegebenen Verfahren erfolgen. Dabei wird als Umgebungstemperatur  $\theta_{g,t}$  die Temperatur im Hohlraum verwendet.

(3) Die Eigenschaften und das Verhalten der Wärmeschilde sollten durch Versuche nach CEN/TS 13381-1 bzw. ENV 13381-2 ermittelt werden.

(4) Die Temperaturentwicklung in dem Hohlraum, in dem sich das Bauteil befindet, sollte durch Versuche nach CEN/TS 13381-1 bzw. ENV 13381-2 bestimmt werden.

#### **4.2.5.4 Außen liegende Stahlkonstruktionen**

(1) Bei der Bestimmung der Temperatur außen liegender Stahlkonstruktionen sind in der Regel zu berücksichtigen:

- der Wärmestrom durch Strahlung aus dem Brandabschnitt;
- der Wärmestrom durch Strahlung und Konvektion von aus Öffnungen herausschlagenden Flammen;
- der Wärmestrom durch Strahlung und Konvektion der Stahlkonstruktion an die Umgebung;
- die Größe und Lage der Bauteile.

(2) Es dürfen auf einer, zwei oder drei Seiten außen liegender Bauteile Wärmeschilde angebracht werden, um sie vor Wärmestrahlung zu schützen.

(3) Wärmeschilde sollten entweder:

- auf der Seite des Stahlbauteils, die geschützt werden soll, unmittelbar befestigt werden oder
- groß genug sein, um die ganze Seite vor der erwarteten Wärmestrahlung zu schützen.

(4) Wärmeschilde sollten nicht brennbar sein und mindestens einen Feuerwiderstand von EI 30 nach EN 13501-2 besitzen.

(5) Die Temperatur der durch Wärmeschilde geschützten außen liegenden Stahlkonstruktionen sollte wie in 4.2.5.4 (1) beschrieben ermittelt werden, wobei kein Wärmeübergang durch Strahlung an den abgeschirmten Seiten berücksichtigt zu werden braucht.

(6) Berechnungen dürfen auf der Grundlage stationärer Randbedingungen mit den in Anhang B angegebenen Verfahren durchgeführt werden.

(7) Berechnungen nach Anhang B dieses Teils 1-2 der EN 1993 sollten auf der Grundlage des in Anhang B der EN 1991-1-2 beschriebenen Modells erfolgen. Dieses Modell dient im Brandfall der Beschreibung der Randbedingungen im Brandabschnitt und der aus Öffnungen schlagenden Flammen, die der Berechnung des Wärmeübergangs durch Strahlung und Konvektion zugrunde gelegt werden sollten.

### **4.3 Erweiterte Berechnungsmodelle**

#### **4.3.1 Allgemeines**

(1) Die Untersuchung von Tragwerken unter Brandbeanspruchung mit erweiterten Berechnungsmodellen sollte realistisch sein. Sie sollte auf der Grundlage der physikalischen Gesetzmäßigkeiten eine verlässliche Annäherung an das erwartete Tragverhalten der maßgebenden Bauteile im Brandfall darstellen.

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

(2) Alle möglichen Versagensarten, die durch das erweiterte Berechnungsverfahren nicht erfasst werden (einschließlich lokalem Beulen und Schubversagen), sollten durch entsprechende Maßnahmen ausgeschlossen werden.

(3) Die erweiterten Berechnungsmodelle sollten Einzelberechnungen für

— die Temperaturentwicklung und -verteilung in den Bauteilen (thermisches Verhaltensmodell) und

— das Tragverhalten der Konstruktion oder Teilen davon (mechanisches Verhaltensmodell)

enthalten.

(4) Unter der Voraussetzung, dass die Materialeigenschaften im maßgebenden Temperaturbereich bekannt sind, dürfen erweiterte Berechnungsmodelle in Verbindung mit allen Brandkurven verwendet werden.

(5) Erweiterte Berechnungsmodelle dürfen auf jeden Querschnittstyp angewendet werden.

#### **4.3.2 Thermisches Verhalten**

(1) Erweiterte thermische Berechnungsverfahren zur Untersuchung des thermischen Verhaltens sollten auf anerkannten Grundlagen und Annahmen nach der Theorie der Wärmeübertragung beruhen.

(2) Das Berechnungsverfahren sollte berücksichtigen

— die maßgebenden thermischen Einwirkungen nach EN 1991-1-2;

— die Abhängigkeit der Materialeigenschaften von der Temperatur, siehe Abschnitt 3.

(3) Die Einflüsse ungleichmäßiger Temperatureinwirkung und der Wärmetransport in angrenzende Bauteile dürfen ggf. berücksichtigt werden.

(4) Jeder Feuchtegehalt sowie jede Feuchtigkeitsveränderung in Brandschutzmaterialien dürfen auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt werden.

#### **4.3.3 Tragverhalten**

(1) Erweiterte mechanische Berechnungen sollten auf anerkannten Grundlagen und Annahmen der technischen Mechanik unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit der Materialeigenschaften beruhen.

(2) Der Einfluss von Zwängungen und Spannungen infolge von Erwärmung und Temperaturgradienten sollte berücksichtigt werden.

(3) Das mechanische Berechnungsmodell sollte zusätzlich erfassen:

— den kombinierten Einfluss von mechanischen und thermischen Einwirkungen sowie geometrischen Imperfektionen;

— die Temperaturabhängigkeit der Materialeigenschaften nach Abschnitt 3;

— Einflüsse aus geometrischen Nichtlinearitäten;

— Einflüsse aus der Nichtlinearität des Werkstoffverhaltens, einschließlich ungünstiger Auswirkung von Be- und Entlastung auf die Tragwerkssteifigkeit.

(4) Unter der Voraussetzung, dass die Spannungs-Dehnungsbeziehungen nach Abschnitt 3 verwendet werden, kann das thermische Kriechen vernachlässigt werden.

(5) Die im Grenzzustand der Tragfähigkeit entstehenden Verformungen sollten begrenzt werden, um das Zusammenwirken aller Teile des Tragwerks sicherzustellen.

(6) Als Grenzzustand sollte auch Versagen durch Verlust der Auflagerung einzelner Bauteile infolge zu großer rechnerischer Verformungen berücksichtigt werden.

(7) Falls in entsprechenden Produktnormen nicht anders geregelt, sollte bei freistehenden vertikalen Bauteilen eine sinusförmige Anfangsimperfektion mit einer maximalen Größe von  $h/1\,000$  in Bauteilmitte angesetzt werden.

#### **4.3.4 Überprüfung erweiterter Berechnungsmodelle**

(1) Erweiterte Berechnungsmodelle sollten anhand entsprechender Versuchsergebnisse auf ihre Genauigkeit untersucht werden.

(2) Berechnungsergebnisse können sich auf Temperaturen, Verformungen und Feuerwiderstandsdauern beziehen.

(3) Um sicherzustellen, dass das Modell die grundsätzlichen Anforderungen erfüllt, sind die Werte der kritischen Parameter durch in der Regel Sensitivitätsanalysen zu überprüfen.

(4) Kritische Parameter können z. B. Knicklängen, Abmessungen und Lastniveaus sein.

## Anhang A (normativ)

### Verfestigung von Kohlenstoffstahl unter erhöhter Temperatur

(1) Die Verfestigung darf bei Temperaturen unter 400 °C wie folgt berücksichtigt werden (siehe 3.2):

— für  $0,02 < \varepsilon < 0,04$ :

$$\sigma_a = 50 (f_{u,\theta} - f_{y,\theta}) \varepsilon + 2 f_{y,\theta} - f_{u,\theta} \quad (\text{A.1a})$$

— für  $0,04 \leq \varepsilon \leq 0,15$ :

$$\sigma_a = f_{u,\theta} \quad (\text{A.1b})$$

— für  $0,15 < \varepsilon < 0,20$ :

$$\overline{\text{AC}} \sigma_a = f_{u,\theta} [1 - 20 (\varepsilon - 0,15)] \quad \overline{\text{AC}} (\text{A.1c})$$

— für  $\varepsilon \geq 0,20$ :

$$\sigma_a = 0,00 \quad (\text{A.1d})$$

Dabei ist

$f_{u,\theta}$  die Bruchfestigkeit unter erhöhter Temperatur unter Berücksichtigung der Verfestigung.

ANMERKUNG Die alternative Spannungs-Dehnungsbeziehung mit Berücksichtigung der Verfestigung ist in Bild A.1 dargestellt.

(2) Die Bruchfestigkeit unter Berücksichtigung der Verfestigung sollte für erhöhte Temperaturen wie folgt bestimmt werden:

— für  $\theta_a < 300$  °C:

$$f_{u,\theta} = 1,25 f_{y,\theta} \quad (\text{A.2a})$$

— für  $300$  °C  $\leq \theta_a < 400$  °C:

$$f_{u,\theta} = f_{y,\theta} (2 - 0,0025 \theta_a) \quad (\text{A.2b})$$

— für  $\theta_a \geq 400$  °C:

$$f_{u,\theta} = f_{y,\theta} \quad (\text{A.2c})$$

ANMERKUNG Die Abhängigkeit der Spannungs-Dehnungsbeziehung von der Temperatur ist in Bild A.2 dargestellt.

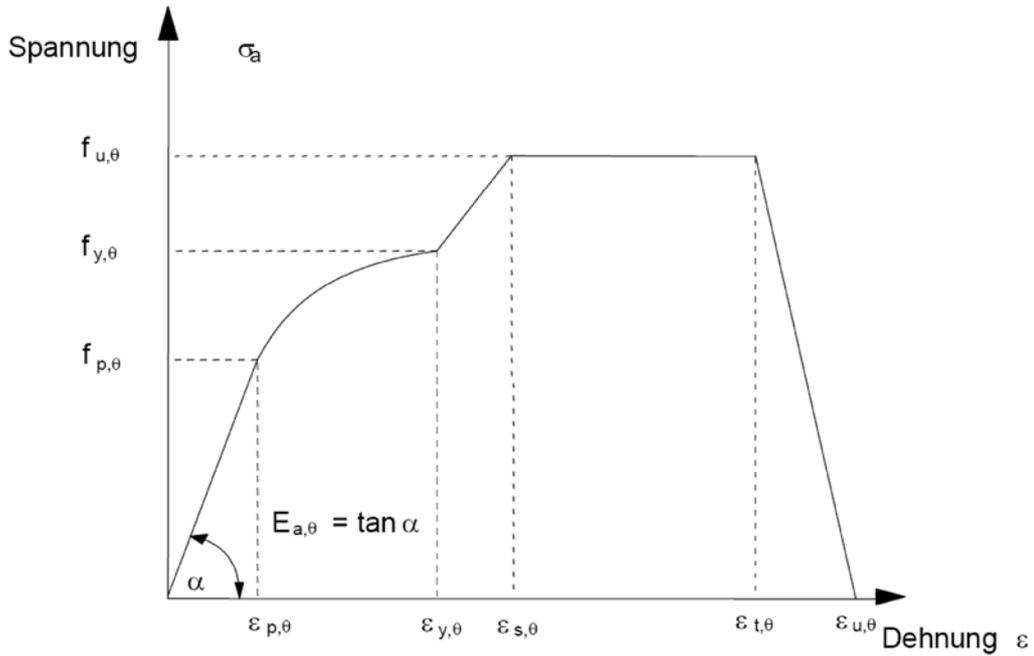


Bild A.1 — Alternative Spannungs-Dehnungsbeziehung von Stahl mit Berücksichtigung der Verfestigung

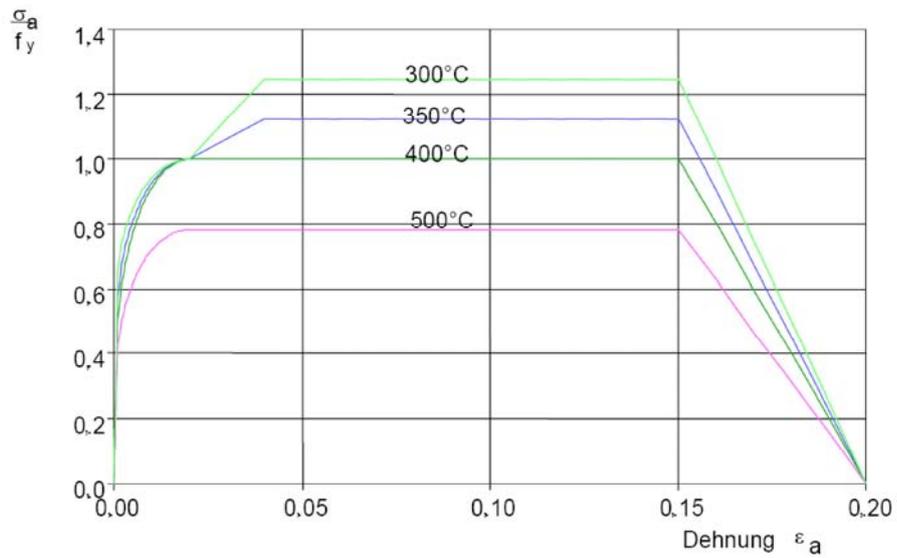


Bild A.2 — Alternative Spannungs-Dehnungsbeziehung von Stahl unter erhöhter Temperatur mit Berücksichtigung der Verfestigung

## **Anhang B** (normativ)

### **Wärmeübertragung auf außen liegende Stahlbauteile**

#### **B.1 Allgemeines**

##### **B.1.1 Grundlagen**

- (1) Dieser Anhang B gilt unter der Annahme, dass sich der Brandabschnitt nur über ein Stockwerk erstreckt und alle Fenster und vergleichbare Öffnungen rechteckig sind.
- (2) Die Temperaturen im Brandabschnitt, die Abmessungen und Temperaturen der aus den Öffnungen herausschlagenden Flammen sowie die Größen für die Wärmestrahlung und Konvektion sollten nach Anhang B von EN 1991-1-2 ermittelt werden.
- (3) Abhängig von der Lage eines Bauteils vor einer Öffnung sollte eine Unterscheidung zwischen direkt den Flammen ausgesetzten Bauteilen und nicht direkt den Flammen ausgesetzten Bauteilen gemacht werden.
- (4) Es sollte angenommen werden, dass ein Bauteil, das nicht direkt den Flammen ausgesetzt ist, von allen umliegenden Öffnungen und den daraus schlagenden Flammen Wärmestrahlen empfängt.
- (5) Ist ein Bauteil direkt den Flammen ausgesetzt, dann sollte davon ausgegangen werden, dass es von der Flamme durch Konvektion und Strahlung und aus der Öffnung, vor der es sich befindet, durch Wärmestrahlung Wärme aufnimmt. Die Wärmestrahlung von Flammen, die aus benachbarten Öffnungen schlagen, darf vernachlässigt werden.

##### **B.1.2 Vereinbarungen bei den Bauteilabmessungen**

- (1) Die Vereinbarungen bei den Bauteilabmessungen können Bild B.1 dargestellt entnommen werden.

##### **B.1.3 Wärmebilanz**

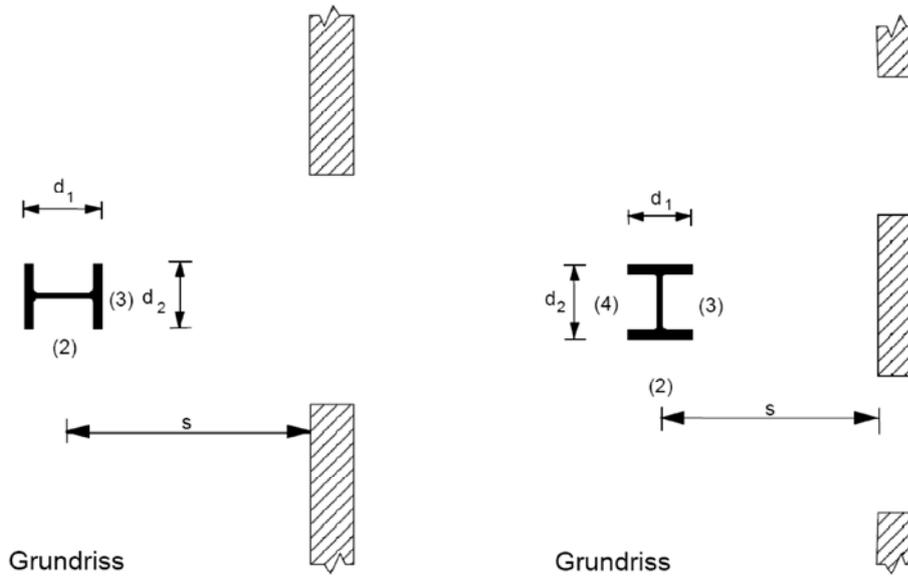
- (1) Die mittlere Temperatur  $T_m$  [K] eines nicht direkt den Flammen ausgesetzten Bauteils sollte durch Lösen der folgenden Wärmebilanz bestimmt werden:

$$\sigma T_m^4 + \alpha T_m = \Sigma I_z + \Sigma I_f + 293\alpha \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

- $\sigma$  die Stefan-Boltzmann-Konstante [ $56,7 \times 10^{-12} \text{ kW/m}^2\text{K}^4$ ];
- $\alpha$  der konvektive Wärmeübergangskoeffizient [ $\text{kW/m}^2\text{K}$ ];
- $I_z$  der Wärmestrom durch Strahlung einer Flamme [ $\text{kW/m}^2$ ];
- $I_f$  der Wärmestrom durch Strahlung aus der Öffnung [ $\text{kW/m}^2$ ].

- (2) Der konvektive Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha$  sollte Anhang B der EN 1991-1-2 für Feuer „mit Zwangsbe- und Entlüftung“ bzw. „ohne Zwangsbe- und Entlüftung“ unter Verwendung einer effektiven Querschnittsabmessung  $d = (d_1 + d_2) / 2$  entnommen werden.



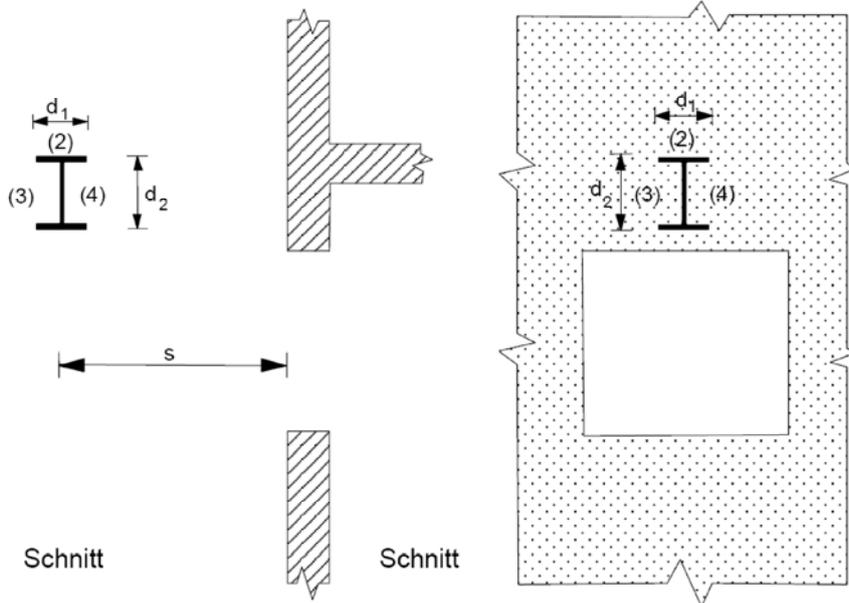
1) Stützen vor einer Öffnung

2) Stützen zwischen Öffnungen

1) Stützen vor einer Öffnung

2) Stützen zwischen Öffnungen

**a) Stützen**



1) Träger parallel zur Wand

2) Träger senkrecht zur Wand

1) Träger parallel zur Wand

2) Träger senkrecht zur Wand

**b) Träger**

**Bild B.1 — Bauteilabmessungen und Seiten**

(3) Die mittlere Temperatur  $T_m$  [K] eines direkt den Flammen ausgesetzt Bauteils sollte durch Lösen der folgenden Wärmebilanz bestimmt werden:

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

$$\sigma T_m^4 + \alpha T_m = I_z + I_f + \alpha T_z \quad (\text{B.2})$$

Dabei ist

$T_z$  die Temperatur der Flamme [K];

$I_z$  der Wärmestrom durch Strahlung einer Flamme [kW/m<sup>2</sup>];

$I_f$  der Wärmestrom durch Strahlung aus der davor liegenden Öffnung [kW/m<sup>2</sup>].

(4) Der Wärmestrom durch Strahlung  $I_z$  von Flammen sollte entsprechend der Art und Lage des Bauteils wie folgt bestimmt werden:

— Stützen, die nicht direkt den Flammen ausgesetzt sind: siehe B.2;

— Träger, die nicht direkt den Flammen ausgesetzt sind: siehe B.3;

— Stützen, die direkt den Flammen ausgesetzt sind: siehe B.4;

— Träger, die direkt den Flammen ausgesetzt sind: siehe B.5.

Andere Fälle dürfen analog durch geeignete Anpassung der in B.2 bis B.5 gegebenen Verfahren behandelt werden.

(5) Der Wärmestrom  $I_f$  durch Strahlung aus einer Öffnung sollte ermittelt werden mit:

$$I_f = \phi_f \varepsilon_f (1 - a_z) \sigma T_f^4 \quad (\text{B.3})$$

Dabei ist

$\phi_f$  der Gesamtkonfigurationsfaktor des Bauteils für die Wärmestrahlung aus der Öffnung;

$\varepsilon_f$  der Emissionswert;

$a_z$  der Absorptionswert der Flammen;

$T_f$  die Temperatur des Brandes [K] nach Anhang B der EN 1991-1-2.

(6) Der Emissionswert  $\varepsilon_f$  einer Öffnung sollte als Einheitswert angenommen werden, siehe Anhang B der EN 1991-1-2.

(7) Der Absorptionswert  $a_z$  der Flammen sollte nach B.2 bis B.5 ermittelt werden.

#### **B.1.4 Gesamtkonfigurationsfaktoren**

(1) Der Gesamtkonfigurationsfaktor  $\phi_f$  eines Bauteils zur Berechnung der Wärmeübertragung durch Strahlung aus einer Öffnung sollte wie folgt berechnet werden:

$$\phi_f = \frac{(C_1 \phi_{f1} + C_2 \phi_{f2}) d_1 + (C_3 \phi_{f3} + C_4 \phi_{f4}) d_2}{(C_1 + C_2) d_1 + (C_3 + C_4) d_2} \quad (\text{B.4})$$

Dabei ist

$\phi_{f,i}$  der Konfigurationsfaktor einer Bauteilseite  $i$  zu dieser Öffnung, siehe Anhang G der EN 1991-1-2;

$d_i$  die Abmessung der Bauteilseite  $i$ ;

$C_i$  der Schutzbeiwert der Bauteilseite  $i$ , definiert wie folgt:

- für eine geschützte Seite:  $C_i = 0$
- für eine ungeschützte Seite:  $C_i = 1$

(2) Der Konfigurationsfaktor  $\phi_{f,i}$  einer von der Öffnung nicht sichtbaren Bauteilseite sollte zu null gesetzt werden.

(3) Der Gesamtkonfigurationsfaktor  $\phi_z$  für die Berechnung der Wärmestrahlung einer Flamme sollte wie folgt berechnet werden:

$$\phi_z = \frac{(C_1\phi_{z,1} + C_2\phi_{z,2})d_1 + (C_3\phi_{z,3} + C_4\phi_{z,4})d_2}{(C_1 + C_2)d_1 + (C_3 + C_4)d_2} \quad (\text{B.5})$$

Dabei ist

$\phi_{z,i}$  der Konfigurationsfaktor der Bauteilseite  $i$  für diese Flamme, siehe Anhang G der EN 1991-1-2.

(4) Die Konfigurationsfaktoren  $\phi_{z,i}$  für die Wärmestrahlung der Flammen der einzelnen Bauteilseiten  $i$  dürfen mit Hilfe von äquivalenten rechteckigen Flammenabmessungen berechnet werden. Die Abmessungen und Lagen der Rechtecke, die die Vorderfläche und Seitenflächen der Flammen darstellen, sollten für Stützen nach B.2 und für Träger nach B.3 berechnet werden. Für alle anderen Zwecke sollten die Flammenabmessungen nach Anhang B von EN 1991-1-2 verwendet werden.

(5) Der Konfigurationsfaktor  $\phi_{z,i}$  einer Bauteilfläche  $i$ , von der aus die Flamme nicht sichtbar ist, sollte zu null angenommen werden.

(6) Eine Bauteilseite darf nach 4.2.5.4 durch einen Wärmeschild geschützt sein. Eine Bauteilseite, die direkt an der Wand des Brandabschnitts befestigt ist, darf als geschützt betrachtet werden, wenn sich in diesem Teil der Wand keine Öffnungen befinden. Alle anderen Bauteilseiten sollten als ungeschützt betrachtet werden.

## B.2 Nicht direkt beflamnte Stützen

### B.2.1 Wärmeübertragung durch Strahlung

(1) Es sollte zwischen Stützen, die vor einer Öffnung stehen, und Stützen, die zwischen Öffnungen stehen, unterschieden werden.

ANMERKUNG Siehe Bild B.2

(2) Wenn eine Stütze vor einer Öffnung steht, dann sollte der Wärmestrom  $I_z$  durch die Strahlung berechnet werden nach:

$$I_z = \phi_z \varepsilon_z \sigma T_z^4 \quad (\text{B.6})$$

Dabei ist

- $\phi_z$  der Gesamtkonfigurationsfaktor für Wärmestrahlung der Flamme, siehe B.1.4;
- $\varepsilon_z$  der Emissionswert der Flamme, siehe B.2.2;
- $T_z$  die Temperatur der Flamme [K] nach B.2.3.

ANMERKUNG Siehe Bild B.3.

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

(3) Für Stützen zwischen Öffnungen sollte der Wärmestrom durch Strahlung  $I_z$  der Flamme von jeder Seite berechnet werden nach:

$$I_z = (\phi_{z,m} \varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n} \varepsilon_{z,n}) \sigma T_z^4 \quad (\text{B.7})$$

Dabei ist

$\phi_{z,m}$  der Gesamtkonfigurationsfaktor der Stütze für die Wärmestrahlung der Flammen auf der Seite  $m$ , siehe B.1.4;

$\phi_{z,n}$  der Gesamtkonfigurationsfaktor der Stütze für die Wärmestrahlung der Flammen auf der Seite  $n$ , siehe B.1.4;

$\varepsilon_{z,m}$  der Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite  $m$ , siehe B.2.2;

$\varepsilon_{z,n}$  der Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite  $n$ , siehe B.2.2.

ANMERKUNG Siehe Bild B.4.

### B.2.2 Emissionswert der Flamme

(1) Wenn die Stütze vor einer Öffnung steht, sollte der Emissionswert  $\varepsilon_z$  der Flamme mit der in Anhang B der EN 1991-1-2 angegebenen Gleichung für  $\varepsilon$  mit der Flammendicke  $\lambda$  an der Oberkante der Öffnung ermittelt werden. Wenn keine oben liegenden Balkone oder Markisen vorhanden sind, darf  $\lambda$  wie folgt berechnet werden:

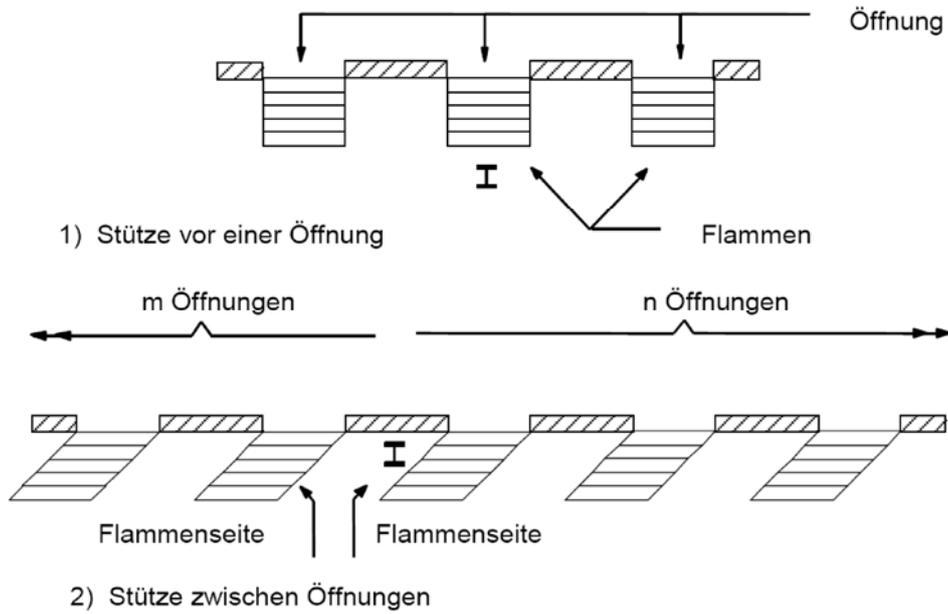
— „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

$$\lambda = 2h / 3 \quad (\text{B.8a})$$

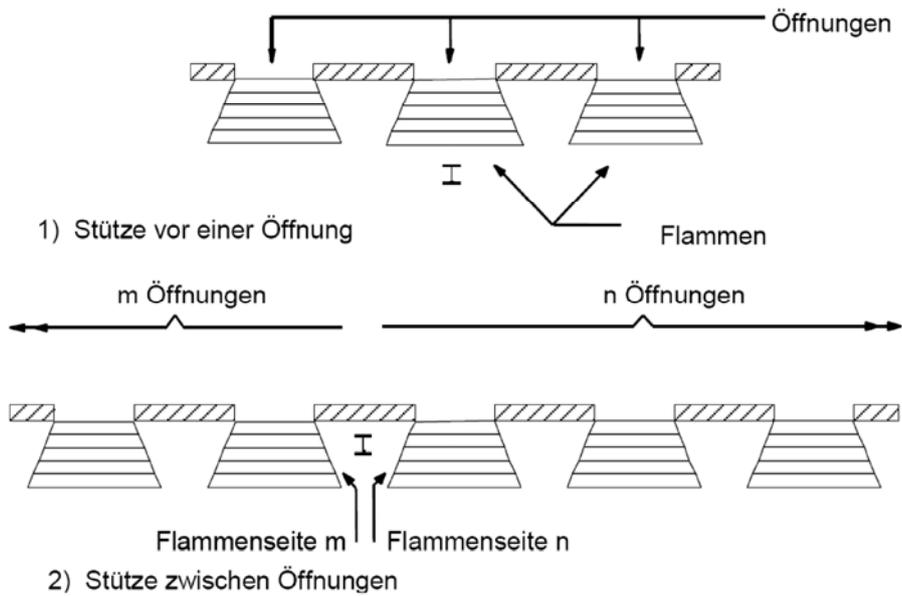
— „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

$$\lambda = x \text{ aber } \lambda \leq hx / z \quad (\text{B.8b})$$

Dabei sind  $h$ ,  $x$  and  $z$  wie in EN 1991-1-2, Anhang B, angegeben.



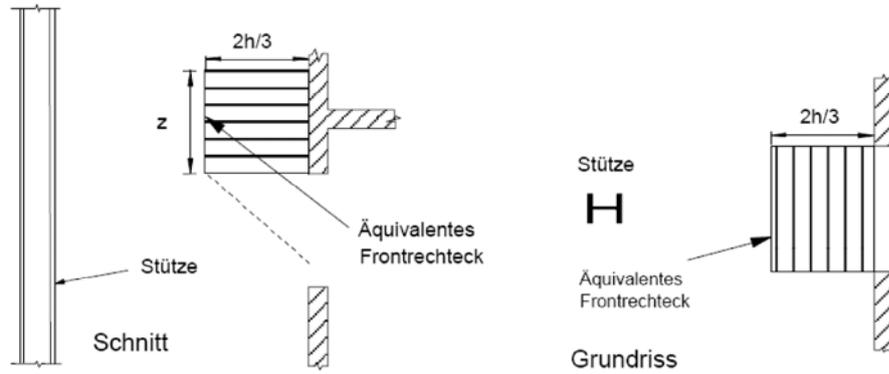
a) Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“



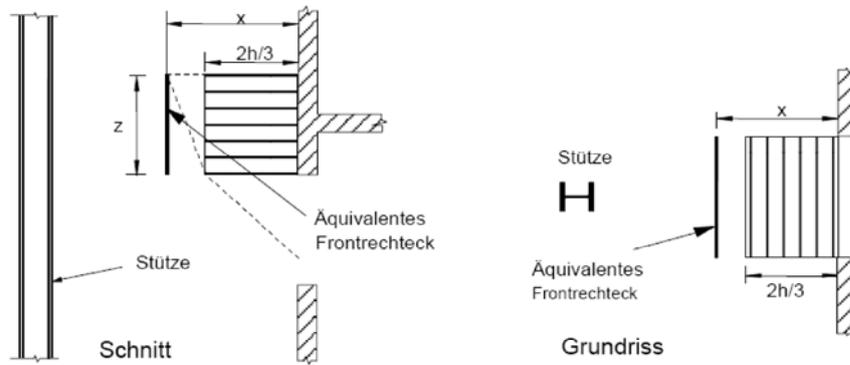
b) Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“

Bild B.2 — Stützenpositionen

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

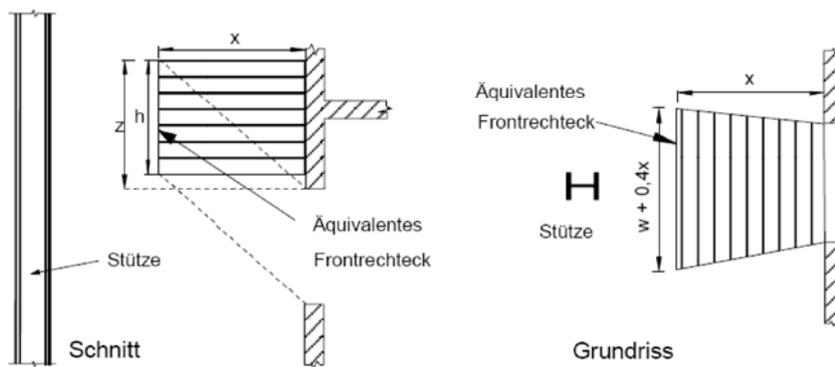


1) mit Wand darüber und  $h < 1,25w$



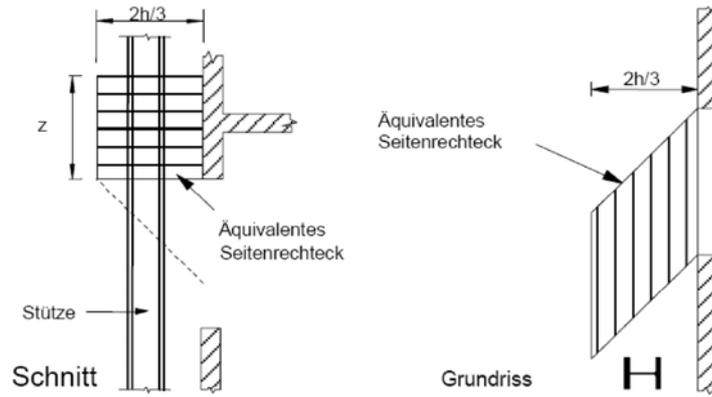
2) mit Wand darüber und  $h > 1,25w$  oder ohne Wand darüber

**a) Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**

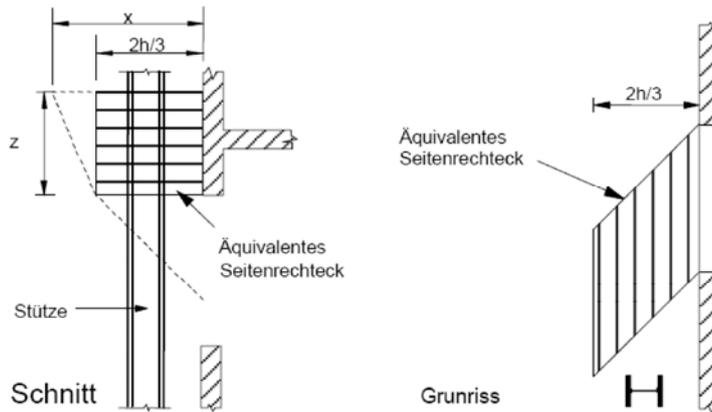


**b) Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**

**Bild B.3 — Stütze vor Öffnung**

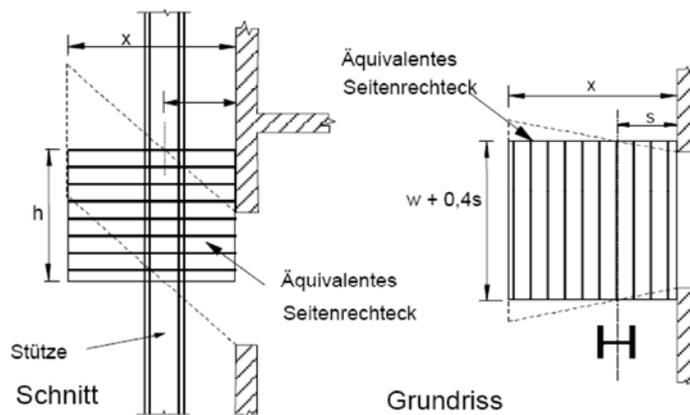


1) Mit Wand darüber und  $h < 1,25w$



2) Mit Wand darüber und  $h > 1,25w$  oder ohne Wand darüber

**a) Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**



**b) Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**

**Bild B.4 — Stütze zwischen Öffnungen**

(2) Wenn die Stütze zwischen zwei Öffnungen steht, sollten die Emissionswerte  $\varepsilon_{z,m}$  und  $\varepsilon_{z,n}$  der Flammen auf den Seiten  $m$  und  $n$  mit der Gleichung für  $\varepsilon$  nach Anhang B der EN 1991-1-2 bestimmt werden. Die dabei zu verwendende Flammendicke  $\lambda$  ergibt sich zu:

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

— für Seite  $m$  :

$$\lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i \quad (\text{B.9a})$$

— für Seite  $n$  :

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (\text{B.9b})$$

Dabei ist

$m$  die Zahl der Öffnungen auf der Seite  $m$ ;

$n$  die Zahl der Öffnungen auf der Seite  $n$ ;

$\lambda_i$  die Flammendicke für die Öffnung  $i$ .

(3) Die Flammendicke  $\lambda_i$  sollte wie folgt angenommen werden:

— für den Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

$$\lambda_i = w_i \quad (\text{B.10a})$$

— für den Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

$$\lambda_i = w_i + 0,4 s \quad (\text{B.10b})$$

Dabei ist

$w_i$  die Breite der Öffnung;

$s$  die horizontale Entfernung der Stützenachse von der Wand des Brandabschnitts, siehe Bild B.1.

### B.2.3 Flammentemperatur

(1) Die Flammentemperatur  $T_z$  sollte mit der in Anhang B der EN 1991-1-2 angegebenen Gleichung für  $T_z$  im Abstand  $l$  von der Öffnung ermittelt werden. Die Länge wird entlang der Flammenachse gemessen und ergibt sich wie folgt:

— für den Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

$$l = h / 2 \quad (\text{B.11a})$$

— für den Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

— für eine Stütze vor einer Öffnung:

$$l = 0 \quad (\text{B.11b})$$

— bei einer Stütze zwischen Öffnungen ist die Länge  $l$  entlang der Flammenachse bis zu einem Punkt, der im horizontalen Abstand  $s$  von der Wand des Brandabschnitts liegt, zu bestimmen. Wenn sich keine Markisen oder Balkone über der Öffnung befinden, ergibt sich  $l$  zu:

$$l = s X / x \quad (\text{B.11c})$$

Dabei sind  $X$  und  $x$  nach EN 1991-1-2, Anhang B, festgelegt.

### B.2.4 Absorptionswert der Flamme

- (1) Im Falle „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“ sollte der Absorptionswert der Flamme  $a_z$  zu null angenommen werden.
- (2) Im Falle „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“ sollte der Absorptionswert der Flamme  $a_z$  die gleiche Größe haben wie der Emissionswert  $\varepsilon_z$  der maßgebenden Flamme, siehe B.2.2.

## B.3 Nicht direkt beflammter Träger

### B.3.1 Wärmeübertragung durch Strahlung

- (1) B.3 gilt unter der Annahme, dass die Unterseite des Trägers über der Oberkante der Öffnung des Brandabschnitts liegt.
- (2) Es sollte eine Unterscheidung zwischen Trägern, die parallel zu der äußeren Wand des Brandabschnitts liegen, und Trägern, die senkrecht dazu angebracht sind, gemacht werden, siehe Bild B.5.
- (3) Wenn der Träger parallel zu der Außenwand des Brandabschnitts liegt, sollte die Temperatur des Stahlbauteils  $T_m$  an einem Punkt in dem Trägerbereich direkt über der Öffnung ermittelt werden. In diesem Fall wird der Wärmestrom durch Strahlung berechnet nach:

$$I_z = \phi_z \varepsilon_z \sigma T_z^4 \quad (\text{B.12})$$

Dabei ist

$\phi_z$  der Gesamtkonfigurationsfaktor der direkt vor dem Träger befindlichen Flamme, siehe B.1.4;

$\varepsilon_z$  der Emissionswert der Flamme, siehe B.3.2;

$T_z$  die Temperatur der Flamme nach B.3.3 [K] .

- (4) Befindet sich der Träger senkrecht auf der Außenwand des Brandabschnittes, dann sollten die Temperaturen an einer Reihe von 100 mm weit auseinander liegenden Punkten entlang des Trägers bestimmt werden. Als Bauteiltemperatur  $T_m$  sollte die größte der ermittelten Temperaturen angenommen werden. In diesem Fall wird der Wärmestrom durch Strahlung  $I_z$  wie folgt ermittelt:

$$I_z = ( \phi_{z,m} \varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n} \varepsilon_{z,n} ) \sigma T_z^4 \quad (\text{B.13})$$

Dabei ist

$\phi_{z,m}$  der Gesamtkonfigurationsfaktor für Flammen auf der Seite  $m$  , siehe B.3.2;

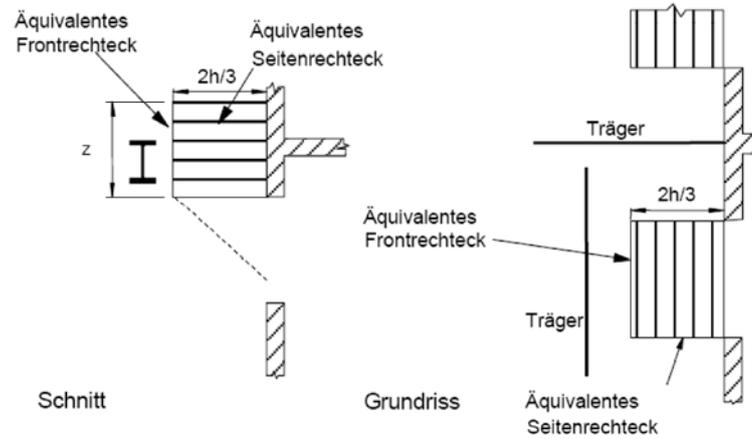
$\phi_{z,n}$  der Gesamtkonfigurationsfaktor für Flammen auf der Seite  $n$  , siehe B.3.2;

$\varepsilon_{z,m}$  der Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite  $m$  , siehe B.3.3;

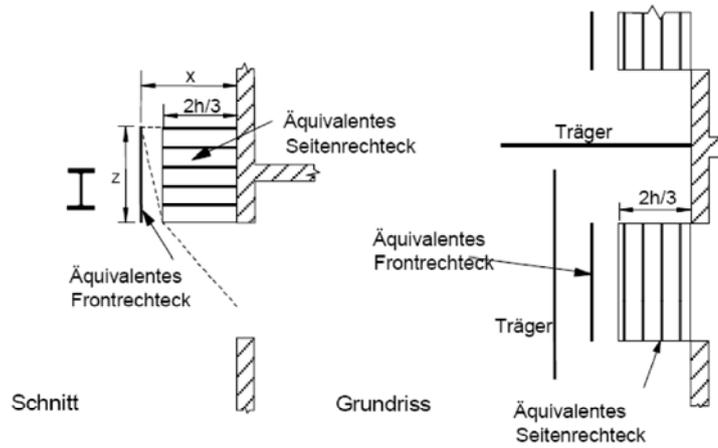
$\varepsilon_{z,n}$  der Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite  $n$  , siehe B.3.3;

$T_z$  die Flammentemperatur [K] , siehe B.3.4.

**DIN EN 1993-1-2:2010-12  
EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

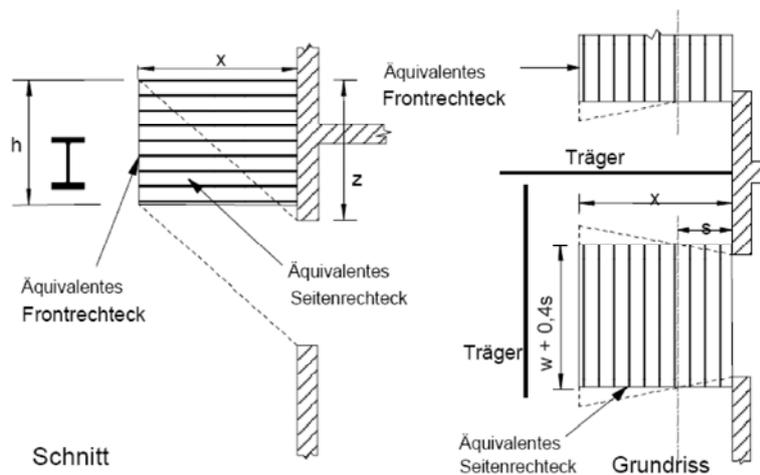


1) Mit Wand darüber und  $h < 1,25w$



2) Mit Wand darüber und  $h > 1,25w$  oder ohne Wand darüber

**a) Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**



**b) Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**

**Bild B.5 — Nicht direkt beflamfter Träger**

**B.3.2 Emissionswert der Flamme**

(1) Wenn der Träger parallel zu der Außenwand des Brandabschnitts liegt und sich oberhalb einer Öffnung befindet, sollte der Emissionswert  $\varepsilon_z$  der Flamme mit der in Anhang B der EN 1991-1-2 angegebenen Gleichung für  $\varepsilon$  mit der Flammendicke  $\lambda$  an der Oberkante der Öffnung ermittelt werden. Wenn keine oben liegenden Balkone oder Markisen vorhanden sind, darf  $\lambda$  wie folgt berechnet werden:

— für den Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

$$\lambda = 2h / 3 \quad (\text{B.14a})$$

— für den Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

$$\lambda = x \text{ aber } \lambda \leq hx / z \quad (\text{B.14b})$$

Dabei sind  $h$ ,  $x$  und  $z$  wie in EN 1991-1-2, Anhang B, angegeben.

(2) Wenn der Träger senkrecht auf der Außenwand des Brandabschnittes liegt und sich zwischen zwei Öffnungen befindet, dann sollten die Gesamtemissionswerte  $\varepsilon_{z,m}$  und  $\varepsilon_{z,n}$  der Flammen auf den Seiten  $m$  und  $n$  mit der Gleichung für  $\varepsilon$  nach Anhang B der EN 1991-1-2 bestimmt werden. Die dabei zu verwendende Flammendicke  $\lambda$  ergibt sich zu:

— für Seite  $m$  :

$$\lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i \quad (\text{B.15a})$$

— für Seite  $n$  :

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (\text{B.15b})$$

Dabei ist

$m$  die Zahl der Öffnungen auf der Seite  $m$  ;

$n$  die Zahl der Öffnungen auf der Seite  $n$  ;

$\lambda_i$  die Flammendicke für die Öffnung  $i$  .

(3) Die Flammendicke  $\lambda_i$  sollte wie folgt angenommen werden:

— für den Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

$$\lambda_i = w_i \quad (\text{B.16a})$$

— für den Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

$$\lambda_i = w_i + 0,4 \text{ s} \quad (\text{B.16b})$$

Dabei ist

$w_i$  die Breite der Öffnung;

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

s der horizontale Abstand zwischen der Wand des Brandabschnittes und der betrachteten Stelle des Balkens, siehe Bild B.5.

### B.3.3 Flammentemperatur

(1) Die Flammentemperatur  $T_z$  in der Flammenachse sollte mit der in Anhang B der EN 1991-1-2 angegebenen Gleichung für  $T_z$  im Abstand  $l$  von der Öffnung ermittelt werden. Die Länge wird entlang der Flammenachse gemessen und ergibt sich wie folgt:

— für den Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

$$l = h / 2 \quad (\text{B.17a})$$

— für den Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

— für Träger parallel zur Außenwand des Brandabschnittes und oberhalb einer Öffnung:

$$l = 0 \quad (\text{B.17b})$$

— für Träger senkrecht zur Außenwand des Brandabschnittes und zwischen Öffnungen ist  $l$  die Länge entlang der Flammenachse bis zu einem Punkt, der im horizontalen Abstand  $s$  von der Wand des Brandabschnittes entfernt liegt. Wenn sich keine Markisen oder Balkone über der Öffnung befinden, ergibt sich  $l$  zu:

$$l = s X / x \quad (\text{B.17c})$$

Dabei sind  $X$  und  $x$  wie in Anhang B von EN 1991-1-2 angegeben.

### B.3.4 Absorptionswert der Flamme

(1) Im Falle „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“ sollte der Absorptionswert der Flamme  $a_z$  zu null angenommen werden.

(2) Im Falle „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“ sollte der Absorptionswert der Flamme  $a_z$  die gleiche Größe haben wie der Emissionswert  $\varepsilon_z$  der maßgebenden Flamme, siehe B.3.2.

## B.4 Direkt beflamnte Stützen

(1) Der Wärmestrom  $I_z$  infolge der Wärmestrahlung der Flammen sollte berechnet werden mit:

$$\boxed{\text{AC}} \quad I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2}) \cdot d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2} \quad \boxed{\text{AC}} (\text{B.18})$$

mit:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_z^4$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_z^4$$

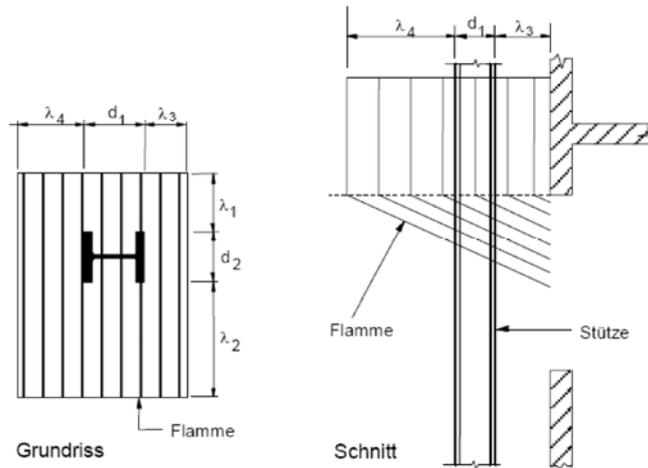
$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma T_o^4$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma T_z^4$$

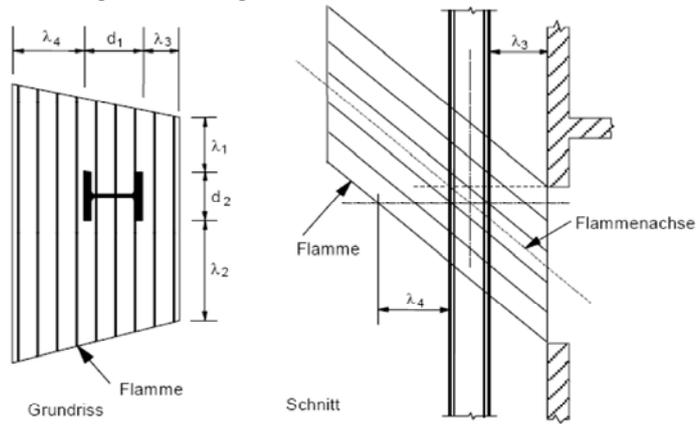
Dabei ist

- $I_{z,i}$  der Wärmestrom durch Strahlung von der Flamme zu der Stützenseite  $i$ ;
- $\varepsilon_{z,i}$  der Emissionswert von Flammen bezüglich der Stützenseite  $i$ ;
- $i$  die Bezeichnung der Stützenseite (1), (2), (3) oder (4);
- $C_i$  der Schutzbeiwert der Bauteilseite  $i$ , siehe B.1.4;
- $T_z$  die Flammentemperatur [K];
- $T_o$  die Flammentemperatur an der Öffnung [K] nach Anhang B der EN 1991-1-2.

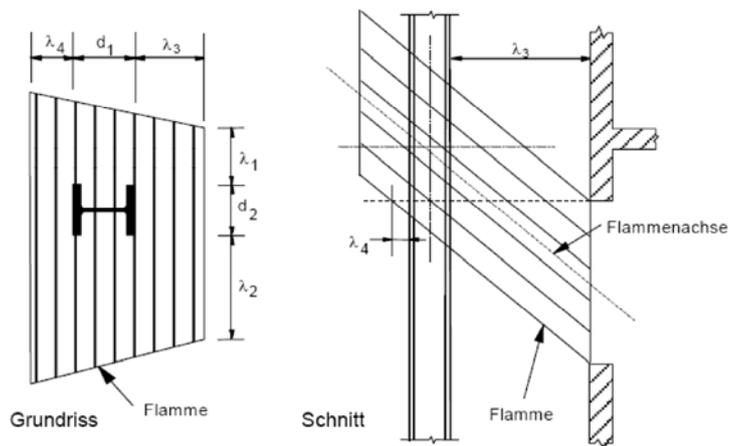
**DIN EN 1993-1-2:2010-12  
EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**



**a) Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**



**1) Flammenachse schneidet Stützenachse unter Öffnungsoberkante**



**2) Flammenachse schneidet Stützenachse über Öffnungsoberkante**

**b) Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**

**Bild B.6 — Direkt beflamnte Stütze**

(2) Der Emissionswert der Flammen  $\varepsilon_{z,i}$  für jede Stützensseite 1, 2, 3 und 4 sollte mit der Gleichung für  $\varepsilon$ , die in Anhang B der EN 1991-1-2 angegeben ist, bestimmt werden. Die Flammendicke  $\lambda$  sollte entsprechend der in Bild B.6 für die jeweilige Stützensseite  $i$  angegebene Flammendicke  $\lambda_i$  angenommen werden.

(3) Im Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“ sollten die Flammendicken  $\lambda_i$  an der Oberkante der Öffnung ermittelt werden, siehe Bild B.6 (a).

(4) Im Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“ ist zu unterscheiden, ob der Schnittpunkt von Flammenachse und Schwerelinie der Stütze unter oder über der Oberkante der Öffnung liegt. Liegt er unterhalb der Öffnungsoberkante, dann wird die Flammendicke  $\lambda_i$  in Höhe der Öffnungsoberkante bestimmt, siehe Bild B.6 b) (1). Liegt der Schnittpunkt oberhalb der Öffnung, dann werden die Flammendicken  $\lambda_i$  in Höhe der Öffnungsoberkante bestimmt, siehe Bild B.6 b) (2). Ist in diesem Fall die Flammendicke  $\lambda_4 < 0$ , dann sind die Flammendicken in der Höhe zu ermitteln, in der  $\lambda_4 = 0$  ist.

(5) Die Flammentemperatur  $T_z$  sollte mit der in Anhang B der EN 1991-1-2 angegebenen Gleichung für  $T_z$  im Abstand  $l$  von der Öffnung ermittelt werden. Die Länge wird entlang der Flammenachse gemessen und ergibt sich wie folgt:

— für den Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“:

$$l = h / 2 \quad (\text{B.19a})$$

— für den Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“ ist  $l$  die Strecke auf der Flammenachse bis zu der Höhe, in der  $\lambda_i$  bestimmt wird. Unter der Voraussetzung, dass sich keine Balkone oder Markisen oberhalb der Öffnung befinden, gilt:

$$l = (\lambda_3 + 0,5 d_1) X / x \text{ aber } l \leq 0,5 hX / z \quad (\text{B.19b})$$

Dabei sind  $h$ ,  $X$ ,  $x$  und  $z$  die Werte wie in EN 1991-1-2, Anhang B, angegeben.

(6) Der Absorptionswert der Flammen  $a_z$  sollte wie folgt berechnet werden:

$$a_z = \frac{\varepsilon_{z,1} + \varepsilon_{z,2} + \varepsilon_{z,3}}{3} \quad (\text{B.20})$$

Dabei sind  $\varepsilon_{z,1}$ ,  $\varepsilon_{z,2}$  und  $\varepsilon_{z,3}$  die Emissionswerte der Stützensseiten 1, 2 und 3.

## B.5 Vollständig oder teilweise beflammete Träger

### B.5.1 Wärmeübertragung durch Strahlung

#### B.5.1.1 Allgemeines

(1) Für B.5 gilt die Annahme, dass die Unterkante des Trägers nicht unter der Oberkante der Öffnung liegt.

(2) Es sollte eine Unterscheidung zwischen Trägern, die parallel zu der Außenwand des Brandabschnitts liegen, und solchen, die senkrecht dazu liegen, gemacht werden, siehe Bild B.7.

(3) Wenn der Träger parallel zu der Außenwand des Brandabschnitts liegt, sollte die mittlere Temperatur des Stahlbauteils  $T_m$  an einem Punkt im Trägerbereich direkt über der Öffnung ermittelt werden.

(4) Befindet der Träger senkrecht auf der Außenwand des Brandabschnitts, dann sollten die Temperaturen an einer Reihe von 100 mm auseinander liegenden Punkten entlang des Trägers bestimmt werden. Als Bauteiltemperatur  $T_m$  sollte die größte der ermittelten Temperaturen angenommen werden.

(5) Der Wärmestrom  $I_z$  infolge der Wärmestrahlung der Flamme sollte berechnet werden mit:

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

$$\boxed{\text{AC}} \quad I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2}) \cdot d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4}) \cdot d_2}{(C_1 + C_2) \cdot d_1 + (C_3 + C_4) \cdot d_2} \quad \boxed{\text{AC}} \text{(B.21)}$$

Dabei ist

$I_{z,i}$  der Wärmestrom durch Strahlung von der Flamme zu der Trägerseite  $i$ ;

$i$  die Bezeichnung der Stützenseite (1), (2), (3) oder (4).

**B.5.1.2 Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**

(1) Im Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“ sollte eine Unterscheidung zwischen den Fällen gemacht werden, in denen die Oberseite der Flamme über der Trägeroberkante liegt, und denen, in denen sie darunter liegt.

(2) Falls die Flammenoberseite über der Trägeroberkante liegt, gilt:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad \text{(B.22a)}$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad \text{(B.22b)}$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad \text{(B.22c)}$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad \text{(B.22d)}$$

Dabei ist

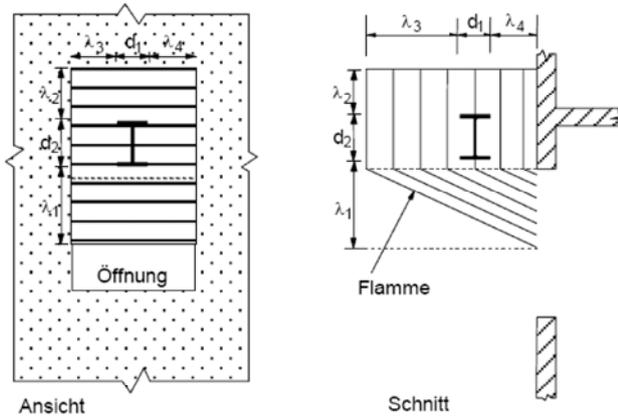
$\varepsilon_{z,i}$  der Emissionswert von Flammen bezüglich der Trägerseite  $i$ , siehe B.5.2;

$T_o$  die Temperatur an der Öffnung [K] nach EN 1991-1-2, Anhang B;

$T_{z,1}$  die Flammentemperatur [K] nach EN 1991-1-2, Anhang B, in Höhe der Trägerunterkante;

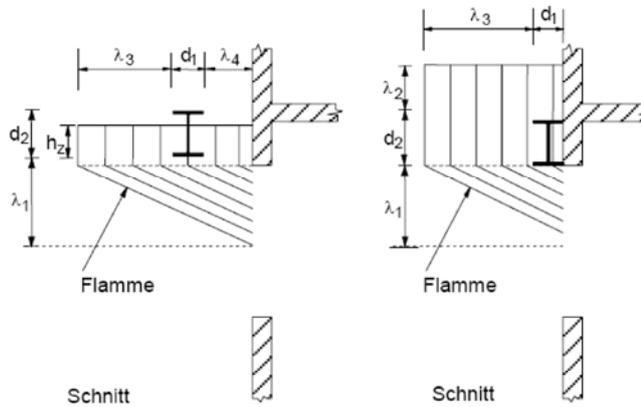
$T_{z,2}$  die Flammentemperatur [K] nach EN 1991-1-2, Anhang B, in Höhe der Trägeroberkante.

(3) Falls ein Träger parallel zu der Außenwand des Brandabschnitts verläuft und an dieser Wand anliegt, darf  $C_4$  zu null angenommen werden, siehe Bild B.7.



1) Träger senkrecht zur Wand

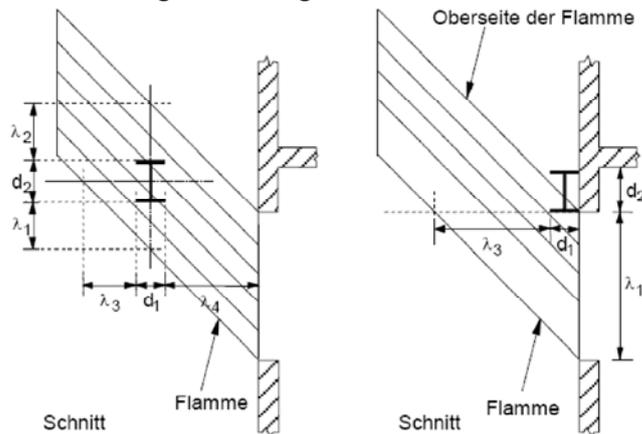
2) Träger parallel zur Wand



3) Oberseite der Flamme unter Trägeroberkante

4) An der Wand anliegender Träger

**a) Fall „ohne Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**



1) Träger ohne Wandkontakt

2) An der Wand anliegender Träger

**b) Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**

**Bild B.7 — Beflammter Träger**

(4) Falls die Oberseite der Flamme unter der Oberkante des Trägers liegt, gilt in der Regel:

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.23a})$$

$$I_{z,2} = 0 \quad (\text{B.23b})$$

$$I_{z,3} = (h_z / d_2) C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_x^4) / 2 \quad (\text{B.23c})$$

$$I_{z,4} = (h_z / d_2) C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_x^4) / 2 \quad (\text{B.23d})$$

Dabei ist

$T_x$  die Temperatur an der Flammenoberseite [813 K];

$h_z$  der Höhe der Flammenoberseite über der Trägerunterkante.

**B.5.1.3 Fall „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“**

(1) Im Falle „mit Zwangsbe- und Zwangsentlüftung“ sollte bei parallel zur Außenwand des Brandabschnitts verlaufenden Trägern zwischen an der Wand anliegenden Trägern und nicht anliegenden Trägern unterschieden werden.

ANMERKUNG Siehe Bild B.7.

(2) Für nicht an der Wand anliegende oder senkrecht darauf stehende Träger gilt in der Regel:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.24a})$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (\text{B.24b})$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.24c})$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.24d})$$

(3) Wenn der Träger direkt an der Wand anliegt, sollte nur von der Trägerunterseite angenommen werden, dass sie direkt den Flammen ausgesetzt ist. Seitenfläche und Oberseite des Trägers werden dann lediglich durch die Wärmestrahlung der Flammenoberseite betroffen, siehe Bild B.7 b) (2). Deshalb gilt:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.25a})$$

$$I_{z,2} = \phi_{z,2} C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (\text{B.25b})$$

$$I_{z,3} = \phi_{z,3} C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.25c})$$

$$I_{z,4} = 0 \quad (\text{B.25d})$$

Dabei ist  $\phi_{z,i}$  der Konfigurationsfaktor der Flammenoberseite bezüglich der Seite  $i$  des Trägers nach Anhang G von EN 1991-1-2.

**B.5.2 Emissionswert der Flamme**

(1) Der Emissionswert der Flamme  $\varepsilon_{z,i}$  für die Seiten 1, 2, 3 und 4 des Trägers sollte mit der in Anhang B der EN 1991-1-2 angegebenen Gleichung für  $\varepsilon$  ermittelt werden. Dabei sollte für die Flammendicke  $\lambda$  die jeweilige Abmessung  $\lambda_i$  nach Bild B.7 eingesetzt werden.

**B.5.3 Absorptionswert der Flamme**

(1) Der Absorptionswert der Flamme  $a_z$  sollte berechnet werden nach:

$$a_z = 1 - e^{-0,3h} \quad (\text{B.26})$$

**AC** Dabei ist

$h$  die Höhe der Öffnung (siehe auch Bild B.7b), die Höhe wird jedoch dort als  $\lambda_1$  bezeichnet). **AC**

## Anhang C (informativ)

### Nichtrostender Stahl

#### C.1 Allgemeines

(1) Die thermischen und mechanischen Materialeigenschaften der folgenden nichtrostenden Stahlsorten sind in diesem Anhang angegeben: 1.4301, 1.4401, 1.4571, 1.4003 und 1.4462.

ANMERKUNG Für andere nichtrostende Stahlsorten nach EN 1993-1-4 können die mechanischen Eigenschaften nach 3.2 verwendet werden. Die thermischen Eigenschaften können diesem Anhang entnommen werden.

(2) Die in diesem Anhang angegebenen Werte der mechanischen Materialeigenschaften sollten als charakteristische Werte betrachtet werden.

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

#### C.2 Mechanische Eigenschaften von nichtrostendem Stahl

##### C.2.1 Festigkeits- und Verformungseigenschaften

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

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

(2) Die Spannungs-Dehnungsbeziehung nach Bild C.1 sollte für die Berechnung der Tragfähigkeiten bei Zug-, Druck-, Momenten- und Schubbeanspruchung verwendet werden.

(3) Tabelle C.1 enthält die Abminderungsfaktoren für die Spannungs-Dehnungsbeziehung von nichtrostendem Stahl. Diese Abminderungsfaktoren sind wie folgt definiert:

— Steigung im linear-elastischen Bereich, relativ zur Steigung bei 20 °C:  $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$

— Streckgrenze, relativ zur Streckgrenze bei 20 °C:  $k_{0,2p,\theta} = f_{0,2p,\theta} / f_y$

— Zugfestigkeit, relativ zur Zugfestigkeit bei 20 °C:  $k_{u,\theta} = f_{u,\theta} / f_u$

(4) Für die Anwendung von vereinfachten Berechnungsverfahren sind die Korrekturwerte  $k_{2\%,\theta}$  für die Berechnung der Streckgrenze in Tabelle C.1 angegeben. Diese werden berechnet nach:

$$f_{y,\theta} = f_{0,2p,\theta} + k_{2\%,\theta} (f_{u,\theta} - f_{0,2p,\theta}) \quad (\text{C.1})$$

(5) Für die Anwendung von erweiterten Berechnungsverfahren sind in Tabelle C.2 weitere Werte der Spannungs-Dehnungsbeziehung von verschiedenen nichtrostenden Stahlsorten unter erhöhter Temperatur angegeben. Diese werden berechnet nach:

— Steigung an der Streckgrenze, relativ zur Steigung bei 20 °C:  $k_{E_{ct},\theta} = E_{ct,\theta} / E_a$

— Bruchdehnung:  $\varepsilon_{u,\theta}$

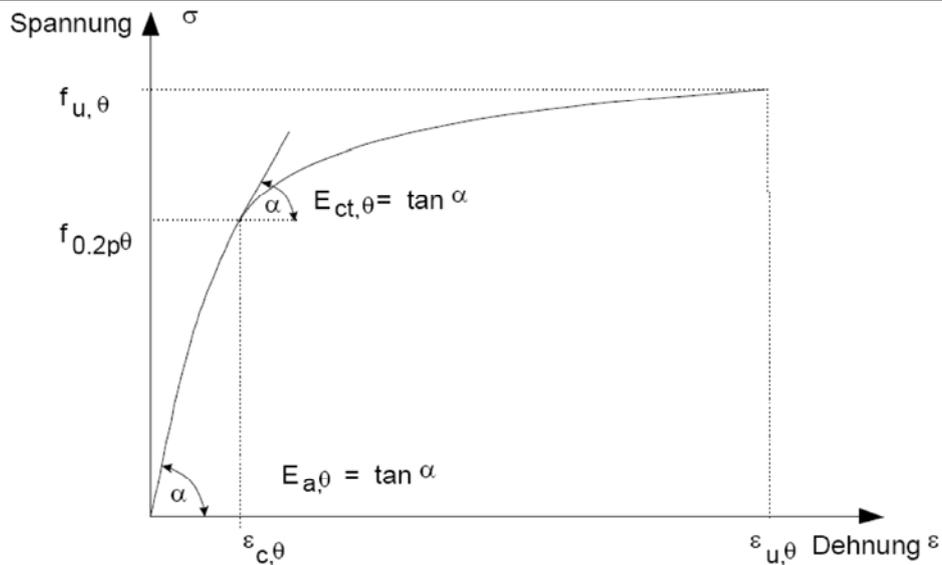
### **C.2.2 Rohdichte**

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

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

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

Dehnungsbereich	Spannung $\sigma$	Tangentenmodul $E_t$
$\varepsilon \leq \varepsilon_{c,\theta}$	$\frac{E \cdot \varepsilon}{1 + a \cdot \varepsilon^b}$	$\frac{E(1 + a \cdot \varepsilon^b - a \cdot b \cdot \varepsilon^b)}{(1 + a \cdot \varepsilon^b)^2}$
$\varepsilon_{c,\theta} < \varepsilon \leq \varepsilon_{u,\theta}$	$f_{0,2p,\theta} - e + (d/c) \sqrt{c^2 - (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)^2}$	$\frac{d \cdot (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)}{c \sqrt{c^2 - (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)^2}}$
Parameter	$\varepsilon_{c,\theta} = f_{0,2p,\theta} / E_{a,\theta} + 0,002$	
Funktionen	$a = \frac{E_{a,\theta} \varepsilon_{c,\theta} - f_{0,2p,\theta}}{f_{0,2p,\theta} \varepsilon_{c,\theta}^b} \quad b = \frac{(1 - \varepsilon_{c,\theta} E_{ct,\theta} / f_{0,2p,\theta}) E_{a,\theta} \varepsilon_{c,\theta}}{(E_{a,\theta} \varepsilon_{c,\theta} / f_{0,2p,\theta} - 1) f_{0,2p,\theta}}$ $c^2 = (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta}) \left( \varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta} + \frac{e}{E_{ct,\theta}} \right) \quad d^2 = e (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta}) E_{ct,\theta} + e^2$ $e = \frac{(f_{u,\theta} - f_{0,2p,\theta})^2}{(\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta}) E_{ct,\theta} - 2(f_{u,\theta} - f_{0,2p,\theta})}$	



**Legende**

- $f_{u,\theta}$  Zugfestigkeit;
- $f_{0,2p,\theta}$  Streckgrenze bei 0,2 % der plastischer Dehnung;
- $E_{a,\theta}$  Steigung im linear-elastischen Bereich;
- $E_{ct,\theta}$  Steigung an der Streckgrenze;
- $\varepsilon_{c,\theta}$  beim Erreichen der Streckgrenze vorliegende Gesamtdehnung;
- $\varepsilon_{u,\theta}$  Bruchdehnung.

**Bild C.1 — Spannungs-Dehnungsbeziehung für nichtrostenden Stahl unter erhöhter Temperatur**

Tabelle C.1 — Faktoren zur Bestimmung der Dehnung und Steifigkeit von nichtrostendem Stahl unter erhöhter Temperatur

Stahltemperatur $\theta_a$	Abminderungsfaktor (relativ zu $E_a$ ) für die Steigung im elastischen Bereich $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$	Abminderungsfaktor (relativ zu $f_y$ ) für die Streckgrenze $k_{0,2p,\theta} = f_{0,2p,\theta} / f_y$	Abminderungsfaktor (relativ zu $f_u$ ) für die Zugfestigkeit $k_{u,\theta} = f_{u,\theta} / f_u$	Faktor zur Bestimmung der Streckgrenze $f_{y,\theta}$ $k_{2\%,\theta}$
<b>Stahlgüte 1.4301</b>				
20	1,00	1,00	1,00	0,26
100	0,96	0,82	0,87	0,24
200	0,92	0,68	0,77	0,19
300	0,88	0,64	0,73	0,19
400	0,84	0,60	0,72	0,19
500	0,80	0,54	0,67	0,19
600	0,76	0,49	0,58	0,22
700	0,71	0,40	0,43	0,26
800	0,63	0,27	0,27	0,35
900	0,45	0,14	0,15	0,38
1 000	0,20	0,06	0,07	0,40
1 100	0,10	0,03	0,03	0,40
1 200	0,00	0,00	0,00	0,40
<b>Stahlgüte 1.4401 / 1.4404</b>				
20	1,00	1,00	1,00	0,24
100	0,96	0,88	0,93	0,24
200	0,92	0,76	0,87	0,24
300	0,88	0,71	0,84	0,24
400	0,84	0,66	0,83	0,21
500	0,80	0,63	0,79	0,20
600	0,76	0,61	0,72	0,19
700	0,71	0,51	0,55	0,24
800	0,63	0,40	0,34	0,35
900	0,45	0,19	0,18	0,38
1 000	0,20	0,10	0,09	0,40
1 100	0,10	0,05	0,04	0,40
1 200	0,00	0,00	0,00	0,40
<b>Stahlgüte 1.4571</b>				
20	1,00	1,00	1,00	0,25
100	0,96	0,89	0,88	0,25
200	0,92	0,83	0,81	0,25
300	0,88	0,77	0,80	0,24
400	0,84	0,72	0,80	0,22
500	0,80	0,69	0,77	0,21
600	0,76	0,66	0,71	0,21
700	0,71	0,59	0,57	0,25
800	0,63	0,50	0,38	0,35
900	0,45	0,28	0,22	0,38
1 000	0,20	0,15	0,11	0,40
1 100	0,10	0,075	0,055	0,40
1 200	0,00	0,00	0,00	0,40

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle C.1 (fortgesetzt)**

Stahltemperatur $\theta_a$	Abminderungsfaktor (relativ zu $E_a$ ) für die Steigung im elastischen Bereich $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$	Abminderungsfaktor (relativ zu $f_y$ ) für die Streckgrenze $k_{0,2p,\theta} = f_{0,2p,\theta} / f_y$	Abminderungsfaktor (relativ zu $f_u$ ) für die Zugfestigkeit $k_{u,\theta} = f_{u,\theta} / f_u$	Faktor zur Bestimmung der Streckgrenze $f_{y,\theta}$ $k_{2\%,\theta}$
<b>Stahlgüte 1.4003</b>				
20	1,00	1,00	1,00	0,37
100	0,96	1,00	0,94	0,37
200	0,92	1,00	0,88	0,37
300	0,88	0,98	0,86	0,37
400	0,84	0,91	0,83	0,42
500	0,80	0,80	0,81	0,40
600	0,76	0,45	0,42	0,45
700	0,71	0,19	0,21	0,46
800	0,63	0,13	0,12	0,47
900	0,45	0,10	0,11	0,47
1 000	0,20	0,07	0,09	0,47
1 100	0,10	0,035	0,045	0,47
1 200	0,00	0,00	0,00	0,47
<b>Stahlgüte 1.4462</b>				
20	1,00	1,00	1,00	0,35
100	0,96	0,91	0,93	0,35
200	0,92	0,80	0,85	0,32
300	0,88	0,75	0,83	0,30
400	0,84	0,72	0,82	0,28
500	0,80	0,65	0,71	0,30
600	0,76	0,56	0,57	0,33
700	0,71	0,37	0,38	0,40
800	0,63	0,26	0,29	0,41
900	0,45	0,10	0,12	0,45
1 000	0,20	0,03	0,04	0,47
1 100	0,10	0,015	0,02	0,47
1 200	0,00	0,00	0,00	0,47

**Tabelle C.2 — Abminderungsfaktor und Bruchdehnung für die  
Anwendung von erweiterten Berechnungsverfahren**

Stahltemperatur $\theta_a$	Abminderungsfaktor (relativ zu $E_a$ ) für die Steigung im linear-elastischen Bereich  $k_{Ect,\theta} = E_{ct,\theta} / E_a$	Bruchdehnung  $\varepsilon_{u,\theta}$ [-]
<b>Stahlgüte 1.4301</b>		
20	0,11	0,40
100	0,05	0,40
200	0,02	0,40
300	0,02	0,40
400	0,02	0,40
500	0,02	0,40
600	0,02	0,35
700	0,02	0,30
800	0,02	0,20
900	0,02	0,20
1 000	0,02	0,20
1 100	0,02	0,20
1 200	0,02	0,20
<b>Stahlgüte 1.4401 / 1.4404</b>		
20	0,050	0,40
100	0,049	0,40
200	0,047	0,40
300	0,045	0,40
400	0,030	0,40
500	0,025	0,40
600	0,020	0,40
700	0,020	0,30
800	0,020	0,20
900	0,020	0,20
1 000	0,020	0,20
1 100	0,020	0,20
1 200	0,020	0,20
<b>Stahlgüte 1.4571</b>		
20	0,060	0,40
100	0,060	0,40
200	0,050	0,40
300	0,040	0,40
400	0,030	0,40
500	0,025	0,40
600	0,020	0,35
700	0,020	0,30
800	0,020	0,20
900	0,020	0,20
1 000	0,020	0,20
1 100	0,020	0,20
1 200	0,020	0,20

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle C.2 (fortgesetzt)**

Stahltemperatur $\theta_a$	Abminderungsfaktor (relativ zu $E_a$ ) für die Steigung im linear elastischen Bereich $k_{E_{ct,\theta}} = E_{ct,\theta} / E_a$	Bruchdehnung $\varepsilon_{u,\theta}$ [-]
<b>Stahlgüte 1.4003</b>		
20	0,055	0,20
100	0,030	0,20
200	0,030	0,20
300	0,030	0,20
400	0,030	0,15
500	0,030	0,15
600	0,030	0,15
700	0,030	0,15
800	0,030	0,15
900	0,030	0,15
1 000	0,030	0,15
1 100	0,030	0,15
1 200	0,030	0,15
<b>Stahlgüte 1.4462</b>		
20	0,100	0,20
100	0,070	0,20
200	0,037	0,20
300	0,035	0,20
400	0,033	0,20
500	0,030	0,20
600	0,030	0,20
700	0,025	0,15
800	0,025	0,15
900	0,025	0,15
1 000	0,025	0,15
1 100	0,025	0,15
1 200	0,025	0,15

**C.3 Thermische Materialeigenschaften****C.3.1 Thermische Dehnung**

(1) Die thermische Dehnung von austenitischem nichtrostendem Stahl  $\Delta/l$  darf wie folgt bestimmt werden:

$$\Delta/l = (16 + 4,79 \times 10^{-3} \theta_a - 1,243 \times 10^{-6} \theta_a^2) \times (\theta_a - 20) 10^{-6} \quad (C.1)$$

Dabei ist

- $l$  die Länge bei 20 °C;
- $\Delta/l$  die Verlängerung infolge der Temperaturbeanspruchung;
- $\theta_a$  die Stahltemperatur [°C].

ANMERKUNG Die Abhängigkeit der Temperaturdehnung von der Temperatur ist in Bild C.2 dargestellt.

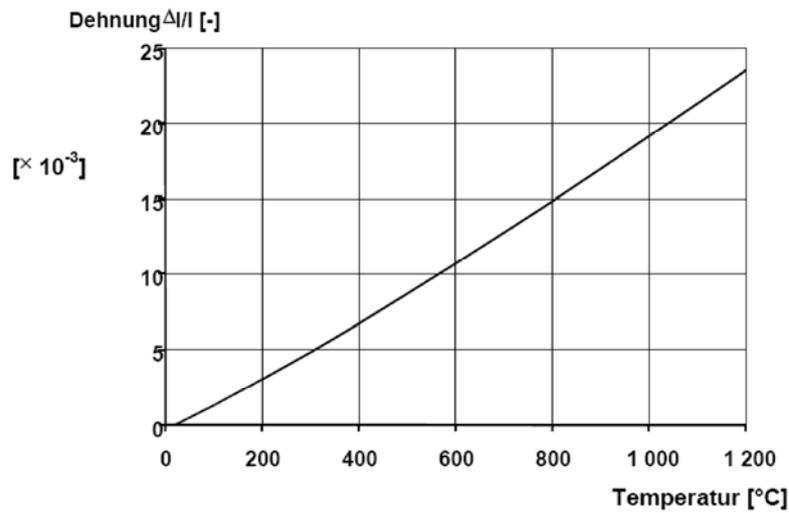


Bild C.2 — Thermische Dehnung von nichtrostendem Stahl in Abhängigkeit von der Temperatur

### C.3.2 Spezifische Wärmekapazität

(1) Die spezifische Wärmekapazität von nichtrostendem Stahl  $c_a$  darf wie folgt ermittelt werden:

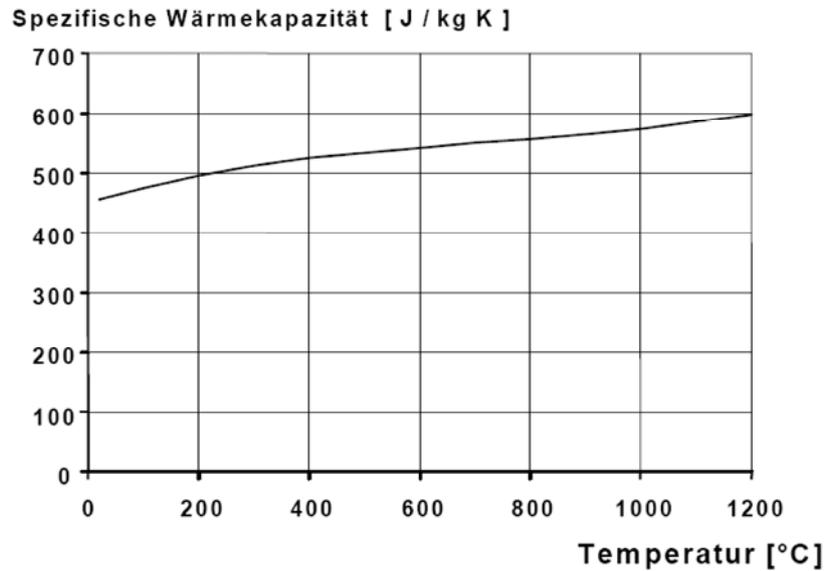
$$c_a = 450 + 0,280 \times \theta_a - 2,91 \times 10^{-4} \theta_a^2 + 1,34 \times 10^{-7} \theta_a^3 \text{ J/kgK} \quad (\text{C.2})$$

Dabei ist

$\theta_a$  die Stahltemperatur [°C].

ANMERKUNG Die Abhängigkeit der spezifischen Wärmekapazität von der Temperatur ist in Bild C.3 dargestellt.

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**



**Bild C.3 — Spezifische Wärmekapazität von nichtrostendem Stahl in Abhängigkeit von der Temperatur**

### C.3.3 Wärmeleitfähigkeit

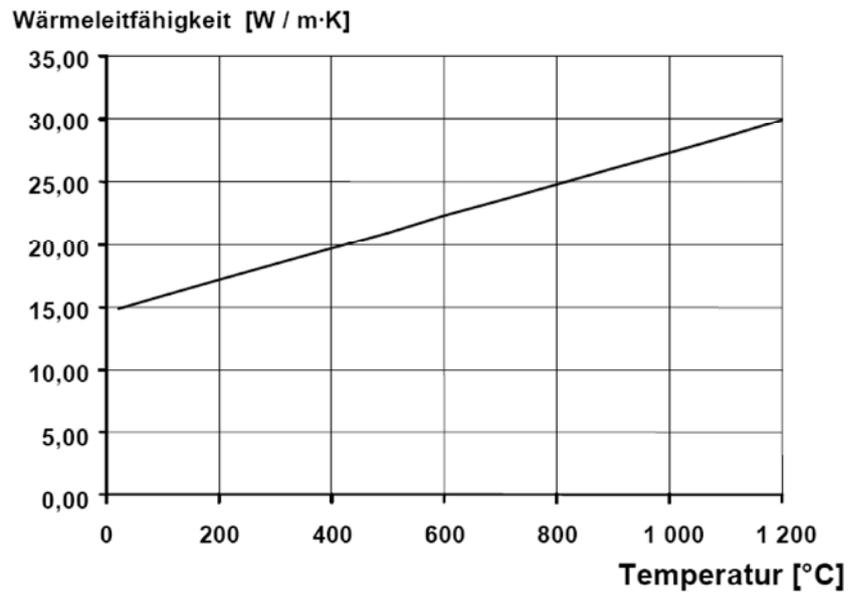
(1) Die Wärmeleitfähigkeit von nichtrostendem Stahl  $\lambda_a$  darf wie folgt bestimmt werden:

$$\lambda_a = 14,6 + 1,27 \times 10^{-2} \theta_a \text{ W/mK} \quad (\text{C.3})$$

Dabei ist

$\theta_a$  die Stahltemperatur [°C].

ANMERKUNG Die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Temperatur ist in Bild C.4 dargestellt.



**Bild C.4 — Wärmeleitfähigkeit von nichtrostendem Stahl in Abhängigkeit von der Temperatur**

## Anhang D (informativ)

### Verbindungen

#### D.1 Geschraubte Verbindungen

(1) Nettoquerschnittsversagen an Schraubenlöchern braucht unter der Voraussetzung, dass sich in jedem Loch eine Schraube befindet, nicht berücksichtigt zu werden, weil die Stahltemperatur durch das zusätzliche Material an der Verbindung geringer ist.

##### D.1.1 Tragfähigkeit von Schrauben auf Schub

###### D.1.1.1 Kategorie A: Scher-/Lochleibungsverbindungen

(1) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit von Schrauben unter Abscherbeanspruchung im Brandfall sollte bestimmt werden nach:

$$F_{v,t,Rd} = F_{v,Rd} k_{b,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,fi}} \quad (D.1)$$

Dabei ist

- $k_{b,\theta}$  der Abminderungsfaktor nach Tabelle D.1 für die entsprechende Schraubentemperatur;
- $F_{v,Rd}$  der Bemessungswert für die Schertragfähigkeit der Schraube je Scherfuge unter der Annahme, dass die Scherfuge im Schaft liegt (siehe Tabelle 3.4 von EN 1993-1-8);
- $\gamma_{M2}$  der Teilsicherheitsbeiwert bei Normaltemperatur;
- $\gamma_{M,fi}$  der Teilsicherheitsbeiwert unter Brandbedingungen.

(2) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit von Schrauben unter Lochleibungsbeanspruchung im Brandfall sollte bestimmt werden nach:

$$F_{b,t,Rd} = F_{b,Rd} k_{b,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,fi}} \quad (D.2)$$

Dabei ist

- $F_{b,Rd}$  nach EN 1993-1.8, Tabelle 3.4;
- $k_{b,\theta}$  der Abminderungsfaktor nach Tabelle D.1 für die entsprechende Schraubentemperatur.

###### D.1.1.2 Kategorie B: Gleitfeste Verbindungen im Gebrauchszustand und Kategorie C: Gleitfeste Verbindungen im Traglastzustand

(1) Bei gleitfesten Verbindungen sollte davon ausgegangen werden, dass das Gleiten im Brandfall stattgefunden hat. Die Tragfähigkeit einzelner Schrauben sollte wie bei Schrauben vom Typ A nach D.1.1.1 bestimmt werden.

## D.1.2 Tragfähigkeit von Schrauben auf Zug

### D.1.2.1 Kategorien D und E: Nicht vorgespannte und vorgespannte Schrauben

(1) Der Bemessungswert der Zugtragfähigkeit einer einzelnen Schraube sollte bestimmt werden nach:

$$F_{ten,t,Rd} = F_{t,Rd} k_{b,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,f}} \quad (D.3)$$

Dabei ist

$F_{t,Rd}$  die Tragfähigkeit nach EN 1993-1-8, Tabelle 3.4;

$k_{b,\theta}$  der Abminderungsfaktor nach Tabelle D.1 für die entsprechende Schraubentemperatur.

**Tabelle D.1 — Abminderungsfaktor für Festigkeiten von Schrauben und Schweißnähten**

Temperatur $\theta_a$	Abminderungsfaktor für Schrauben $k_{b,\theta}$ (Zug und Schub)	Abminderungsfaktor für Schweißnähte $k_{w,\theta}$
20	1,000	1,000
100	0,968	1,000
150	0,952	1,000
200	0,935	1,000
300	0,903	1,000
400	0,775	0,876
500	0,550	0,627
600	0,220	0,378
700	0,100	0,130
800	0,067	0,074
900	0,033	0,018
1 000	0,000	0,000

## D.2 Tragfähigkeit von Schweißnähten

### D.2.1 Stumpfnähte

(1) Die Tragfähigkeit von voll durchgeschweißten Stumpfnähten sollte bei Temperaturen unter 700 °C anhand der Tragfähigkeit des geschwächten angeschlossenen Teils mit den Abminderungsfaktoren des Grundmaterials bestimmt werden. Bei Temperaturen über > 700 °C gelten die für Kehlnähte angegebenen Abminderungsfaktoren auch für Stumpfnähte.

### D.2.2 Kehlnähte

(1) Die längenbezogene Tragfähigkeit von Kehlnähten im Brandfall sollte bestimmt werden nach:

$$F_{w,t,Rd} = F_{w,Rd} k_{w,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,f}} \quad (D.4)$$

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

- $k_{w,\theta}$  der Abminderungsfaktor nach Tabelle D.1 für die entsprechende Temperatur in der Schweißnaht;  
 $F_{w,Rd}$  die Tragfähigkeit nach EN 1993-1-8, 4.5.3.

### D.3 Temperaturen von Verbindungen im Brandfall

#### D.3.1 Allgemeines

- (1) Die Temperatur einer Verbindung darf unter Verwendung des lokalen  $A/V$ -Verhältnisses der Bestandteile der Verbindung bestimmt werden.
- (2) Als Vereinfachung darf eine gleichmäßige Temperaturverteilung in der Verbindung bestimmt werden. Diese Temperatur darf unter der Voraussetzung des maximalen  $A/V$ -Verhältnisses der angeschlossenen Stahlbauteile ermittelt werden.
- (3) Bei Träger-Stützen-Verbindungen und Träger-Träger-Verbindungen, bei denen der Träger eine Betonplatte trägt, darf die Temperatur der Verbindung anhand der Temperatur des Unterflansches in Feldmitte des Trägers bestimmt werden.
- (4) Unter Verwendung des in 4.2.5 angegebenen Verfahrens darf die Temperatur der Verbindungsteile wie folgt bestimmt werden:

- a) Falls die Trägerhöhe kleiner oder gleich 400 mm ist:

$$\theta_h = 0,88 \theta_0 [1 - 0,3(h/D)] \quad (D.5)$$

Dabei ist

- $\theta_h$  die Temperatur an der Höhe  $h$  (mm) des Stahlträgers (Bild D.1);  
 $\theta_0$  die Temperatur des Unterflansches des Stahlträgers an einer von der Verbindung entfernten Stelle;  
 $h$  die Höhenlage des betrachteten Verbindungsteils über dem Unterflansch (mm);  
 $D$  die Höhe des Trägers (mm).

- b) Falls die Trägerhöhe größer ist als 400 mm:

- 1) Wenn  $h$  kleiner oder gleich  $D/2$  ist:

$$\theta_h = 0,88 \theta_0 \quad (D.6)$$

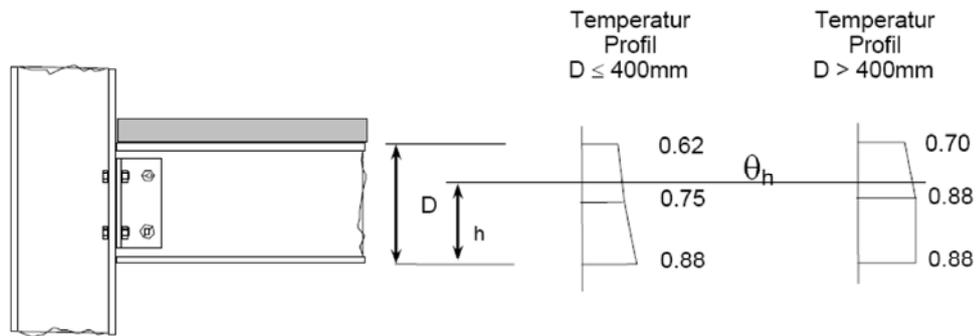
- 2) Wenn  $h$  größer ist als  $D/2$ :

$$\theta_h = 0,88 \theta_0 [1 + 0,2 (1 - 2h/D)] \quad (D.7)$$

Dabei ist

- $\theta_0$  die Temperatur des Unterflansches des Stahlträgers an einer von der Verbindung entfernten Stelle;  
 $h$  die Höhenlage des betrachteten Verbindungsteils über dem Unterflansch (mm);  
 $D$  die Höhe des Trägers (mm).

**DIN EN 1993-1-2:2010-12**  
**EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)**



**Bild D.1 — Temperaturgradient über die Höhe einer Verbindung mit einem Verbundträger**

## **Anhang E** (informativ)

### **Klasse 4 Querschnitte**

#### **E.1 Erweiterte Berechnungsmodelle**

(1) Erweiterte Berechnungsmodelle dürfen für die Bemessung von Klasse 4-Querschnitten verwendet werden, wenn alle Stabilitätseffekte erfasst werden.

#### **E.2 Einfache Berechnungsverfahren**

(1) Die Tragfähigkeit von Bauteilen mit Querschnitten der Klasse 4 sollten mit den Gleichungen aus 4.2.3.2 für Druckglieder, aus 4.2.3.4 für Biegeträger und aus 4.2.3.5 für Bauteile unter Biegung und zentrischem Druck berechnet werden, wobei die Querschnittsfläche durch die effektive Querschnittsfläche und das Trägheitsmoment durch das effektive Trägheitsmoment ersetzt werden.

(2) Die effektive Querschnittsfläche und das effektive Trägheitsmoment sollten nach EN 1993-1-3 und EN 1993-1-5, d. h. mit den Materialeigenschaften bei 20 °C, bestimmt werden.

(3) Für die Bemessung im Brandfall sollte als Streckgrenze die 0,2 %-Dehngrenze (Streckgrenze) verwendet werden. Diese Streckgrenze darf für die Bemessung auf Zug, Druck, Biegung und Schub verwendet werden.

(4) Abminderungsfaktoren für die Streckgrenze für Kohlenstoffstahl (Baustahl), bezogen auf die Fließgrenze bei 20 °C, dürfen Tabelle E.1 entnommen werden:

— Streckgrenze bezogen auf die Streckgrenze bei 20 °C:  $k_{p0,2,\theta} = f_{p0,2,\theta} / f_y$

— Steigung im linear-elastischen Bereich, bezogen auf die Steigung bei 20 °C:  $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$

ANMERKUNG Diese Abminderungsfaktoren sind in Bild E.1 dargestellt.

(5) Abminderungsfaktoren für die Streckgrenze von nichtrostendem Stahl, bezogen auf die Streckgrenze bei 20 °C, dürfen Anhang C entnommen werden.

**Tabelle E.1 — Abminderungsfaktoren für Kohlenstoffstahl für die Bemessung von Klasse 4 Querschnitten unter erhöhter Temperatur**

Stahltemperatur $\theta_a$	Abminderungsfaktor (relativ zu $f_y$ ) für die Streckgrenze von warmgewalzten und geschweißten Klasse 4 Querschnitten $k_{0,2p,\theta} = f_{0,2p,\theta} / f_y$	Abminderungsfaktor (relativ zu $f_{yb}$ ) für die Bemessung von kaltverformten Klasse 4 Querschnitten $k_{0,2p,\theta} = f_{0,2p,\theta} / f_{yb}$
20 °C	1,00	
100 °C	1,00	
200 °C	0,89	
300 °C	0,78	
400 °C	0,65	
500 °C	0,53	
600 °C	0,30	
700 °C	0,13	
800 °C	0,07	
900 °C	0,05	
1 000 °C	0,03	
1 100 °C	0,02	
1 200 °C	0,00	

ANMERKUNG 1 Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.  
ANMERKUNG 2 Die Definition von  $f_{yb}$  sollte EN 1993-1-3 entnommen werden.

DIN EN 1993-1-2:2010-12  
 EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 (D)

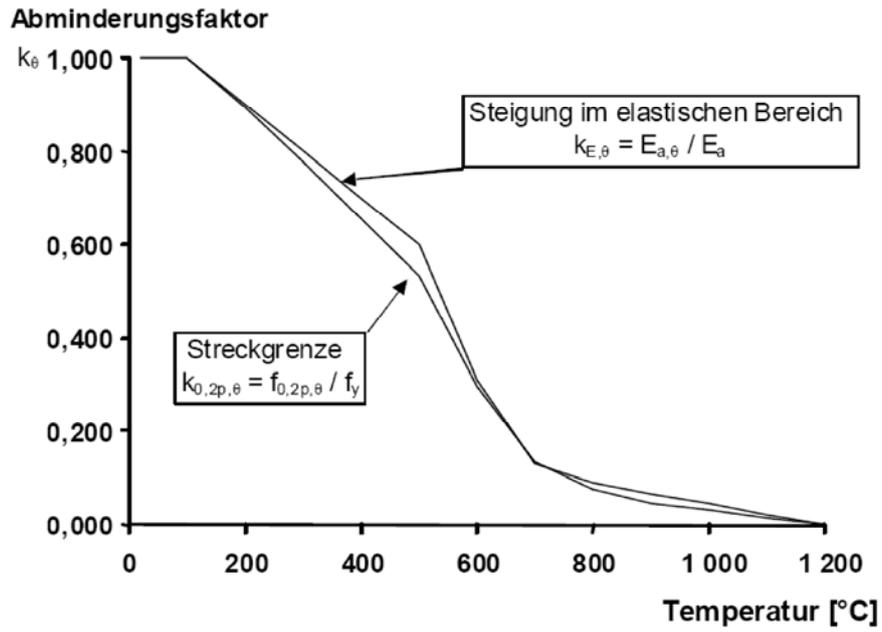


Bild E.1 — Abminderungsfaktoren für die Spannungs-Dehnungsbeziehung von kaltverformten und warmgewalzten Klasse 4 Querschnitten unter erhöhter Temperatur

**DIN EN 1993-1-2/NA**

ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.10

**Nationaler Anhang –  
National festgelegte Parameter –  
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –  
Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall**

National Annex –  
Nationally determined parameters –  
Eurocode 3: Design of steel structures –  
Part 1-2: General rules – Structural fire design

Annexe Nationale –  
Paramètres déterminés au plan national –  
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –  
Partie 1-2: Règles générales – Calcul du comportement au feu

Gesamtumfang 8 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

**DIN EN 1993-1-2/NA:2010-12**

**Inhalt**

	Seite
<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>NA.1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>4</b>
<b>NA.2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-2</b> .....	<b>4</b>
<b>NA.2.1 Allgemeines</b> .....	<b>4</b>
<b>NA.2.2 Nationale Festlegungen</b> .....	<b>4</b>
<b>NCI Anhang AA (normativ) Kennwerte für Brandschutzmaterialien</b> .....	<b>7</b>
<b>NCI Literaturhinweise</b> .....	<b>8</b>

## **Vorwort**

Dieses Dokument wurde vom Normenausschuss Bauwesen (NABau), Arbeitsausschuss NA 005-52-22 AA „Konstruktiver baulicher Brandschutz (Spiegelausschuss zu Teilbereichen von CEN/TC 250)“ erarbeitet.

Diese Norm bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1993-1-2:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall.

Die Europäische Norm EN 1993-1-2:2005 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: Nationally Determined Parameters, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet.

Eine Liste dieser Textstellen befindet sich in NA.2.1.

Darüber hinaus enthält dieser Nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben und Erläuterungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-2:2010-12 (en: Non-contradictory Complementary Information, NCI), die nach dem Leitpapier L „Anwendung der Eurocodes“ der Europäischen Kommission zulässig sind, sowie Festlegungen zur Anwendung der informativen Anhänge von DIN EN 1993-1-2.

Die in dieser Norm national getroffenen Festlegungen wurden auf der Grundlage von theoretischen Untersuchungen und Vergleichen mit brandschutztechnischen Nachweisen nach DIN 4102-4 ermittelt und im Hinblick auf die Aufrechterhaltung des erforderlichen nationalen Sicherheitsniveaus abgestimmt.

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1993-1-2:2010-12.

Der Anhang AA zu diesem Nationalen Anhang ist normativ.

**DIN EN 1993-1-2/NA:2010-12****NA.1 Anwendungsbereich**

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten für den Brandfall, die bei der Anwendung von DIN EN 1993-1-2:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Diese Norm gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1993-1-2:2010-12.

**NA.2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-2****NA.2.1 Allgemeines**

DIN EN 1993-1-2:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen (en: Nationally Determined Parameters, NDP) aus:

- 2.3 (1)
- 2.3 (2)
- 4.1 (2)
- 4.2.3.6 (1)
- 4.2.4 (2)

Darüber hinaus enthält NA.2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-2:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ (en: Non-contradictory Complementary Information) gekennzeichnet.

**NA.2.2 Nationale Festlegungen**

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1993-1-2:2010-12.

**NCI zu „1.2 Normative Verweisungen“**

DIN 4102-4:1994-03, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile*

DIN 4102-4/A1, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile; Änderung A1*

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen — Brandeinwirkungen auf Tragwerke*

DIN EN 1993-1-2:2010-12: *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*

**NDP zu „2.3 (1) Bemessungswerte der Materialeigenschaften“**

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

Es gilt der empfohlene Wert.

**NDP zu „2.3 (2) Bemessungswerte der Materialeigenschaften“**

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

Es gilt der empfohlene Wert.

**NDP zu „4.1 (2) Tragwerksbemessung für den Brandfall — Allgemeines“**

*Zur „ANMERKUNG Die Entscheidung über die Verwendung allgemeine Rechenverfahren in einem Land kann im Nationalen Anhang getroffen werden.“*

Allgemeine Rechenverfahren dürfen angewendet werden.

Sofern zur brandschutztechnischen Bewertung von Tragwerken oder Teiltragwerken mit allgemeinen Rechenverfahren Rechenprogramme verwendet werden, wird davon ausgegangen, dass diese validiert sind. Der Nationale Anhang DIN EN 1993-1-2/NA:2010-12, Anhang CC, enthält geeignete Beispiele für das Validierungsverfahren.

**NDP zu „4.2.3.6 (1) Bauteile mit Querschnitten der Klasse 4“**

*Zur „ANMERKUNG 2 Die Grenztemperatur  $\theta_{crit}$  darf im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die Verwendung des Wertes  $\theta_{crit} = 350$  °C wird empfohlen.“*

Vereinfachend darf angenommen werden, dass ein Bauteil mit einem Querschnitt der Querschnittsklasse 4 seine lastabtragende Funktion zum Zeitpunkt  $t$  eines gegebenen Brandes erfüllt, wenn die Stahltemperatur  $\theta_a$  zu diesem Zeitpunkt an keiner Stelle des Querschnittes den Wert  $\theta_{crit} = 350$  °C erreicht.

**NDP zu „4.2.4 (2) Kritische Temperatur (Tabelle 4.1)“**

*Zur „ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Werte für die kritischen Temperaturen enthalten.“*

Die in Tabelle 4.1 in Abhängigkeit des Ausnutzungsgrades  $\mu_0$  angegebenen kritischen Temperaturen dürfen angewendet werden.

**NCI zu „3.4.3 Brandschutzmaterialien“**

Wegen der Materialkennwerte einiger Brandschutzmaterialien siehe Anhang AA.

## **DIN EN 1993-1-2/NA:2010-12**

### **NCI zu „Anhang C Nichtrostender Stahl“**

Die in Anhang C gegebenen Materialeigenschaften und Berechnungsregeln dürfen nur für die Bemessung von Bauteilen aus den folgenden Stahlsorten verwendet werden:

- 1.4301
- 1.4401
- 1.4571
- 1.4003
- 1.4462.

Bei der Bemessung von dünnwandigen Bauteilen mit Querschnitten der Querschnittsklasse 4 sind zusätzlich die Regeln nach Anhang E zu beachten.

### **NCI zu „Anhang D Verbindungen“**

Alternativ zu den in DIN EN 1993-1-2:2010-12, 4.2.1, Absätze (5) und (6), angegebenen Regeln darf Anhang D für die Bemessung von geschraubten und geschweißten Verbindungen (siehe [1] wegen Stahlsortenauswahl) angewendet werden. Bei geschraubten Verbindungen ist in gleitfest vorgespannten Verbindungen im Brandfall davon auszugehen, dass Gleiten stattgefunden hat und die Verbindung daher ausschließlich als Scher-/Lochleibungsverbindung Lasten abträgt.

Bei geschraubten Verbindungen darf bei einer kombinierten Beanspruchung aus Scher-/Lochleibung und Zug der in DIN EN 1993-1-8:2010-12, Tabelle 3.4, gegebene Nachweis mit den nach Anhang D abgeminderten Größen für die Grenzscherkraft und die Grenzzugkraft der Schraube verwendet werden.

### **NCI zu „Anhang E: Klasse 4 Querschnitte“**

Alternativ zu der vereinfachenden Annahme in DIN EN 1993-1-2:2010-12, 4.2.3.6 (1), dürfen Bauteile mit Querschnitten der Querschnittsklasse 4 nach den im Anhang E angegebenen Regeln bemessen werden.

## NCI Anhang AA (normativ)

### Kennwerte für Brandschutzmaterialien

Für die thermischen Eigenschaften der Brandschutzmaterialien nach DIN EN 1993-1-2:2010-12, 3.4.3, sind die Werte in Tabelle AA.1 zu verwenden, sofern keine speziellen, temperaturabhängig ermittelten Kennwerte vorliegen.

**Tabelle AA.1 — Thermische Materialkennwerte von Brandschutzbekleidungen**

Zeile	Brandschutzmaterial	1	2	3
		Wärmeleitfähigkeit $\lambda_p$ W/(m · K)	Spezifische Wärme $c_p$ J/(kg · K)	Rohdichte $\rho_p$ kg/m <sup>3</sup>
1	Putzbekleidungen:  Mörtel einschließlich Vermiculite- und Perlitmörtel nach DIN 4102-4:1994-03	0,12	1 100	550
2	Plattenbekleidungen:  Für feuerwiderstandsfähige Bauarten geeignete Gipsplatten nach DIN 4102-4:1994-03	0,20	1 700	945

Die in Tabelle AA.1 aufgeführten Materialkennwerte gelten nur für das Berechnungsverfahren nach DIN EN 1993-1-2:2010-12, 4.2.5.2, bis zu Stahltemperaturen von 700 °C.

Bei Verwendung von Brandschutzmaterialien nach Tabelle AA.1 sind die entsprechenden konstruktiven Regeln nach DIN 4102-4:1994-03 bzw. nach dem Verwendbarkeitsnachweis gemäß Bauregelliste (allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis) einzuhalten.

**DIN EN 1993-1-2/NA:2010-12**

## **NCI Literaturhinweise**

DAST-Richtlinie 009: Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten<sup>1)</sup>

---

1) Zu beziehen bei: Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf oder zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

**DIN EN 1993-1-3**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatzvermerk  
siehe unten

**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –  
Teil 1-3: Allgemeine Regeln –  
Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche;  
Deutsche Fassung EN 1993-1-3:2006 + AC:2009**

Eurocode 3: Design of steel structures –  
Part 1-3: General rules –  
Supplementary rules for cold-formed members and sheeting;  
German version EN 1993-1-3:2006 + AC:2009

Eurocode 3: Calcul des structures en acier –  
Partie 1-3: Règles générales –  
Règles supplémentaires pour les profilés et plaques formés à froid;  
Version allemande EN 1993-1-3:2006 + AC:2009

**Ersatzvermerk**

Ersatz für DIN EN 1993-1-3:2007-02;  
mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12,  
DIN EN 1993-1-5:2010-12, DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-8:2010-12,  
DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-9:2010-12, DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12,  
DIN EN 1993-1-10:2010-12, DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-11:2010-12 und  
DIN EN 1993-1-11/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18800-1:2008-11;  
mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12,  
DIN EN 1993-1-5:2010-12 und DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18800-2:2008-11;  
mit DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-5:2010-12 und DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12 Ersatz für  
DIN 18800-3:2008-11;  
Ersatz für DIN EN 1993-1-3 Berichtigung 1:2009-11;  
teilweiser Ersatz für DIN 18807-1:1987-06, DIN 18807-1/A1:2001-05, DIN 18807-2:1987-06 und  
DIN 18807-2/A1:2001-05

Gesamtumfang 147 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

## DIN EN 1993-1-3:2010-12

### Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-1-3:2006 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NABau-Spiegelausschusses NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ begleitet.

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. Januar 2006 angenommen.

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 Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedsstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben.

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.

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

### Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1993-1-3:2002-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet und der Text vollständig überarbeitet;
- b) der Vornormcharakter wurde aufgehoben.

Gegenüber DIN EN 1993-1-3:2007-02, DIN EN 1993-1-3 Berichtigung 1:2009-11, DIN 18800-1:2008-11, DIN 18800-2:2008-11, DIN 18800-3:2008-11, DIN 18807-1:1987-06, DIN 18807-1/A1:2001-05, DIN 18807-2:1987-06 und DIN 18807-2/A1:2001-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) auf europäisches Bemessungskonzept umgestellt;
- b) Ersatzvermerke korrigiert;
- c) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;
- d) Titel berichtigt;
- e) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

**Frühere Ausgaben**

DIN 1050: 1934-08, 1937-07, 1946-10, 1957-12, 1968-06  
DIN 1073: 1928-04, 1931-09, 1941-01, 1974-07  
DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934-08, 1956-12, 1968-12  
DIN 4101: 1937-07, 1974-07  
DIN 4114-1: 1952-07  
DIN 4114-2: 1953-02  
DIN 18800-1: 1981-03, 2008-11  
DIN 18800-1/A1: 1996-02  
DIN 18800-2: 1990-11, 2008-11  
DIN 18800-2/A1: 1996-02  
DIN 18800-3: 1990-11, 2008-11  
DIN 18800-3/A1: 1996-02  
DIN 18807-1: 1987-06  
DIN 18807-1/A1: 2001-05  
DIN 18807-2: 1987-06  
DIN 18807-2/A1: 2001-05  
DIN V ENV 1993-1-3: 2002-05  
DIN EN 1993-1-3: 2007-02  
DIN EN 1993-1-3 Berichtigung 1: 2009-11

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**

— Leerseite —

EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE

**EN 1993-1-3**

Oktober 2006

**+AC**

Mai 2009

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für ENV 1993-1-3:1996

## Deutsche Fassung

# Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Allgemeine Regeln — Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche

Eurocode 3: Design of steel structures —  
Part 1-3: General rules —  
Supplementary rules for cold-formed members  
and sheeting

Eurocode 3: Calcul des structures en acier —  
Partie 1-3: Règles générales —  
Règles supplémentaires pour les profilés et plaques  
formés à froid

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. Januar 2009 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 13. Mai 2009 in Kraft und wurde in EN 1993-1-3:2006 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**

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

## Inhalt

	Seite
Vorwort .....	5
Nationaler Anhang zu EN 1993-1-3 .....	5
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>6</b>
1.1 Anwendungsbereich .....	6
1.2 Normative Verweisungen .....	6
1.3 Begriffe .....	7
1.4 Formelzeichen .....	9
1.5 Bezeichnungsweisen und vereinbarte Maßangaben .....	9
1.5.1 Querschnittsform .....	9
1.5.2 Formen der Längsaussteifungen .....	11
1.5.3 Maßangaben für Querschnitte.....	12
1.5.4 Vereinbarung über die Bauteilachsen .....	13
<b>2 Grundlagen der Bemessung.....</b>	<b>14</b>
<b>3 Werkstoffe .....</b>	<b>15</b>
3.1 Allgemeines .....	15
3.2 Baustähle .....	17
3.2.1 Werkstoffeigenschaften des Grundmaterials .....	17
3.2.2 Werkstoffeigenschaften kaltgeformter Profile und Blechkonstruktionen .....	17
3.2.3 Bruchzähigkeit .....	19
3.2.4 Materialdicken und Materialdickentoleranzen .....	19
3.3 Befestigungsmittel.....	19
3.3.1 Schraubengarnituren .....	19
3.3.2 Andere Arten mechanischer Verbindungsmittel .....	19
3.3.3 Schweißzusatzwerkstoffe .....	20
<b>4 Dauerhaftigkeit.....</b>	<b>20</b>
<b>5 Tragwerksberechnung .....</b>	<b>20</b>
5.1 Einfluss ausgerundeter Ecken .....	20
5.2 Geometrische Größenverhältnisse .....	23
5.3 Tragwerksmodellierung für die Berechnung .....	25
5.4 Eindrehen der Flansche .....	25
5.5 Lokales Beulen und Forminstabilität von Querschnitten.....	27
5.5.1 Allgemeines .....	27
5.5.2 Ebene nicht ausgesteifte Querschnittsteile .....	29
5.5.3 Ebene Querschnittsteile mit Rand- oder Zwischensteifen .....	29
5.6 Beulen zwischen Verbindungsmitteln .....	45
<b>6 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....</b>	<b>46</b>
6.1 Querschnittstragfähigkeit .....	46
6.1.1 Allgemeines .....	46
6.1.2 Zentrischer Zug.....	46
6.1.3 Zentrischer Druck .....	46
6.1.4 Biegung.....	47
6.1.5 Schubtragfähigkeit .....	50
6.1.6 Torsionsmomente.....	51
6.1.7 Örtliche Lasteinleitung .....	52
6.1.8 Kombinierte Beanspruchung aus Zug und Biegung .....	60
6.1.9 Kombinierte Beanspruchung aus Druck und Biegung.....	61
6.1.10 Kombinierte Beanspruchung aus Querkraft, Axialkraft und Biegung .....	61
6.1.11 Kombinierte Beanspruchung aus Biegung und lokaler Lasteinleitung oder Lagerreaktion .....	62
6.2 Stabilitätsnachweise für Bauteile.....	62
6.2.1 Allgemeines .....	62
6.2.2 Biegeknicken.....	62

	Seite	
6.2.3	Drillknicken und Biegedrillknicken.....	63
6.2.4	Biegedrillknicken biegebeanspruchter Bauteile .....	67
6.2.5	Biegung und zentrische Druckkraft.....	67
6.3	Biegung und Zugkraft .....	67
7	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit .....	67
7.1	Allgemeines .....	67
7.2	Plastische Verformungen .....	68
7.3	Durchbiegungen .....	68
8	Verbindungen .....	68
8.1	Allgemeines .....	68
8.2	Stöße und Endanschlüsse druckbeanspruchter Bauteile .....	68
8.3	Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln.....	69
8.4	Punktschweißungen.....	76
8.5	Überlappungsstöße.....	77
8.5.1	Allgemeines .....	77
8.5.2	Kehlnähte .....	77
8.5.3	Lochschweißungen .....	78
9	Versuchsgestützte Bemessung .....	81
10	Besondere Angaben zu Pfetten, Kassettenprofilen und Profilblechen .....	82
10.1	Träger mit Drehbettung durch Bleche.....	82
10.1.1	Allgemeines .....	82
10.1.2	Berechnungsmethoden .....	83
10.1.3	Bemessungskriterien .....	85
10.1.4	Bemessungswerte der Tragfähigkeit .....	87
10.1.5	Drehbehinderung durch Profilbleche.....	94
10.1.6	Kräfte in den Blech/Pfetten-Verbindungen und Lagerkräfte.....	99
10.2	Kassettenprofile mit Aussteifung durch Profilbleche .....	101
10.2.1	Allgemeines .....	101
10.2.2	Momententragfähigkeit .....	102
10.3	Bemessung von Schubfeldern.....	105
10.3.1	Allgemeines .....	105
10.3.2	Scheibenwirkung .....	105
10.3.3	Voraussetzungen.....	106
10.3.4	Schubfelder aus Profilblechen.....	107
10.3.5	Schubfelder aus Kassettenprofilen .....	108
10.4	Perforierte Profilbleche.....	109
Anhang A (normativ)	Versuche .....	111
A.1	Allgemeines .....	111
A.2	Versuche an Profilblechen und Kassettenprofilen .....	111
A.2.1	Allgemeines .....	111
A.2.2	Versuche am Einfeldträger .....	112
A.2.3	Versuche am Zweifeldträger .....	112
A.2.4	Ersatzträger zur Prüfung der Zwischenstützung .....	113
A.2.5	Versuche am Endlager.....	114
A.3	Versuche an kaltgeformten Profilen.....	116
A.3.1	Allgemeines .....	116
A.3.2	Druckversuche am vollen Querschnitt.....	117
A.3.3	Zugversuch am vollen Querschnitt .....	118
A.3.4	Biegeversuch am vollen Querschnitt .....	119
A.4	Versuche an Tragwerken oder Tragwerksteilen .....	119
A.4.1	Abnahmeversuch .....	119
A.4.2	Zerstörungsfreier Festigkeitsversuch.....	120
A.4.3	Tragfähigkeitsversuch bis zum Versagen .....	121
A.4.4	Kalibrationsversuch .....	121
A.5	Versuche an durch Profilbleche drehbehinderten Biegeträgern.....	121

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

	Seite
<b>A.5.1 Allgemeines</b> .....	<b>121</b>
<b>A.5.2 Versuch zur Prüfung der Innenstützung</b> .....	<b>122</b>
<b>A.5.3 Ermittlung der Drehbehinderung</b> .....	<b>125</b>
<b>A.6 Auswertung der Versuchsergebnisse</b> .....	<b>127</b>
<b>A.6.1 Allgemeines</b> .....	<b>127</b>
<b>A.6.2 Normierung der Versuchsergebnisse</b> .....	<b>127</b>
<b>A.6.3 Charakteristische Werte</b> .....	<b>129</b>
<b>A.6.4 Bemessungswerte</b> .....	<b>131</b>
<b>A.6.5 Gebrauchstauglichkeit</b> .....	<b>131</b>
<b>Anhang B (informativ) Dauerhaftigkeit von Verbindungsmitteln</b> .....	<b>132</b>
<b>Anhang C (informativ) Querschnittswerte für dünnwandige Querschnitte</b> .....	<b>134</b>
<b>C.1 Offene Querschnitte</b> .....	<b>134</b>
<b>C.2 Querschnittswerte für offene, verzweigte Querschnitte</b> .....	<b>137</b>
<b>C.3 Torsionssteifigkeit von Querschnitten mit geschlossenem Querschnittsteil</b> .....	<b>137</b>
<b>Anhang D (informativ) Gemischte Anwendung von wirksamen Breiten und wirksamen Dicken bei einseitig gestützten Querschnittsteilen</b> .....	<b>138</b>
<b>Anhang E (informativ) Vereinfachte Pfettenbemessung</b> .....	<b>140</b>

## Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-1-3:2006 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Structural Eurocodes“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Großbritannien) gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Dieser Eurocode ersetzt ENV 1993-1-3:1996.

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, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

## Nationaler Anhang zu EN 1993-1-3

Diese Norm enthält alternative Verfahren, Kennwerte und Empfehlungen mit Anmerkungen, die darauf hinweisen, wann nationale Abänderungen anfallen. Deswegen gilt zur nationalen Norm, die EN 1993-1-3 implementiert, ein nationaler Anhang, der die national bestimmten Parameter zu Entwurf und Bemessung von Stahlbauten, die in dem jeweiligen Land zu errichten sind, enthält.

Nationale Abänderungen werden in den folgenden Regelungen der EN 1993-1-3 ermöglicht:

— 2(3)P	— 8.4(5)
— 2(5)	— 8.5.1(4)
— 3.1(3) Anmerkung 1 und Anmerkung 2	— 9(2)
— 3.2.4(1)	— 10.1.1(1)
— 5.3(4)	— 10.1.4.2(1)
— 8.3(5)	— A.1(1), Anmerkung 2
— 8.3(13), Tabelle 8.1	— A.1(1), Anmerkung 3
— 8.3(13), Tabelle 8.2	— A.6.4(4)
— 8.3(13), Tabelle 8.3	— E(1)
— 8.3(13), Tabelle 8.4	

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

## 1 Einleitung

### 1.1 Anwendungsbereich

(1) EN 1993-1-3 enthält Anforderungen an die Bemessung kaltgeformter, **AC** gestrichener Text **AC** Bauteile und Bleche. Sie bezieht sich auf kaltgewalzte Stahlerzeugnisse aus beschichtetem oder nicht beschichtetem warm- oder kaltgewalzten **AC** gestrichener Text **AC** Blech oder Band, das durch Rollprofilier- oder Kantverfahren kaltverformt wurde. Sie darf auch zur Bemessung von profilierten Stahlblechen für Stahl-Beton-Verbunddecken im Bauzustand angewendet werden, siehe EN 1994. Die Ausführung von Stahlbaukonstruktionen aus kaltgeformten, **AC** gestrichener Text **AC** Bauteilen ist in EN 1090 geregelt.

ANMERKUNG Die Regelungen dieses Teils sind Ergänzungen anderer Teile der EN 1993-1.

(2) Es werden auch Bemessungsverfahren zu Schubfeldkonstruktionen aus dünnwandigen Stahlblechen angeführt.

(3) Dieser Teil enthält keine Regelungen zu kaltgeformten Kreis- und Rechteckhohlprofilen, die nach EN 10219 geliefert werden. Hierzu wird auf EN 1993-1-1 und EN 1993-1-8 verwiesen.

(4) EN 1993-1-3 enthält Nachweisverfahren mit Berechnungen und mit durch Versuche gestützten Berechnungen. Die Berechnungsverfahren beziehen sich lediglich auf die angegebenen Werkstoffe und geometrischen Abmessungen, für die ausreichend Erfahrungswerte und Versuchsergebnisse vorliegen. Diese Einschränkungen gelten nicht für die experimentellen Verfahren.

(5) EN 1993-1-3 regelt nicht die Lastanordnungen für die Überprüfung von Lasten bei Montage und Instandhaltung.

(6) Voraussetzung für die Gültigkeit dieser Norm ist, dass die kaltgeformten Bauteile den Toleranzanforderungen in EN 1090-2 genügen.

### 1.2 Normative Verweisungen

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 nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikationen (einschließlich Änderungen).

EN 508-1, *Dachdeckungsprodukte aus Metallblech — Festlegungen für selbsttragende Bedachungselemente aus Stahlblech, Aluminiumblech oder nichtrostendem Stahlblech — Teil 1: Stahl*

EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Anforderungen an die Ausführung von Tragwerken aus Stahl*

EN 1993 (Teile 1-1 bis 1-12), *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 1994 (alle Teile), *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*

EN 10002-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

EN 10025-1:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen*

EN 10025-2:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

EN 10025-3:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

EN 10025-4:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

EN 10025-5:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle*

EN 10143, *Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Blech und Band aus Stahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10149-2, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Teil 2: Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte Stähle*

EN 10149-3, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Teil 3: Lieferbedingungen für normalgeglühte, normalisierend gewalzte Stähle*

EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 10268, *Kaltgewalzte Flacherzeugnisse mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen aus mikrolegierten Stählen — Technische Lieferbedingungen*

EN 10292, *Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Band und Blech aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*

EN 10326, *Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Band und Blech aus Baustählen — Technische Lieferbedingungen*

EN 10327, *Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Band und Blech aus weichen Stählen zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*

EN ISO 1478, *Blechsraubengewinde*

EN ISO 1479, *Sechskant-Blechsrauben*

EN ISO 2702, *Wärmebehandelte Blechsrauben aus Stahl — Mechanische Eigenschaften*

EN ISO 7049, *Linsenkopf-Blechsrauben mit Kreuzschlitz*

EN ISO 10684, *Verbindungselemente — Feuerverzinkung*

EN ISO 12944-2, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen*

ISO 4997, *Cold-reduced steel sheet of structural quality*

FEM 10.2.02, *Fédération Européenne de la manutention, Section X, Equipement et procédés de stockage, FEM 10.2.02, The design of static steel pallet racking, Racking design code, April 2001, Version 1.02.*

### **1.3 Begriffe**

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1993-1-1 und die folgenden Begriffe.

#### **1.3.1**

##### **Grundwerkstoff**

flaches Stahlblech, aus dem kaltgeformte Querschnitte und profilierte Bleche durch Kaltverformung hergestellt werden

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**1.3.2**

**Basisstreckgrenze**

Streckgrenze des Grundwerkstoffs aus dem Zugversuch

**1.3.3**

**Schubfeldwirkung**

Tragverhalten unter Einbeziehung von Schub in der Blechebene

**1.3.4**

**Kassettenprofil**

kastenförmiges Blechprofil mit lippenversteiften Randgurten, die durch Kopplung von benachbarten Kassettengurten eine rippenversteifte Wand bilden, die eine parallele Wand aus senkrecht dazu verlaufenden Profilblechen tragen kann

**1.3.5**

**Teilbehinderung**

Teilbehinderung seitlicher Verformungen oder der Verdrehungen oder Verwölbungen eines Bauteils, die die Tragfähigkeit gegenüber Stabilitätsversagen ähnlich wie eine Federlagerung erhöht, aber geringfügiger als bei einer starren Lagerung

**1.3.6**

**bezogener Schlankheitsgrad**

ein genormter, dimensionsloser Schlankheitswert

**1.3.7**

**Halterung**

volle Behinderung seitlicher Verformungen oder Verdrehungen oder Verwölbungen eines Bauteils, die die Tragfähigkeit gegenüber Stabilitätsversagen ähnlich wie eine starre Lagerung erhöht

**1.3.8**

**Schubfeldbemessung**

ein Bemessungsverfahren, das die Schubtragwirkung von Blechkonstruktionen auf die Steifigkeit und Tragfähigkeit eines Tragwerks berücksichtigt

**1.3.9**

**Lager**

eine Stelle, an der ein Bauteil Kräfte oder Momente in eine Gründung, ein anderes Bauteil oder ein anderes Tragwerksteil weiterleitet

**1.3.10**

**Nenndicke**

ein durchschnittlicher Zielwert für die Blechdicke einschließlich des Zinküberzugs oder anderer metallischer Überzüge nach dem Kaltwalzen entsprechend den Herstellerangaben ( $t_{\text{nom}}$  schließt Kunststoffbeschichtungen aus)

**1.3.11**

**Stahlkerndicke**

die Nenndicke abzüglich der Zink- oder anderer metallischer Überzüge ( $t_{\text{cor}}$ )

**1.3.12**

**Bemessungsdicke**

die Stahlkerndicke zur Verwendung bei der rechnerischen Bemessung nach 1.5.3(6) und 3.2.4

## 1.4 Formelzeichen

(1) Zusätzlich zu den in EN 1993-1 angegebenen werden die folgenden Formelzeichen verwendet:

$f_y$	Streckgrenze
$f_{ya}$	durchschnittliche Streckgrenze
$f_{yb}$	Basisstreckgrenze des Grundwerkstoffs vor dem Kaltwalzen
$t$	Bemessungskernndicke des Stahlwerkstoffs vor dem Kaltformen abzüglich aller metallischer und organischer Beschichtungen
$t_{nom}$	Nennndicke = Blechdicke nach dem Kaltformen einschließlich Zink- und anderer metallischer Beschichtungen
$t_{cor}$	Stahlkerndicke = Nennndicke abzüglich der Zink- und anderer metallischer Überzüge
$K$	Verschiebefedersteifigkeit
$C$	Drehfedersteifigkeit

(2) Zusätzliche Formelzeichen werden an den Stellen im Text definiert, an denen sie zuerst verwendet werden.

(3) Ein Formelzeichen darf mehrere Bedeutungen haben.

## 1.5 Bezeichnungsweisen und vereinbarte Maßangaben

### 1.5.1 Querschnittsform

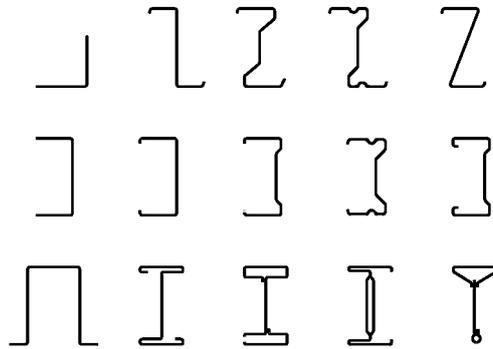
(1) Kaltgeformte Bauteile und profilierte Bleche weisen innerhalb der zulässigen Toleranzen eine konstante Nennndicke über ihrer Gesamtlänge auf und dürfen entweder einen gleich bleibenden Querschnitt oder einen längsveränderlichen Querschnitt besitzen.

(2) Der Querschnitt eines kaltgeformten Bauteils und Profilblechs umfasst im Grundsatz eine Reihe ebener Elemente, die durch gerundete Elemente verbunden sind.

(3) Typische Querschnittsformen kaltgeformter Bauteile sind in Bild 1.1 dargestellt.

**ANMERKUNG** Die Berechnungsmethoden der EN 1993-1-3 umfassen nicht jeden der in den Bildern 1.1 und 1.2 dargestellten Fälle.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**



a) Einzelne offene Querschnitte



b) Offene, zusammengesetzte Querschnitte

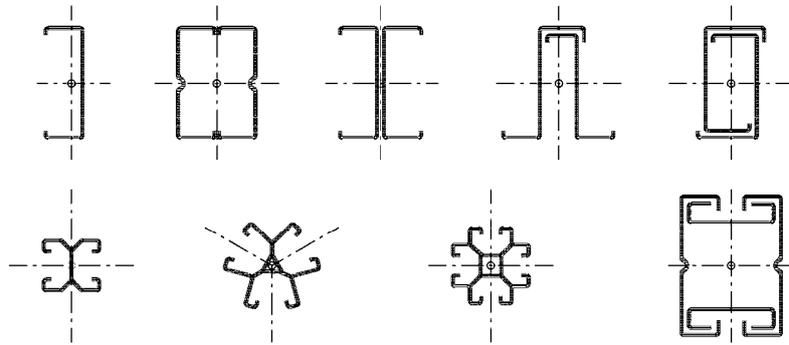


c) Geschlossene, zusammengesetzte Querschnitte

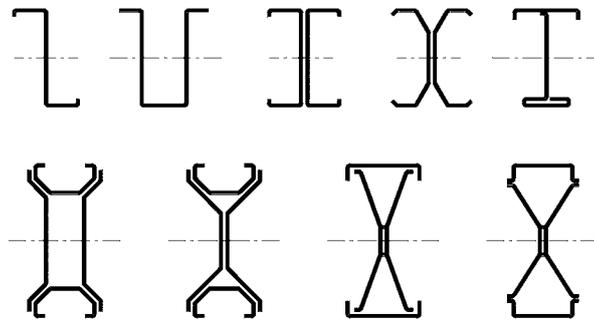
**Bild 1.1 — Typische Querschnittsformen kaltgewalzter Bauteile**

(4) Beispiele für die Querschnitte kaltgewalzter Bauteile und Bleche sind in Bild 1.2 dargestellt.

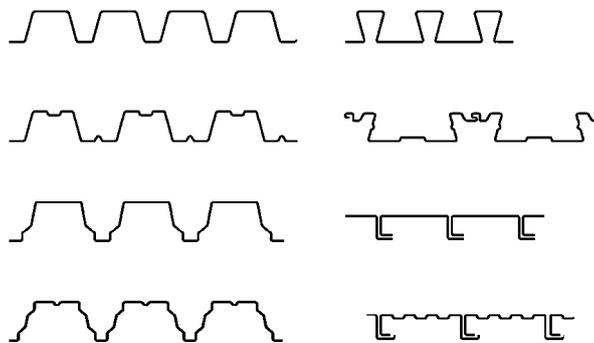
**ANMERKUNG** Jede Regel in diesem Teil von EN 1993 bezieht sich auf die Hauptquerschnittsachsen, welche durch die Hauptachsen  $y-y$  und  $z-z$  bei symmetrischen und  $u-u$  und  $v-v$  bei unsymmetrischen Querschnitten wie z. B. Winkel- und Z-Profilen definiert sind. In einigen Fällen ist die Zwangs-Biegeachse durch angeschlossene Konstruktionsteile unabhängig von den Symmetrieeigenschaften des Querschnitts vorgegeben.



a) Druck- und Zuglieder



b) Träger und andere Bauteile für Biegebeanspruchung



c) Profilbleche und Kassettenprofile

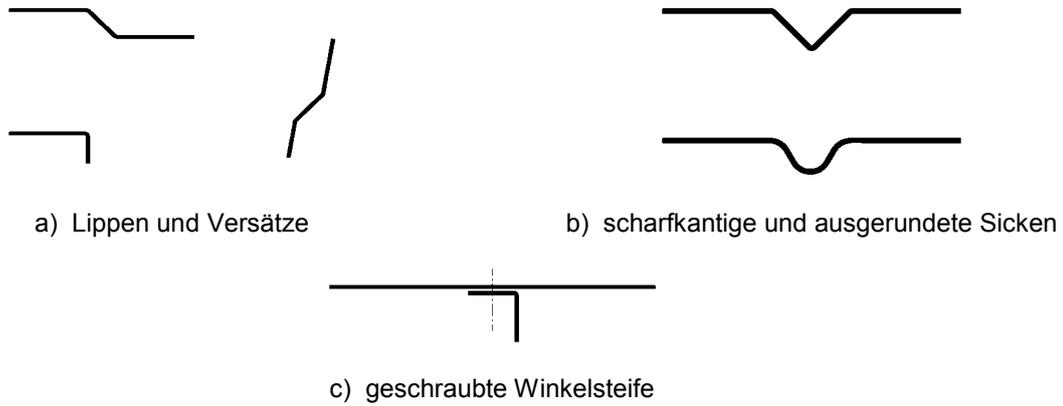
**Bild 1.2 — Beispiele für kaltgeformte Bauteile und Profilbleche**

(5) Querschnitte von kaltgeformten Bauteilen und Blechen dürfen entweder nicht ausgesteift sein oder sie enthalten Längsaussteifungen in den Stegen, Flanschen oder in beiden.

### 1.5.2 Formen der Längsaussteifungen

(1) Typische Formen der Längsaussteifungen in kaltgewalzten Bauteilen und Blechen sind in Bild 1.3 dargestellt.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**



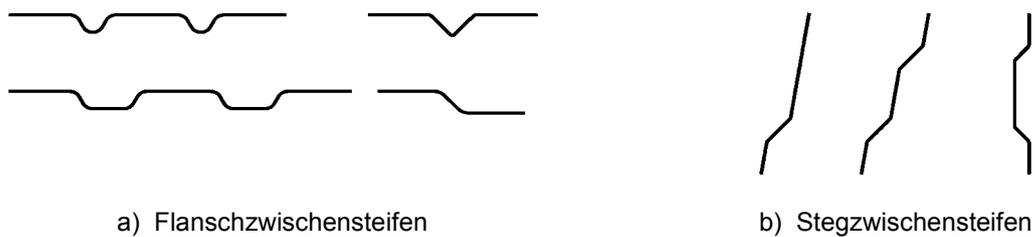
**Bild 1.3 — Typische Steifenformen für kaltgewalzte Bauteile und Blechkonstruktionen**

- (2) Flanschlängssteifen dürfen entweder als Rand- oder Zwischensteifen ausgeführt sein.
- (3) Typische Randsteifen sind in Bild 1.4 dargestellt.



**Bild 1.4 — Typische Randsteifen**

- (4) Typische Längszwischensteifen sind in Bild 1.5 dargestellt.



**Bild 1.5 — Typische Längszwischensteifen**

**1.5.3 Maßangaben für Querschnitte**

- (1) Gesamtmaßangaben kaltgeformter Querschnitte und Blechkonstruktionen, wie die Gesamtbreite  $b$ , die Gesamthöhe  $h$ , der innere Biegeradius  $r$  und andere Außenmaße, die mit Symbolen ohne tiefgestellte Indizes, wie z. B.  $a$ ,  $c$  oder  $d$ , gekennzeichnet sind, werden, wenn nicht anderweitig festgelegt, von den Oberflächen aus gemessen, siehe Bild 1.6.

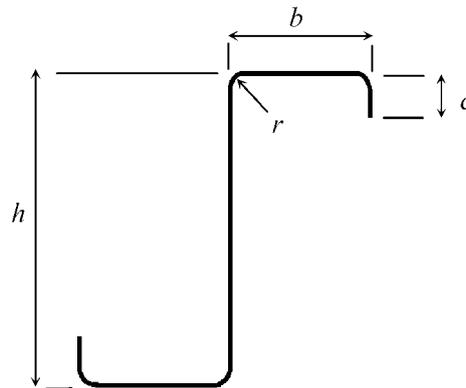


Bild 1.6 — Abmessungen eines typischen Querschnitts

- (2) Wenn nicht anderweitig festgelegt, werden die Querschnittsabmessungen eines kaltgeformten Bauteils und einer Blechkonstruktion, die mit tiefgestellten Indizes wie z. B.  $b_d$ ,  $h_w$  oder  $s_w$  gekennzeichnet sind, entweder von den Blechmittellinien oder den Eckmittelpunkten vermessen.
- (3) Im Falle von geneigten Elementen wie bei Stegen von Trapezblechen wird die schräge Höhe  $s$  parallel zur Neigung gemessen. Die Neigung ist durch die gerade Linie zwischen den Schnittpunkten der Flansche und des Steges gegeben.
- (4) Die Steghöhe wird entlang der Steg-Mittellinie inklusive aller Stegauseifungen vermessen.
- (5) Die Flanschbreite wird entlang der Flansch-Mittellinie inklusive aller Zwischensteifen vermessen.
- (6) Wenn nichts anderes ausgewiesen ist, handelt es sich bei der Materialdicke  $t$  um die Stahlbemessungsdicke (die Stahlkerndicke, gegebenenfalls, abzüglich der Toleranz wie in 3.2.4 spezifiziert).

#### 1.5.4 Vereinbarung über die Bauteilachsen

- (1) Allgemein werden die Vereinbarungen über die Bauteilachsen in EN 1993-1-1 verwendet, siehe Bild 1.7.

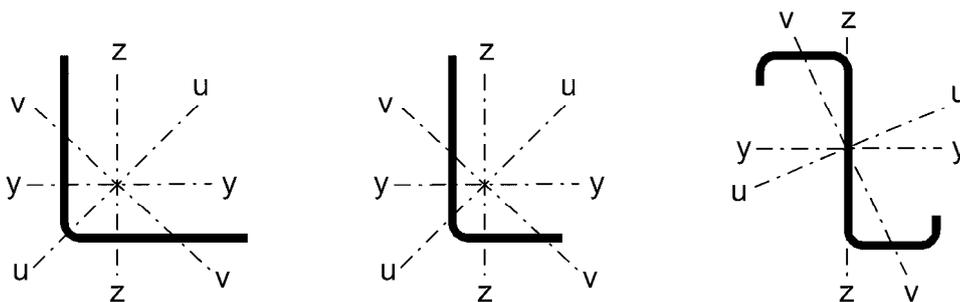


Bild 1.7 — Vereinbarung über die Bauteilachsen

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

(2) Bei Profilblechen und Kassettenprofilen gelten die folgenden Vereinbarungen:

- y–y Achse parallel zur Blechebene;
- z–z Achse senkrecht zur Blechebene.

## 2 Grundlagen der Bemessung

(1) Die Bemessung kaltgewalzter Bauteile und Blechkonstruktionen ist in der Regel in Übereinstimmung mit den allgemeinen Regelungen der EN 1990 und der EN 1993-1-1 durchzuführen. Zu dem allgemeinen Vorgehen mit FE-Verfahren (oder anderen) siehe EN 1993-1-5, Anhang C.

(2)P Bei Nachweisen der Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit sind die entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerte anzusetzen.

(3)P Bei rechnerischen Nachweisen des Grenzzustands der Tragfähigkeit sind die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_M$  folgendermaßen anzuwenden:

- Querschnittstragfähigkeit, begrenzt durch ausgeprägtes Fließen des Querschnitts unter Einbeziehung lokaler Beulens oder Profilverformung von Querschnitten:  $\gamma_{M0}$ ;
- Tragfähigkeit von Bauteilen und Blechkonstruktionen, bei denen sich ein globales Stabilitätsversagen einstellt:  $\gamma_{M1}$ ;
- Tragfähigkeit von Nettoquerschnitten an Schraubenlöchern:  $\gamma_{M2}$ ;

ANMERKUNG Zahlenwerte für  $\gamma_{Mi}$  dürfen im nationalen Anhang definiert sein. Die folgenden Zahlenwerte werden für den allgemeinen Hochbau empfohlen:

$$\gamma_{M0} = 1,00;$$

$$\gamma_{M1} = 1,00;$$

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

(4)  $\gamma_M$ -Werte zur Tragfähigkeit von Anschlüssen enthält Abschnitt 8.

(5) Bei Nachweisen des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit sind in der Regel die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_{M,ser}$  zu verwenden.

ANMERKUNG Zahlenwerte für  $\gamma_{M,ser}$  dürfen im nationalen Anhang definiert sein. Der folgende Zahlenwert wird für den allgemeinen Hochbau empfohlen:

$$\gamma_{M,ser} = 1,00.$$

(6) Bei der Bemessung von kaltgeformten Bauteilen und Blechkonstruktionen sollte eine von den Schadensfolgen abhängige Unterscheidung zwischen „Konstruktionsklassen“ nach EN 1990 – Anhang B getroffen werden:

- **Konstruktionsklasse I:** Konstruktion, bei der kaltgeformte Bauteile und Blechkonstruktionen zur Gesamttragfähigkeit eines Tragwerks beitragen;
- **Konstruktionsklasse II:** Konstruktion, bei der kaltgeformte Bauteile und Blechkonstruktionen zur Tragfähigkeit eines einzelnen Tragwerksteils beitragen;
- **Konstruktionsklasse III:** Konstruktion, bei der kaltgeformte Bauteile und Blechkonstruktionen lediglich der Übertragung der Lasten auf das Tragwerk dienen.

ANMERKUNG 1 Im Verlauf verschiedener Bauphasen dürfen unterschiedliche Konstruktionsklassen definiert werden.

ANMERKUNG 2 Die Anforderungen an die Ausführung von Blechkonstruktionen sind in EN 1090 geregelt.

### 3 Werkstoffe

#### 3.1 Allgemeines

(1) Die Stahlsorte, die für kaltgeformte Bauteile und Blechkonstruktionen eingesetzt werden soll, sollte für die Kaltverformung und, wenn erforderlich, für das Schweißen, geeignet sein. Stahlsorten, die für verzinkte kaltgeformte Bauteile und Blechkonstruktionen eingesetzt werden sollen, sollten auch für die Verzinkung geeignet sein.

(2) Die Nennwerte der Werkstoffeigenschaften in diesem Abschnitts sind in der Regel als charakteristische Werte für die Bemessung zu verwenden.

(3) Dieser Teil von EN 1993 behandelt die Bemessung kaltgeformter Bauteile und profilierter Blechkonstruktionen aus Stählen entsprechend der Tabelle 3.1a.

**Tabelle 3.1a — Nennwerte der Basisstreckgrenze  $f_{yb}$  und der Zugfestigkeit  $f_u$**

Stahlsorte	Norm	Sorte	$f_{yb}$ in N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ in N/mm <sup>2</sup>
Warmgewalzte nicht legierte Baustähle; Teil 2: Technische Lieferbedingungen für nicht legierte Baustähle	EN 10025-2	S 235	235	360
		S 275	275	430
		S 355	355	510
Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen; Teil 3: Technische Lieferbedingungen normalisierter, gewalzter, schweißbarer Feinkornbaustähle	EN 10025-3	S 275 N	275	370
		S 355 N	355	470
		S 420 N	420	520
		S 460 N	460	550
		S 275 NL	275	370
		S 355 NL	355	470
		S 420 NL S 460 NL	420 460	520 550
Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen; Teil 4: Technische Lieferbedingungen thermomechanisch gewalzter, schweißbarer Feinkornbaustähle	EN 10025-4	S 275 M	275	360
		S 355 M	355	450
		S 420 M	420	500
		S 460 M	460	530
		S 275 ML	275	360
		S 355 ML	355	450
		S 420 ML S 460 ML	420 460	500 530

ANMERKUNG 1 Bei Stahlblechen mit weniger als 3 mm Dicke nach EN 10025, wenn die Ausgangsbandbreite  $\geq 600$  mm beträgt, dürfen die charakteristischen Werte im nationalen Anhang angegeben werden. Das 0,9fache der Werte in Tabelle 3.1a wird empfohlen.

ANMERKUNG 2 Bei anderen Stahlwerkstoffen und Erzeugnissen gilt der nationale Anhang. Beispiele zu Stahlsorten, die den Anforderungen dieser Norm entsprechen, enthält die Tabelle 3.1b.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 3.1b — Nennwerte der Basisstreckgrenze  $f_{yb}$  und der Zugfestigkeit  $f_u$**

Stahlsorte	Norm	Sorte	$f_{yb}$ in N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ in N/mm <sup>2</sup>
Kontinuierlich kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus allgemeinen Baustählen	ISO 4997	CR 220	220	300
		CR 250	250	330
		CR 320	320	400
Kontinuierlich feuerverzinktes Blech aus unlegierten Baustählen	EN 10326	S220GD+Z	220	300
		S250GD+Z	250	330
		S280GD+Z	280	360
		S320GD+Z	320	390
		S350GD+Z	350	420
Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus hochfesten Stählen zur Kaltumformung. Teil 2: Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte Stähle	EN 10149-2	S 315 MC	315	390
		S 355 MC	355	430
		S 420 MC	420	480
		S 460 MC	460	520
		S 500 MC	500	550
		S 550 MC	550	600
		S 600 MC	600	650
		S 650 MC	650	700
	EN 10149-3	S 260 NC	260	370
		S 315 NC	315	430
		S 355 NC	355	470
		S 420 NC	420	530
Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus Stahl mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen	EN 10268	H240LA	240	340
		H280LA	280	370
		H320LA	320	400
		H360LA	360	430
		H400LA	400	460
Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Band und Blech aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen	EN 10292	H260LAD	240 <sup>b</sup>	340 <sup>b</sup>
		H300LAD	280 <sup>b</sup>	370 <sup>b</sup>
		H340LAD	320 <sup>b</sup>	400 <sup>b</sup>
		H380LAD	360 <sup>b</sup>	430 <sup>b</sup>
		H420LAD	400 <sup>b</sup>	460 <sup>b</sup>
Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Band und Blech aus Stahl mit Zink-Aluminium-Überzügen (ZA)	EN 10326	S220GD+ZA	220	300
		S250GD+ZA	250	330
		S280GD+ZA	280	360
		S320GD+ZA	320	390
		S350GD+ZA	350	420
Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Band und Blech aus Stahl mit Aluminium-Zink-Überzügen (AZ)	EN 10326	S220GD+AZ	220	300
		S250GD+AZ	250	330
		S280GD+AZ	280	360
		S320GD+AZ	320	390
		S350GD+AZ	350	420
Kontinuierlich feuerverzinktes Band und Blech aus unlegierten Stählen zur Kaltverformung	EN 10327	DX51D+Z	140 <sup>a</sup>	270 <sup>a</sup>
		DX52D+Z	140 <sup>a</sup>	270 <sup>a</sup>
		DX53D+Z	140 <sup>a</sup>	270 <sup>a</sup>
<sup>a</sup> Mindestwerte für Streckgrenze und Zugfestigkeit sind in dieser Norm nicht enthalten. Für jede Stahlsorte darf ein Mindestwert von 140 N/mm <sup>2</sup> für die Streckgrenze und 270 N/mm <sup>2</sup> für die Zugfestigkeit angenommen werden.				
<sup>b</sup> Die Streckgrenzenwerte in den Werkstoffbezeichnungen beziehen sich auf die Eigenschaften senkrecht zur Walzrichtung. Die Werte für Längszug sind in der Tabelle enthalten.				

## 3.2 Baustähle

### 3.2.1 Werkstoffeigenschaften des Grundmaterials

(1) Die Nennwerte der Streckgrenze  $f_{yb}$  oder Zugfestigkeit  $f_u$  sind in der Regel folgendermaßen zu bestimmen:

- a) entweder durch Gleichsetzen von  $f_y = R_{eh}$  oder  $R_{p0,2}$  und  $f_u = R_m$  direkt aus den Erzeugnisnormen, oder
- b) durch Verwendung der Werte in Tabellen 3.1a und 3.1b oder
- c) durch entsprechende Versuche.

(2) Werden die charakteristischen Werte aus Versuchen ermittelt, so sind solche Versuche in der Regel nach EN 10002-1 durchzuführen. Es sollten wenigstens 5 Prüfstücke einer Charge folgendermaßen entnommen werden:

- 1) Bandrollen:
  - a) bei einem Los einer Produktionscharge (ein Konverter-Stahlguss) mindestens ein Prüfstück je Bandrolle aus 30 % aller Bandrollen;
  - b) bei einem Los aus verschiedenen Produktionschargen mindestens ein Prüfstück je Bandrolle;
- 2) Streifen:  
wenigstens ein Prüfstück je 2 000 kg aus einer Produktion.

Die Prüfstücke sind dem betreffenden Stahllos in der Regel nach Zufall zu entnehmen, und die Orientierung sollte der Längsrichtung des Tragwerksteils entsprechen. Die charakteristischen Werte sollten entsprechend der statistischen Auswertung nach EN 1990, Anhang D bestimmt werden.

- (3) Es darf unterstellt werden, dass die Stahleigenschaften für Druck die gleichen sind wie für Zug.
- (4) Für die Duktilitätsanforderungen gilt in der Regel 3.2.2 der EN 1993-1-1.
- (5) Die Bemessungswerte der Werkstoffkenngrößen sind in der Regel 3.2.6 der EN 1993-1-1 zu entnehmen.
- (6) Die Werkstoffeigenschaften bei hohen Temperaturen sind in EN 1993-1-2 enthalten.

### 3.2.2 Werkstoffeigenschaften kaltgeformter Profile und Blechkonstruktionen

(1) Wo die Streckgrenze mit dem Symbol  $f_y$  bezeichnet wird, darf die Durchschnittsstreckgrenze  $f_{ya}$  verwendet werden, wenn (4) bis (8) gilt. In anderen Fällen ist in der Regel die Basisstreckgrenze  $f_{yb}$  zu verwenden. Wo die Streckgrenze mit dem Symbol  $f_{yb}$  bezeichnet wird, ist in der Regel die Basisstreckgrenze  $f_{yb}$  zu verwenden.

(2) Die durchschnittliche Streckgrenze  $f_{ya}$  eines Querschnitts infolge der Kaltverfestigung darf anhand von Versuchen zur Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit ermittelt werden.

(3) Alternativ darf die erhöhte Streckgrenze  $f_{ya}$  nach der folgenden Berechnungsvorschrift ermittelt werden:

$$f_{ya} = f_{yb} + (f_u - f_{yb}) \frac{knt^2}{A_g} \quad \text{jedoch} \quad f_{ya} \leq \frac{(f_u + f_{yb})}{2} \quad (3.1)$$

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

$A_g$  die Bruttoquerschnittsfläche;

$k$  ein verformungsabhängiger Zahlenwert:

- $k = 7$  bei Rollprofilierung;
- $k = 5$  bei anderen Profilierverfahren;

$n$  die Anzahl der Umbiegungen um  $90^\circ$  im Querschnitt mit einem Innenradius von  $r \leq 5t$  (Umbiegungen unter  $90^\circ$  sind als Bruchteile von  $n$  einzubeziehen);

$t$  die Bemessungskernstärke des Stahlwerkstoffs vor der Kaltumformung abzüglich aller metallischen Überzüge und organischen Beschichtungen, siehe 3.2.4.

(4) Die erhöhte Streckgrenze infolge der Kaltverformung darf folgendermaßen berücksichtigt werden:

- bei axial beanspruchten Bauteilen, in denen die wirksame Querschnittsfläche  $A_{\text{eff}}$  der Bruttofläche  $A_g$  entspricht;
- bei der Bestimmung von  $A_{\text{eff}}$  ist als Streckgrenze  $f_y$  der Wert für  $f_{yb}$  anzusetzen.

(5) Die Durchschnittsstreckgrenze  $f_{ya}$  darf bei der Bestimmung folgender Tragfähigkeiten herangezogen werden:

- Querschnittstragfähigkeit von zentrisch auf Zug beanspruchten Bauteilen;
- Querschnittstragfähigkeit und Knicktragfähigkeit zentrisch belasteter Druckstützen mit einem vollständig wirksamen Querschnitt;
- die Momententragfähigkeit eines Querschnitts mit vollständig wirksamen Druckflanschen.

(6) Zur Bestimmung der Momententragfähigkeit eines Querschnitts mit vollständig wirksamen Flanschen kann der Querschnitt in  $m$  ebene Querschnittsteile, wie die Flansche, unterteilt werden. Ausdruck (3.1) darf dann zur Ermittlung der erhöhten Streckgrenze  $f_{y,i}$  für jedes einzelne Querschnittsteil  $i$  verwendet werden, vorausgesetzt, dass:

$$\frac{\sum_{i=1}^m A_{g,i} f_{y,i}}{\sum_{i=1}^m A_{g,i}} \leq f_{ya} \quad (3.2)$$

wobei:

$A_{g,i}$  die Bruttoquerschnittsfläche eines einzelnen Querschnittsteils  $i$ ,

und die Berechnung der erhöhten Streckgrenze  $f_{y,i}$  für jede Fläche  $A_{g,i}$  nach Ausdruck (3.1) mit Kantenbiegewinkeln an den Rändern der einzelnen, ebenen Querschnittsteile in der Größe des halben Winkels durchgeführt wird.

(7) Die Streckgrenzenerhöhung infolge der Kaltverformung ist in der Regel nicht anzusetzen bei Bauteilen mit einer anschließenden Wärmebehandlung von mehr als  $580^\circ\text{C}$  über länger als eine Stunde.

ANMERKUNG Näheres findet sich in EN 1090-2.

(8) Es ist zu beachten, dass einige Verfahren der Wärmebehandlung (insbesondere Warmglühen) die Streckgrenze auch unter das Niveau der Basisstreckgrenze  $f_{yb}$  absenken können.

ANMERKUNG Zum Schweißen in kaltverformten Bereichen, siehe auch EN 1993-1-8.

### 3.2.3 Bruchzähigkeit

(1) Siehe EN 1993-1-1 und EN 1993-1-10.

### 3.2.4 Materialdicken und Materialdickentoleranzen

(1) Die Festlegungen für die rechnerische Bemessung der EN 1993-1-3 dürfen für Stähle innerhalb der angegebenen Grenzen für die Kerndicken  $t_{cor}$  angewendet werden.

ANMERKUNG Die Kerndickengrenzen  $t_{cor}$  für Blechkonstruktionen und Bauteile dürfen im jeweiligen nationalen Anhang angegeben werden. Die folgenden Werte werden empfohlen:

- Bleche und Bauteile:  $0,45 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 15 \text{ mm}$ ;
- Anschlüsse:  $0,45 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 4 \text{ mm}$ , siehe 8.1(2).

(2) Dickere oder dünnere Werkstoffe dürfen ebenfalls verwendet werden, vorausgesetzt, dass die Tragfähigkeit durch versuchsgestützte Bemessung ermittelt wird.

(3) Die Stahlkerndicke  $t_{cor}$  ist in der Regel als Bemessungsdicke anzusetzen, wenn

$$t = t_{cor} \quad \text{wenn } tol \leq 5 \% \quad (3.3a)$$

$$t = t_{cor} \frac{100 - tol}{95} \quad \text{wenn } tol > 5 \% \quad (3.3b)$$

$$\text{mit } t_{cor} = t_{nom} - t_{metalliccoatings} \quad (3.3c)$$

Hierbei ist  $tol$  die untere Toleranzgrenze in %.

ANMERKUNG Bei üblicher Verzinkung mit Z 275 ist  $t_{zinc} = 0,04 \text{ mm}$ .

(4) Bei durchlaufend feuerverzinkten Bauteilen und Blechen mit unteren Toleranzen, die gleich oder geringer als die „besonderen Toleranzen (S)“ der EN 10143 sind, kann die Bemessungsmaterialdicke nach (3.3a) angesetzt werden. Liegt die untere Toleranz über der „besonderen Toleranz (S)“ in EN 10143, dann kann die Bemessungsmaterialdicke nach (3.3b) verwendet werden.

(5)  $t_{nom}$  ist die Blechnenddicke nach der Kaltverformung. Sie darf dem Wert  $t_{nom}$  des ursprüngliche Blechs gleichgesetzt werden, wenn die rechnerische Querschnittsfläche vor und nach der Kaltverformung sich um nicht mehr als 2 % unterscheidet. Anderenfalls sollten die Ausgangswerte der Abmessungen geändert werden.

## 3.3 Befestigungsmittel

### 3.3.1 Schraubengarnituren

(1) Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben sollten den Anforderungen in EN 1993-1-8 genügen.

### 3.3.2 Andere Arten mechanischer Verbindungsmittel

(1) Andere Typen mechanischer Verbindungsmittel z. B.:

## DIN EN 1993-1-3:2010-12 EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)

- Gewindeformschrauben wie gewindeformende, selbstschneidende oder selbstdrehende Gewindeschrauben,
- Setzbolzen,
- Blindniete

dürfen verwendet werden, wenn sie mit der entsprechenden europäischen Produktspezifikation übereinstimmen.

(2) Die charakteristische Schubtragfähigkeit  $F_{v,Rk}$  und die charakteristische Mindestzugfestigkeit  $F_{t,Rk}$  mechanischer Verbindungsmittel dürfen den Produktnormen, ETAG oder ETA entnommen werden.

### 3.3.3 Schweißzusatzwerkstoffe

(1) Schweißzusatzwerkstoffe sollten den Anforderungen in EN 1993-1-8 entsprechen.

## 4 Dauerhaftigkeit

(1) Grundsätzliche Anforderungen enthält EN 1993-1-1, Abschnitt 4.

ANMERKUNG AC EN 1090-2 AC, 9.3.1 enthält eine Reihe von die Ausführung beeinflussenden Faktoren, die in der Entwurfsphase festgelegt werden müssen.

(2) Besonders zu beachten sind Fälle, bei denen unterschiedliche Werkstoffe im Verbund wirken, wenn diese Werkstoffe infolge ihrer elektrochemischen Eigenschaften Korrosion fördern können.

ANMERKUNG 1 Zur Korrosionsbeständigkeit von Verbindungsmitteln in Umweltklassen nach EN ISO 12944-2, siehe Anhang B.

ANMERKUNG 2 Zu Erzeugnissen für die Dacheindeckung siehe EN 508-1.

ANMERKUNG 3 Zu weiteren Erzeugnissen siehe EN 1993-1-1.

ANMERKUNG 4 Zu feuerverzinkten Schrauben siehe EN ISO 10684.

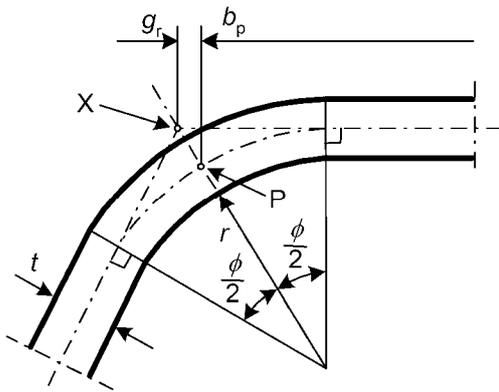
## 5 Tragwerksberechnung

### 5.1 Einfluss ausgerundeter Ecken

(1) Bei Querschnitten mit ausgerundeten Ecken sollte der Nennwert der geraden Breite  $b_p$  eines ebenen Elements von den Mittelpunkten der angrenzenden Eckbereiche, wie in Bild 5.1 dargestellt, ausgemessen werden.

(2) Bei Querschnitten mit ausgerundeten Ecken hat die Berechnung der Querschnittsgrößen in der Regel mit der vorhandenen Geometrie des Querschnitts zu erfolgen.

(3) Werden keine geeigneteren Methoden zur Ermittlung der Querschnittsgrößen angewendet, kann die folgende Methode angewendet werden. Der Einfluss ausgerundeter Ecken darf vernachlässigt werden, wenn der Innenradius  $r \leq 5 t$  und  $r \leq 0,10 b_p$  beträgt. Es darf dann angenommen werden, dass der Querschnitt aus ebenen Teilen mit scharfkantigen Ecken besteht (entsprechend Bild 5.2 gilt  $b_p$  für jedes ebene Element einschließlich der zugbeanspruchten Elemente). Bei Querschnittssteifigkeiten ist der Einfluss ausgerundeter Ecken immer zu berücksichtigen.



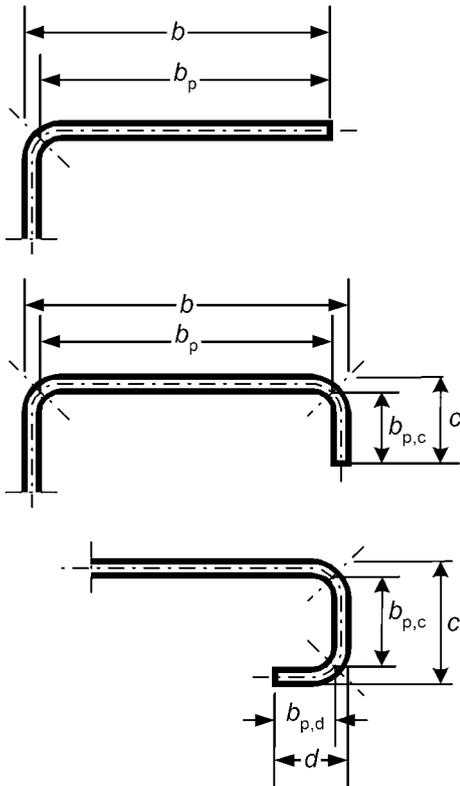
a) Mittelpunkt der Ecke oder Biegung

X ist der Schnittpunkt der Mittellinien

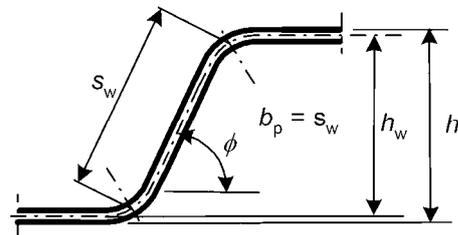
P ist der Mittelpunkt der Ecke

$$r_m = r + t/2$$

$$g_r = r_m \left( \tan\left(\frac{\phi}{2}\right) - \sin\left(\frac{\phi}{2}\right) \right)$$

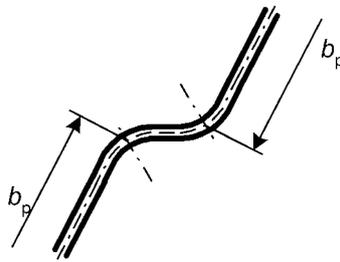


b) Nennwert der geraden Breite  $b_p$  ebener Flanschstücke

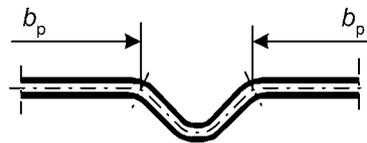


c) Nennwert der geraden Breite  $b_p$  eines Steges

( $b_p$  = abgeschrägte Höhe  $s_w$ )



d) Nennwert der geraden Breite  $b_p$  ebener Teile, die an eine Stegsteife angrenzen



e) Nennwert der geraden Breite  $b_p$  ebener Teile, die an eine Flanschsteife angrenzen

**Bild 5.1 — Nenn-Breiten ebener Querschnittsteile  $b_p$  unter Berücksichtigung der Eckradien**

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

(4) Der Einfluss ausgerundeter Ecken auf die Querschnittswerte darf berücksichtigt werden, indem die Querschnittswerte für einen Ersatzquerschnitt mit scharfkantigen Ecken, siehe Bild 5.2, mit den folgenden Näherungen abgemindert werden:

$$A_g \approx A_{g,sh} (1 - \delta) \quad (5.1a)$$

$$I_g \approx I_{g,sh} (1 - 2\delta) \quad (5.1b)$$

$$I_w \approx I_{w,sh} (1 - 4\delta) \quad (5.1c)$$

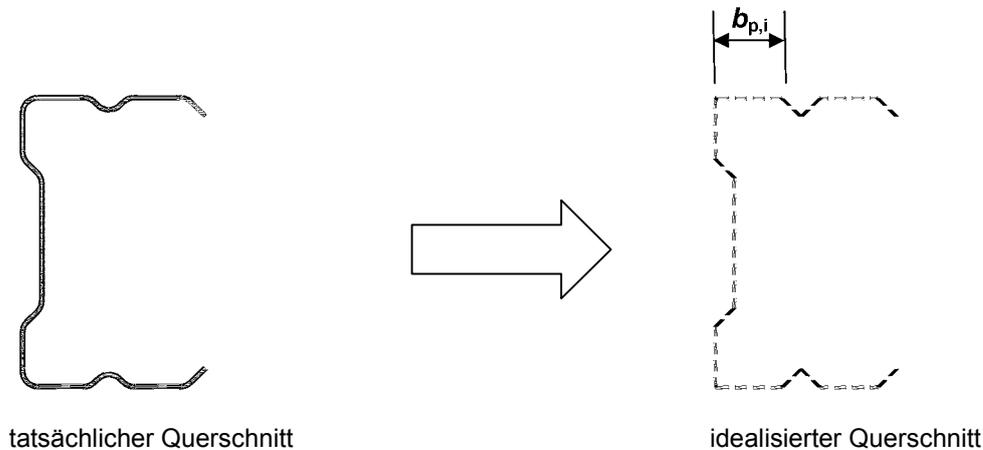
mit:

$$\delta = 0,43 \frac{\sum_{j=1}^n r_j \frac{\varphi_j}{90^\circ}}{\sum_{i=1}^m b_{p,i}} \quad (5.1d)$$

Dabei ist

- $A_g$  die Bruttoquerschnittsfläche;
- $A_{g,sh}$  der Wert für  $A_g$  des Ersatzquerschnitts mit scharfkantigen Ecken;
- $b_{p,i}$  der Nennwert der geraden Breite eines ebenen Elements  $i$  des Ersatzquerschnitts mit scharfen Kanten;
- $I_g$  das Flächenmoment 2. Grades des Bruttoquerschnitts;
- $I_{g,sh}$  der Wert für  $I_g$  des scharfkantigen Ersatzquerschnitts;
- $I_w$  der Wölbwiderstand des Bruttoquerschnitts;
- $I_{w,sh}$  der Wert für  $I_w$  des scharfkantigen Ersatzquerschnitts;
- $\phi$  der Winkel zwischen zwei ebenen Querschnittsteilen;
- $m$  die Anzahl der ebenen Querschnittsteile;
- $n$  die Anzahl der gekrümmten Querschnittsteile;
- $r_j$  der Innenradius eines gekrümmten Elements  $j$ .

(5) Die Abminderung in Ausdruck (5.1) darf ebenfalls zur Berechnung der wirksamen Querschnittswerte  $A_{eff}$ ,  $I_{y,eff}$ ,  $I_{z,eff}$  und  $I_{w,eff}$  verwendet werden unter der Voraussetzung, dass die Nennwerte der geraden Breite des ebenen Elements vom Schnittpunkt der Mittellinien aus gemessen werden.



**Bild 5.2 — Näherungsweise Berücksichtigung ausgerundeter Ecken**

(6) Beträgt der Innenradius  $r > 0,04 t E/f_y$ , ist die Tragfähigkeit experimentell zu bestimmen.

## 5.2 Geometrische Größenverhältnisse

(1) Die Festlegungen für die rechnerische Bemessung in der EN 1993-1-3 sollten bei Querschnitten jenseits der Breiten-Dicken-Verhältnisse  $b/t$ ,  $h/t$ ,  $c/t$  und  $d/t$  in Tabelle 5.1 nicht angewendet werden.

**ANMERKUNG** Die in Tabelle 5.1 angegebenen Grenzen für  $b/t$ ,  $h/t$ ,  $c/t$  und  $d/t$  dürfen als die Bereichsgrenzen angesehen werden, in denen bereits ausreichende Erfahrungswerte und Versuchsergebnisse vorliegen. Querschnitte mit größeren Breiten-Dicken-Verhältnissen dürfen ebenfalls verwendet werden, vorausgesetzt, dass ihre Tragfähigkeit im Grenzzustand und ihr Gebrauchstauglichkeitsverhalten durch Versuche und/oder Berechnungen nachgewiesen werden können. Hierbei sind die Ergebnisse durch eine ausreichende Anzahl von Versuchen zu bestätigen.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 5.1 — Maximale Breiten-Dicken-Verhältnisse**

Querschnittsteilfläche		Maximalwert
		$b/t \leq 50$
		$b/t \leq 60$ $c/t \leq 50$
		$b/t \leq 90$ $c/t \leq 60$ $d/t \leq 50$
		$b/t \leq 500$
		$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ $h/t \leq 500 \sin \phi$

(2) Zur Erlangung ausreichend hoher Steifigkeit und zur Vermeidung von vorzeitigem Versagen der Steifen sollten deren Abmessungen innerhalb der folgenden Grenzen liegen:

$$0,2 \leq c/b \leq 0,6 \tag{5.2a}$$

$$0,1 \leq d/b \leq 0,3 \tag{5.2b}$$

wobei die Abmessungen  $b$ ,  $c$  und  $d$  in Tabelle 5.1 angegeben sind. Bei  $c/b < 0,2$  oder  $d/b < 0,1$  ist die Lippe in der Regel zu vernachlässigen ( $c = 0$  oder  $d = 0$ ).

ANMERKUNG 1 Werden wirksame Querschnittswerte durch Versuche und Berechnungen ermittelt, haben diese Grenzen keine Gültigkeit

ANMERKUNG 2 Das Lippenmaß  $c$  liegt senkrecht zum Flansch, auch wenn die Lippe nicht senkrecht zum Flansch angeordnet ist.

ANMERKUNG 3 Zu FE-Methoden siehe EN 1993-1-5, Anhang C.

### 5.3 Tragwerksmodellierung für die Berechnung

(1) Werden keine genaueren Modelle nach EN 1993-1-5 verwendet, dürfen die Querschnittsteile für die Berechnung wie in Tabelle 5.2 dargestellt modelliert werden.

(2) Der gegenseitige Einfluss mehrfacher Steifen ist in der Regel in Rechnung zu stellen.

(3) Imperfektionen, die Biegeknicken oder Biegedrillknicken begünstigen, sind der EN 1993-1-1, Tabelle 5.1 zu entnehmen.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1993-1-1, 5.3.4.

(4) Bei Imperfektionen, die Biegedrillknicken begünstigen, darf eine Anfangsvorkrümmung  $e_0$  senkrecht zur schwachen Profilachse unterstellt werden, ohne dass eine Anfangsverdrillung angesetzt wird.

ANMERKUNG Der Größtwert der Imperfektion darf dem nationalen Anhang entnommen werden. Die Größen von  $e_0/L = 1/600$  für elastische Berechnungen und  $e_0/L = 1/500$  für plastische Berechnungen werden bei Querschnitten empfohlen, die der Biegedrillknickkurve a in EN 1993-1-1, 6.3.2.2, zugeschrieben werden.

**Tabelle 5.2 — Modellierung von Querschnittsteilen**

Elementtyp	Modell	Elementtyp	Modell

### 5.4 Eindrehen der Flansche

(1) Die Auswirkung des Eindrehens von Flanschen (d. h. die Nachinnenkrümmung zur neutralen Achse hin des sehr breiten Flansches eines biegebeanspruchten Profils oder des Flansches eines biegebeanspruchten

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

Bogenträgers, bei dem die konkave Seite druckbeansprucht ist) ist in der Regel auf die Tragfähigkeit zu berücksichtigen, außer wenn die Verformung infolge der Eindrechung weniger als 5 % der Querschnittshöhe beträgt. Ist die Eindrechung größer, so sollte die Tragfähigkeitsminderung zum Beispiel durch die Abnahme des Hebelarms der eingedrehten breiten Flanschabschnitte und durch die mögliche Wirkung auf die Stegbiegungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Bei Kassettenprofilen werden diese Auswirkungen in 10.2.2.2 berücksichtigt.

(2) Die Berechnung der Verformung infolge der Eindrechung kann folgendermaßen erfolgen. Die Gleichungen gelten sowohl für Druck- wie für Zugflansche, mit oder ohne Steifen, jedoch ohne eng angeordnete Quersteifen am Flansch. Bei einem vor der Belastung noch geraden Profil (siehe Bild 5.3) gilt

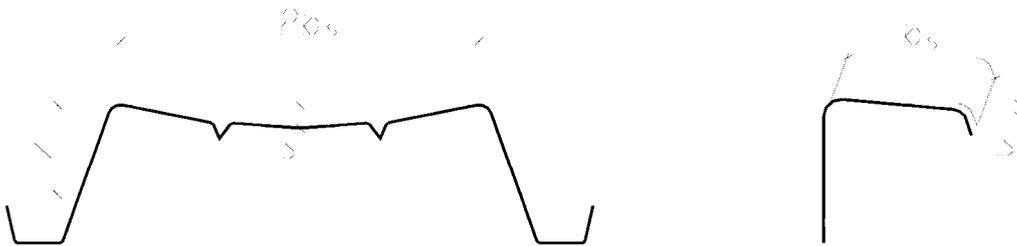
$$u = 2 \frac{\sigma_a^2 b_s^4}{E^2 t^2 z} \quad (5.3a)$$

Bei Bogenträgern gilt:

$$u = 2 \frac{\sigma_a b_s^4}{E t^2 r} \quad (5.3b)$$

Dabei ist

- $u$  die Durchbiegung des Flansches in Richtung der neutralen Achse (infolge Eindrechung), siehe Bild 5.3;
- $b_s$  der halbe Abstand zwischen den Stegen bei Kasten- und Hutprofilen oder die Flanschbreite ausgehend vom Steg, siehe Bild 5.3;
- $t$  die Flanschdicke;
- $z$  der Abstand zwischen den Flanschen und der neutralen Achse;
- $r$  der Krümmungsradius des Bogenträgers;
- $\sigma_a$  die mittlere Flanschspannung gerechnet für den Bruttoquerschnitt. Wird die Spannung für den wirksamen Querschnitt berechnet, erhält man die mittlere Spannung durch Multiplikation jener Spannung mit dem Verhältnis von wirksamer Flanschfläche zu Bruttoflanschfläche.



**Bild 5.3 — Verformungen infolge der Flancheindrechung**

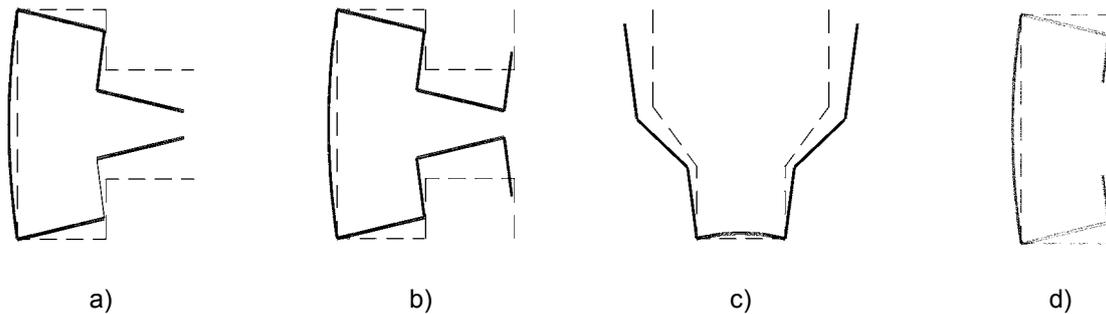
## 5.5 Lokales Beulen und Forminstabilität von Querschnitten

### 5.5.1 Allgemeines

- (1) Die Auswirkungen lokalen Beulens und der Forminstabilität von Querschnitten sollten bei der Ermittlung der Tragfähigkeit und Steifigkeit kaltgeformter Bauteile und Blechkonstruktionen berücksichtigt werden.
- (2) Lokale Beuleffekte dürfen berücksichtigt werden, indem wirksame Querschnittswerte, die auf der Grundlage wirksamer Breiten errechnet wurden, angesetzt werden, siehe EN 1993-1-5.
- (3) Bei der Berechnung der wirksamen Breiten druckbeanspruchter Teile zur Bestimmung der Tragfähigkeit infolge lokalen Beulens nach EN 1993-1-5 ist als Streckgrenze  $f_y$  in der Regel der Wert  $f_{yb}$  anzusetzen.

ANMERKUNG Zur Tragfähigkeit siehe 6.1.3(1).

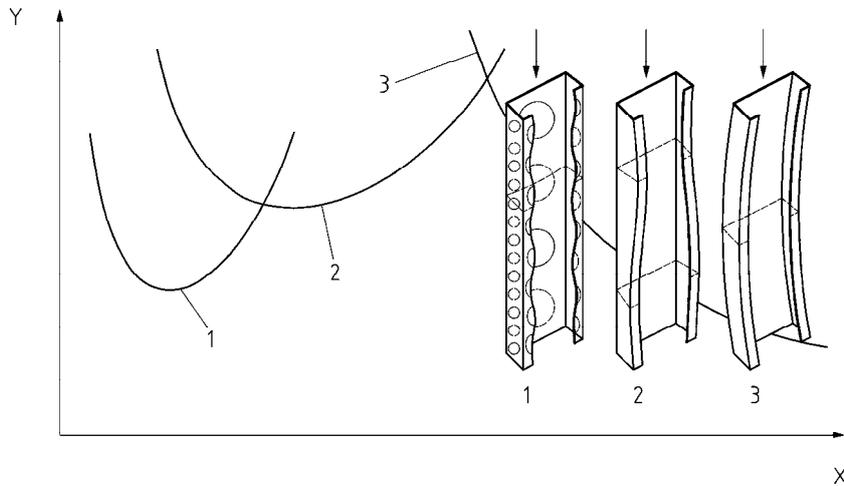
- (4) Bei Nachweisen der Gebrauchtauglichkeit ist die wirksame Breite eines druckbeanspruchten Querschnittsteils in der Regel mit der Druckspannung  $\sigma_{\text{com,Ed,ser}}$  im Grenzzustand der Gebrauchtauglichkeit zu ermitteln.
- (5) Die Forminstabilität von Querschnitten mit Rand oder Zwischensteifen, wie in Bild 5.4d) dargestellt, wird in 5.5.3 behandelt.



**Bild 5.4 — Beispiele für Forminstabilität von Querschnitten**

- (6) Die Auswirkungen der Forminstabilität von Querschnitten sind in Fällen wie in Bild 5.4 a), b) und c) in der Regel zu verfolgen. In diesen Fällen sollten die Auswirkungen dieser Instabilitäten durch lineare (siehe 5.5.1(7)) oder nicht-lineare Stabilitätsuntersuchungen (siehe EN 1993-1-5) mit Hilfe numerischer Methoden oder Kurzprofildruckversuche ermittelt werden.
- (7) Kommt nicht das vereinfachte Verfahren in 5.5.3 zum Einsatz und wird die elastische Verzweigungslast mit einer linearen Stabilitätsberechnung ermittelt, so darf die folgende Methode angewendet werden:
  - 1) Bei Wellenlängen bis zur Bauteillänge werden die elastischen Verzweigungslasten berechnet und die zugehörigen Eigenformen ermittelt, siehe Bild 5.5a).
  - 2) Für lokal ausgebeulte Querschnittsteile werden auf der Grundlage der kleinsten Verzweigungslasten die wirksamen Breiten ( $s$ ) nach 5.5.2 berechnet, siehe Bild 5.5b).
  - 3) Für Rand- und Zwischensteifen oder andere Querschnittsteile, die der Forminstabilität des Querschnitts unterliegen, wird auf der Grundlage der kleinsten Verzweigungslast für Forminstabilität die abgeminderte Dicke (siehe 5.5.3.1(7)) berechnet, siehe Bild 5.5b).
  - 4) Es wird die Tragfähigkeit bei Gesamtbauteilstabilität nach 6.2 (Biegeknicken, Drillknicken oder Biegedrillknicken je nach maßgebendem Knickfall) für die Bauteillänge auf der Grundlage wirksamer Querschnitte aus 2) und 3) berechnet.

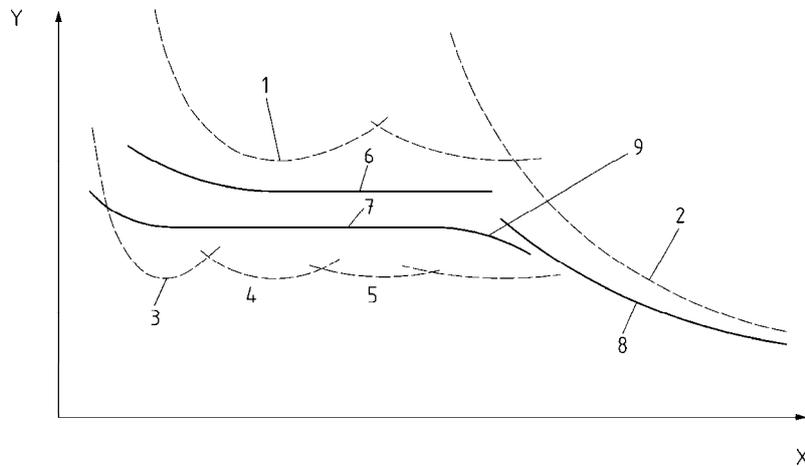
**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**



**Legende**

- |   |                                   |   |                 |
|---|-----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Lokales Blechbeulen               | X | Halbwellenlänge |
| 2 | Forminstabilität des Querschnitts | Y | Knickspannung   |
| 3 | Instabilität des Gesamtbauteils   |   |                 |

**Bild 5.5a — Beispiele für die elastische kritische Spannung für mehrere Instabilitätsformen als Funktion der Knick- und Beullängen**



**Legende**

- |   |  |   |              |
|---|--|---|--------------|
| 1 | Elastische Forminstabilität des Querschnitts               | X | Bauteillänge |
| 2 | Elastische Verzweigungslast für Gesamtstabilität           | Y | Last         |
| 3 | Lokales Beulen, eine Welle                                 |   |              |
| 4 | Zwei Wellen  |   |              |
| 5 | Drei Wellen  |   |              |
| 6 | Tragfähigkeit bei Forminstabilität des Querschnitts        |   |              |
| 7 | Beultragfähigkeit  |   |              |
| 8 | Gesamtbeultragfähigkeit                                    |   |              |
| 9 | Mögliche Interaktion der lokalen und globalen Instabilität |   |              |

**Bild 5.5b — Beispiele für elastische Verzweigungslasten und Tragfähigkeiten bei Instabilitäten abhängig von der Bauteillänge**

### 5.5.2 Ebene nicht ausgesteifte Querschnittsteile

(1) Die wirksamen Breiten nicht ausgesteifter Querschnittsteile sind in der Regel nach EN 1993-1-5 mit Hilfe des Abminderungsbeiwertes  $\rho$  aufgrund des Plattenschlankheitsgrades  $\bar{\lambda}_p$  zu ermitteln, wobei der Nennwert der Breite  $b_p$  anstelle von  $\bar{b}$  verwendet wird.

(2) Der Nennwert der geraden Breite  $b_p$  eines ebenen Elements sollte entsprechend Bild 5.1 in 5.1.4 bestimmt werden. Im Fall von ebenen Elementen in schrägen Stegen sollte die entsprechende geneigte Höhe verwendet werden.

ANMERKUNG Anhang D enthält eine alternative Methode zur Berechnung der wirksamen Breite einseitig gelagerter Querschnittsteile.

(3) Bei Verwendung der Methode in EN 1993-1-5 darf das folgende Vorgehen angewendet werden:

- Das Spannungsverhältnis  $\psi$ , entsprechend EN 1993-1-5, Tabellen 4.1 und 4.2 zur Berechnung der wirksamen Flanscbreiten eines Querschnitts mit Spannungsgradienten, darf mit den Querschnittswerten des Bruttoquerschnitts ermittelt werden.
- Das Spannungsverhältnis  $\psi$ , entsprechend EN 1993-1-5, Tabellen 4.1 und 4.2 zur Ermittlung der wirksamen Stegbreiten, darf mit den wirksamen Flächen des Druckflansches und der Bruttofläche des Steges ermittelt werden.
- Die effektiven Querschnittswerte können verbessert werden, indem das Spannungsverhältnis  $\psi$  mit den bereits ermittelten wirksamen Querschnitten anstelle des Bruttoquerschnitts verwendet wird. Die Mindestanzahl der Iterationsschritte für den Spannungsgradienten beträgt zwei.
- Die vereinfachte Methode in 5.5.3.4 darf im Fall von Stegen in Trapezblechen mit Spannungsgradient verwendet werden.

### 5.5.3 Ebene Querschnittsteile mit Rand- oder Zwischensteifen

#### 5.5.3.1 Allgemeines

(1) Die Bemessung druckbeanspruchter Querschnittsteile mit Rand- oder Zwischensteifen basiert in der Regel auf der Annahme, dass sich die Steife wie ein Druckglied mit einer durchgehenden, teilweisen Verschiebungsbehinderung verhält mit einer Verschiebungsfedersteifigkeit, die von den Randbedingungen und der Biegesteifigkeit der angrenzenden ebenen Querschnittsteile abhängt.

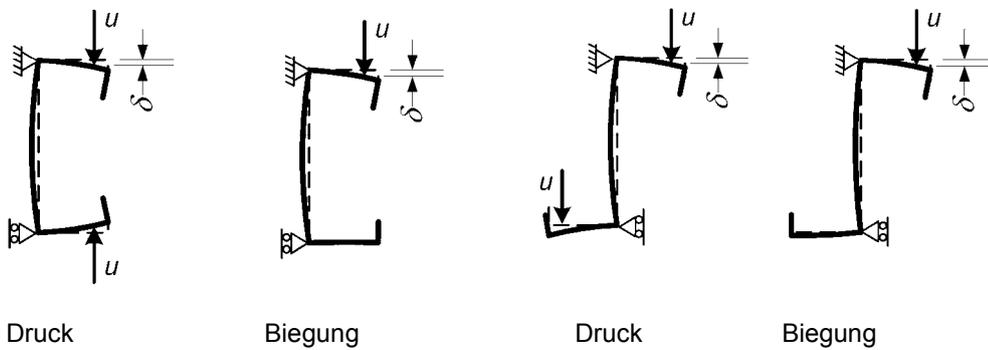
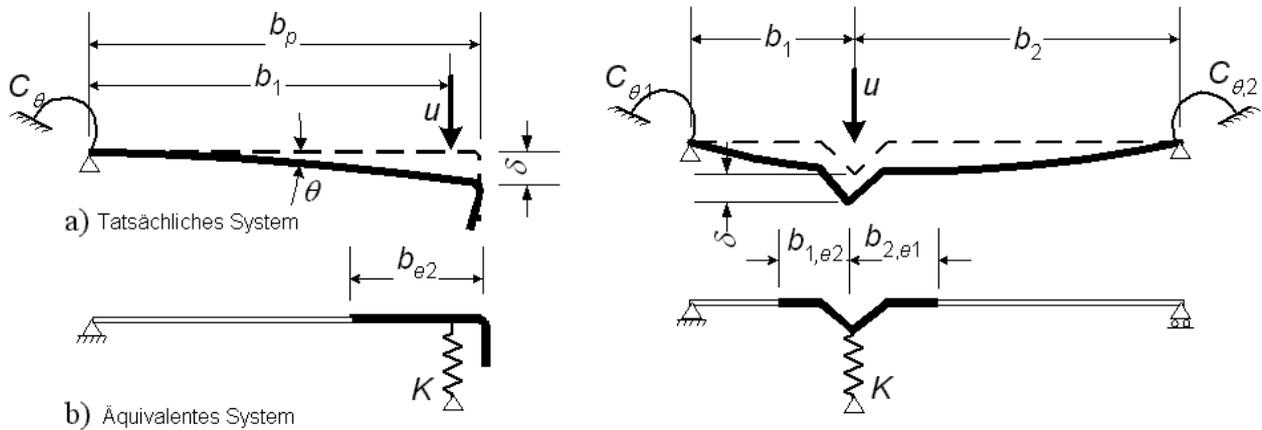
(2) Die Verschiebungsfedersteifigkeit der Steifen sollte mit einer Einheitsstreckenlast  $u$  ermittelt werden, siehe Bild 5.6. Die Federsteifigkeit je Längeneinheit  $K$  kann berechnet werden mit:

$$K = u / \delta \tag{5.9}$$

Dabei ist

$\delta$  die Verformung der Steife infolge einer Einheitsstreckenlast  $u$  im Schwerpunkt ( $b_1$ ) des wirksamen Querschnittsteils.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**



c) Berechnung von  $\delta$  für C- und Z-Profile

**Bild 5.6 — Ermittlung von Federsteifigkeiten**

(3) Bei der Bestimmung der Drehfedersteifigkeiten  $C_\theta$ ,  $C_{\theta,1}$  und  $C_{\theta,2}$  aus der Querschnittsgeometrie sollten die mögliche Auswirkungen weiterer Steifen im selben Querschnittsteil oder in anderen druckbeanspruchten Querschnittsteilen berücksichtigt werden.

(4) Bei Randsteifen darf die Verformung  $\delta$  folgendermaßen ermittelt werden:

$$\delta = \theta b_p + \frac{ub_p^3}{3} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{Et^3} \quad (5.10a)$$

mit:

$$\theta = ub_p/C_\theta$$

(5) Im Fall von Randsteifen von C- und Z-Profilen mit Lippen sollte  $C_\theta$  mit der Einheitsstreckenlast  $u$  wie in Bild 5.6 c) dargestellt ermittelt werden. Dies führt zu folgendem Ausdruck für die Federsteifigkeit  $K_1$  für Flansch 1:

$$K_1 = \frac{Et^3}{4(1-\nu^2)} \cdot \frac{1}{b_1^2 h_w + b_1^3 + 0,5b_1 b_2 h_w k_f} \quad (5.10b)$$

Dabei ist

- $b_1$  der Abstand von der Steg-Flansch-Verbindung bis zum Schwerpunkt des wirksamen Bereichs der Randsteife von Flansch 1 (einschließlich des mitwirkenden Flanschteils  $b_{e,2}$ ), siehe Bild 5.6a);
- $b_2$  der Abstand der Steg-Flansch-Verbindung bis zum Schwerpunkt des wirksamen Bereichs der Randsteife von Flansch 2 (einschließlich des wirksamen Flanschteils);
- $h_w$  die Steghöhe;
- $k_f = 0$  wenn Flansch 2 zugbeansprucht ist (z. B. bei Biegebeanspruchung um die  $y$ - $y$ -Achse);
- $k_f = \frac{A_{s2}}{A_{s1}}$  wenn Flansch 2 ebenfalls druckbeansprucht ist (z. B. bei Druckbeanspruchung des Bauteils);
- $k_f = 1$  bei einem druckbeanspruchten, symmetrischen Querschnitt;
- $A_{s1}$  und  $A_{s2}$  die jeweils wirksamen Flächen der Randsteifen von Flansch 1 und Flansch 2 (einschließlich des mitwirkenden Teils  $b_{e,2}$  des Flansches, siehe Bild 5.6 b)).

(6) Bei einer Zwischensteife können als konservative Alternative die Werte der Drehfedersteifigkeiten  $C_{\theta,1}$  und  $C_{\theta,2}$  zu null gesetzt werden. Dann ergibt sich die die Verformung  $\delta$  zu:

$$\delta = \frac{ub_1^2 b_2^2}{3(b_1 + b_2)} \cdot \frac{12(1 - \nu^2)}{Et^3} \quad (5.11)$$

(7) Der Abminderungsbeiwert  $\chi_d$  für die Forminstabilität des Querschnittes (entspricht dem Biegeknicken einer Steife) sollte mit der bezogenen Schlankheit  $\bar{\lambda}_d$  bestimmt werden, und zwar mit:

$$\chi_d = 1,0, \quad \text{wenn } \bar{\lambda}_d \leq 0,65 \quad (5.12a)$$

$$\chi_d = 1,47 - 0,723\bar{\lambda}_d, \quad \text{wenn } 0,65 < \bar{\lambda}_d < 1,38 \quad (5.12b)$$

$$\chi_d = \frac{0,66}{\bar{\lambda}_d}, \quad \text{wenn } \bar{\lambda}_d \geq 1,38 \quad (5.12c)$$

Dabei ist

$$\bar{\lambda}_d = \sqrt{f_{yb} / \sigma_{cr,s}} \quad (5.12d)$$

mit:

$\sigma_{cr,s}$  als elastische kritische Spannung für die Steife(n) nach 5.5.3.2, 5.5.3.3 oder 5.5.3.4.

(8) Alternativ darf die elastische kritische Spannung  $\sigma_{cr,s}$  mit Hilfe einer numerischen Eigenwertberechnung bestimmt werden (siehe 5.5.1(7)).

(9) Im Fall von ebenen Querschnittsteilen mit Rand- und Zwischensteife(n) darf bei Verzicht auf genauere Berechnungsverfahren die Zwischensteife vernachlässigt werden.



— bei  $0,35 < b_{p,c}/b_p \leq 0,6$ :

$$k_{\sigma} = 0,5 + 0,83 \sqrt[3]{(b_{p,c}/b_p - 0,35)^2} \quad (5.13c)$$

b) bei einem Bördel:

$$c_{\text{eff}} = \rho b_{p,c} \quad (5.13d)$$

mit  $\rho$  nach 5.5.2 und dem Beulwert  $k_{\sigma}$ , für eine beidseitig gelagerte Teilfläche nach EN 1993-1-5, Tabelle 4.1;

$$d_{\text{eff}} = \rho b_{p,d} \quad (5.13e)$$

mit  $\rho$  nach 5.5.2 und dem Beulwert  $k_{\sigma}$ , für eine einseitig gelagerte Teilfläche nach EN 1993-1-5, Tabelle 4.2.

(6) Die wirksame Querschnittsfläche der Randsteife  $A_s$  sollte fallabhängig wie folgt ermittelt werden:

$$A_s = t(b_{e2} + c_{\text{eff}}) \quad \text{oder} \quad (5.14a)$$

$$A_s = t(b_{e2} + c_{e1} + c_{e2} + d_{\text{eff}}) \quad (5.14b)$$

ANMERKUNG Ausgerundete Ecken sind gegebenenfalls zu berücksichtigen, siehe 5.1.

(7) Die elastische Knickspannung  $\sigma_{\text{cr,s}}$  einer Randsteife sollte berechnet werden mit:

$$\sigma_{\text{cr,s}} = \frac{2 \sqrt{K E I_s}}{A_s} \quad (5.15)$$

Dabei ist

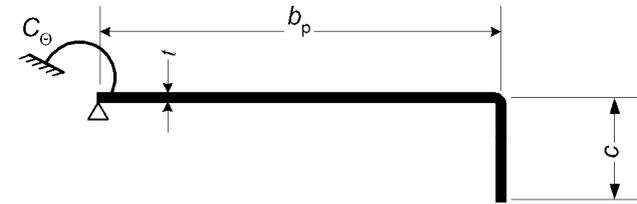
$K$  die Federsteifigkeit je Längeneinheit, siehe 5.5.3.1(2);

$I_s$  das wirksame Flächenmoment 2. Grades der wirksamen Fläche  $A_s$  der Randsteife, bezogen auf ihre Schwerachse a–a siehe Bild 5.7.

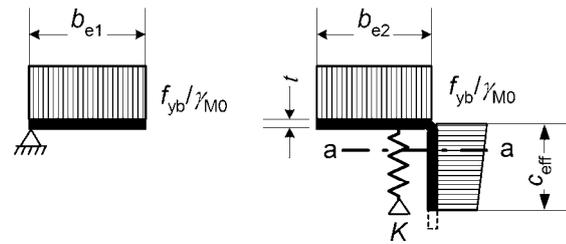
(8) Alternativ darf die elastische kritische Spannungen  $\sigma_{\text{cr,s}}$  mit einer numerischen Eigenwertanalyse ermittelt werden, siehe 5.5.1(7).

(9) Der Abminderungsfaktor  $\chi_d$  für die Forminstabilität des Querschnitts (entspricht dem Biegeknicken einer Randsteife) sollte mit der idealen Knickspannung  $\sigma_{\text{cr,s}}$  und der Berechnungsmethode in 5.5.3.1(7) ermittelt werden.

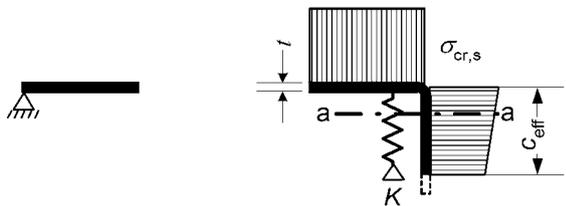
**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**



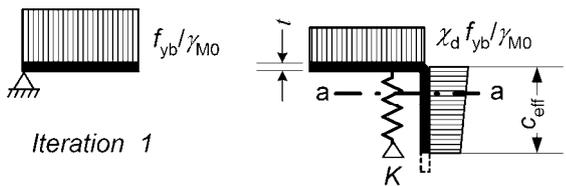
a) Bruttoquerschnitt und Randbedingungen



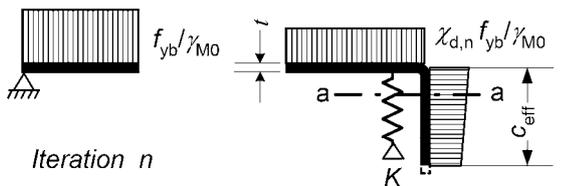
b) **Schritt 1:** Wirksamer Querschnitt mit  $K = \infty$  auf der Grundlage  $\sigma_{com,Ed} = f_{yb}/\gamma_{M0}$



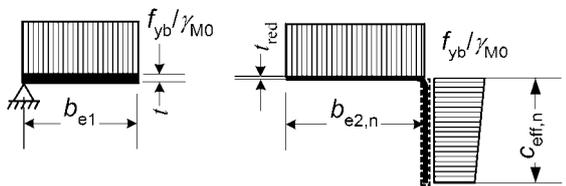
c) **Schritt 2:** Ideale Knickspannung  $\sigma_{cr,s}$  mit der wirksamen Querschnittsfläche  $A_s$  aus Schritt 1



d) Reduzierte Beanspruchbarkeit  $\chi_d f_{yb}/\gamma_{M0}$  der wirksamen Fläche der Randsteife  $A_s$  mit dem auf  $\sigma_{cr,s}$  basierenden Abminderungsfaktor  $\chi_d$



e) **Schritt 3:** Wiederholung von Schritt 1 mit der wirksamen Fläche und abgeminderter Druckspannung  $\sigma_{com,Ed,i} = \chi_d f_{yb}/\gamma_{M0}$  mit  $\chi_d$  aus der vorangegangenen Iteration, bis  $\chi_{d,n} \approx \chi_{d,(n-1)}$ , jedoch  $\chi_{d,n} \leq \chi_{d,(n-1)}$



f) Festlegung eines Querschnitts mit den effektiven Breiten  $b_{e2}$ ,  $c_{eff}$  und der abgeminderten Dicke  $t_{red}$  infolge von  $\chi_{d,n}$

**Bild 5.8 — Beanspruchbarkeit eines Flansches mit einer Randsteife**

(10) Bei  $\chi_d < 1$  kann das Ergebnis iterativ weiter verbessert werden, indem ausgehend von  $\sigma_{com,Ed,i} = \chi_d f_{yb}/\gamma_{M0}$  ein modifizierter Wert für  $\rho$  nach **AC** 5.5.2(1) **AC** ermittelt wird, so dass gilt:

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_d} \tag{5.16}$$

(11) Die reduzierte, wirksame Querschnittsfläche der Randsteife  $A_{s,red}$  ergibt sich unter Berücksichtigung des Biegeknickens zu:

$$A_{s,red} = \chi_d A_s \frac{f_{yb} / \gamma_{M0}}{\sigma_{com,Ed}} \quad \text{jedoch } A_{s,red} \leq A_s \quad (5.17)$$

mit  $\sigma_{com,Ed}$  als die am wirksamen Querschnitt berechnete Druckspannung in der Schwerlinie der Steife.

(12) Bei der Bestimmung der Querschnittswerte des wirksamen Querschnittes wird die reduzierte wirksame Querschnittsfläche  $A_{s,red}$  durch eine reduzierte Blechdicke  $t_{red} = t A_{s,red} / A_s$  für alle  $A_s$  angehörenden Teilflächen berücksichtigt.

### 5.5.3.3 Ebene Teilflächen mit Zwischensteifen

(1) Das folgende Vorgehen gilt bei einer oder zwei gleichen Zwischensteifen aus scharfkantigen oder ausgerundeten Sicken, vorausgesetzt, dass jede ebene Teilfläche nach 5.5.2 errechnet wird.

(2) Der Querschnitt einer Zwischensteife besteht aus der Steife selbst und den angrenzenden, wirksamen Anteilen der ebenen Teilflächen  $b_{p,1}$  und  $b_{p,2}$  nach Bild 5.9.

(3) Das Verfahren ist in Bild 5.10 erläutert und beinhaltet folgende Berechnungsschritte:

- **Schritt 1:** Ermittlung eines wirksamen ersten Ansatzes des Querschnittes der Steifen mit wirksamen Teilflächen, die mit der Annahme berechnet werden, dass die Zwischensteife als festes Auflager wirkt und dass  $\sigma_{com,Ed} = f_{yb} / \gamma_{M0}$  ist, siehe (4) and (5);
- **Schritt 2:** Anwendung des ersten Ansatzes des wirksamen Querschnittes von Schritt 1 zur Bestimmung des Abminderungsfaktors für Forminstabilität des Querschnitts (entspricht Biegeknicken einer Zwischensteife) unter Berücksichtigung der elastischen Bettung, siehe (6), (7) und (8);
- **Schritt 3:** Wahlweise Iteration zur Verbesserung des Abminderungsfaktors für das Knicken der Zwischensteife, siehe (9) and (10).

(4) Die ersten Ansätze der wirksamen Breiten  $b_{1,e2}$  und  $b_{2,e1}$  nach Bild 5.9 sollten nach 5.5.2 bestimmt werden, wobei angenommen wird, dass die ebenen Teilflächen  $b_{p,1}$  und  $b_{p,2}$  beidseitig gelagert sind, siehe EN 1993-1-5, Tabelle 4.1.

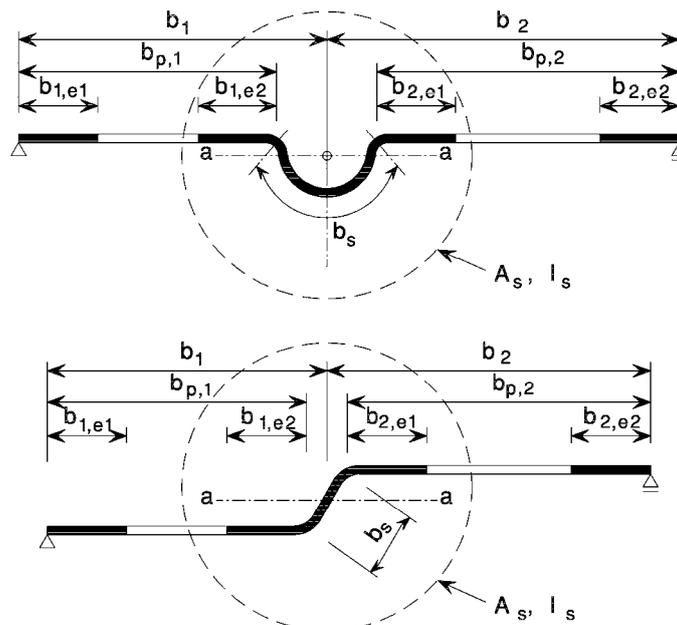


Bild 5.9 — Zwischensteifen

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

(5) Die wirksame Fläche einer Zwischensteife  $A_s$  ergibt sich zu:

$$A_s = t(b_{1,e2} + b_{2,e1} + b_s) \quad (5.18)$$

mit den Abmessungen der Aussteifung  $b_s$  wie in Bild 5.9 dargestellt.

ANMERKUNG Wenn erforderlich, sind die ausgerundeten Ecken mit einzubeziehen, siehe 5.1.

(6) Die elastische Knickspannung  $\sigma_{cr,s}$  für eine Zwischensteife sollte berechnet werden mit:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2\sqrt{KEI_s}}{A_s} \quad (5.19)$$

Dabei ist

$K$  die Federsteifigkeit je Längeneinheit, siehe 5.5.3.1(2);

$I_s$  das wirksame Flächenmoment 2. Grades der wirksamen Querschnittsfläche  $A_s$  der Zwischensteife, bezogen auf ihre Schwerachse a–a, siehe Bild 5.9.

(7) Wahlweise kann die elastische Knickspannung  $\sigma_{cr,s}$  auch mit Hilfe einer Eigenwertberechnung mit numerischen Verfahren bestimmt werden, siehe 5.5.1(7).

(8) Der Abminderungsfaktor  $\chi_d$  für die Forminstabilität von Querschnitten (entspricht dem Knicken einer Zwischensteife) ergibt sich mit der idealen Knickspannung  $\sigma_{cr,s}$  und der Berechnungsmethode nach 5.5.3.1(7).

(9) Bei  $\chi_d < 1$  kann das Ergebnis durch Iteration weiter verbessert werden, indem ein modifizierter Startwert für  $\rho$  nach **AC** 5.5.2(1) **AC** mit  $\sigma_{com,Ed,i} = \chi_d f_{yb} / \gamma_{M0}$  verwendet wird, so dass gilt:

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_d} \quad (5.20)$$

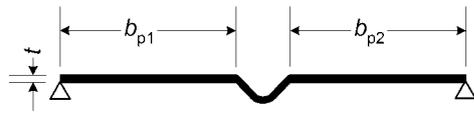
(10) Die reduzierte, wirksame Querschnittsfläche der Zwischensteife  $A_{s,red}$  für die Forminstabilität von Querschnitten (Biegeknicken einer Steife) ergibt sich mit:

$$A_{s,red} = \chi_d A_s \frac{f_{yb} / \gamma_{M0}}{\sigma_{com,Ed}} \quad \text{jedoch } A_{s,red} \leq A_s \quad (5.21)$$

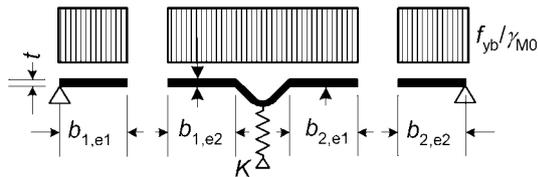
wobei

$\sigma_{com,Ed}$  die Druckspannung in der Schwerlinie der Steife berechnet mit dem wirksamen Querschnitt ist.

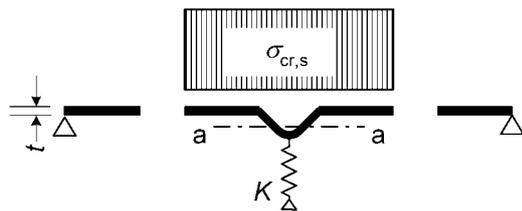
(11) Bei der Bestimmung der wirksamen Querschnittswerte wird die reduzierte wirksame Querschnittsfläche  $A_{s,red}$  durch eine reduzierte Blechdicke  $t_{red} = t A_{s,red} / A_s$  für alle Teilflächen in  $A_s$  berücksichtigt.



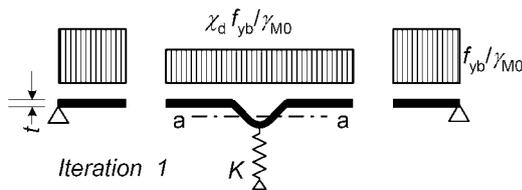
a) Bruttoquerschnitt und Randbedingungen



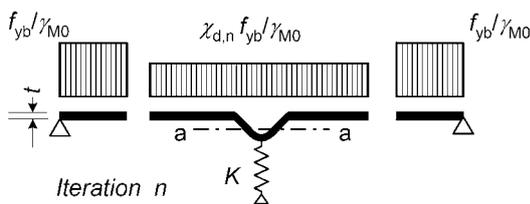
b) **Schritt 1:** Wirksamer Querschnitt mit  $K = \infty$  mit  $\sigma_{\text{com,Ed}} = f_{yb} / \gamma_{M0}$



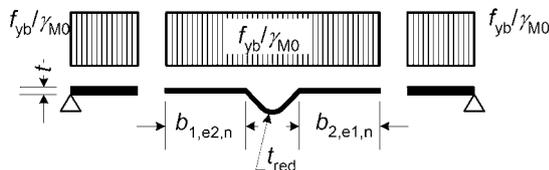
c) **Schritt 2:** Ideale Knickspannung  $\sigma_{\text{cr,s}}$  mit der wirksamen Querschnittsfläche  $A_s$  von Schritt 1



d) Abgeminderte Beanspruchbarkeit  $\chi_d f_{yb} / \gamma_{M0}$  zur Berechnung der wirksamen Steifenfläche  $A_s$  mit dem Abminderungsbeiwert  $\chi_d$  infolge von  $\sigma_{\text{cr,s}}$



e) **Schritt 3:** Wiederholung von Schritt 1, indem die wirksame Breite mit einer abgeminderten Druckspannung  $\sigma_{\text{com,Ed,i}} = \chi_d f_{yb} / \gamma_{M0}$  infolge von  $\chi_d$  aus dem vorangegangenen Iterationsschritt, bis  $\chi_{d,n} \approx \chi_{d,(n-1)}$ , jedoch  $\chi_{d,n} \leq \chi_{d,(n-1)}$ .



f) Der wirksame Querschnitt besteht aus  $b_{1,e2}$ ,  $b_{2,e1}$  und der abgeminderten Materialdicke  $t_{\text{red}}$  infolge von  $\chi_{d,n}$

**Bild 5.10 — Drucktragfähigkeit eines Flansches mit Zwischensteife**

### 5.5.3.4 Trapezblechprofile mit Zwischenaussteifungen

#### 5.5.3.4.1 Allgemeines

(1) Dieser Unterabschnitt 5.5.3.4 sollte für Trapezblechprofile im Zusammenhang mit 5.5.3.3 für Gurte und Stege mit Zwischenaussteifungen angewendet werden.

(2) Die Interaktion zwischen dem Knicken der Gurtsteifen und der Stegsteifen sollte durch die Verwendung des Verfahrens in 5.5.3.4.4 berücksichtigt werden.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**5.5.3.4.2 Gurte mit Zwischenaussteifungen**

(1) Bei konstanter Druckbeanspruchung besteht der wirksame Gurtquerschnitt aus den abgeminderten wirksamen Flächen  $A_{s,red}$  zuzüglich zweier, an die Sicke angrenzender Streifen der Breite  $0,5b_{eff}$  (oder  $15t$ , siehe Bild 5.11).

(2) Bei einer mittig angeordneten Zwischenaussteifung sollte die elastische kritische Spannung  $\sigma_{cr,s}$  bestimmt werden mit:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2 k_w E}{A_s} \sqrt{\frac{I_s t^3}{4 b_p^2 (2 b_p + 3 b_s)}} \quad (5.22)$$

Dabei ist

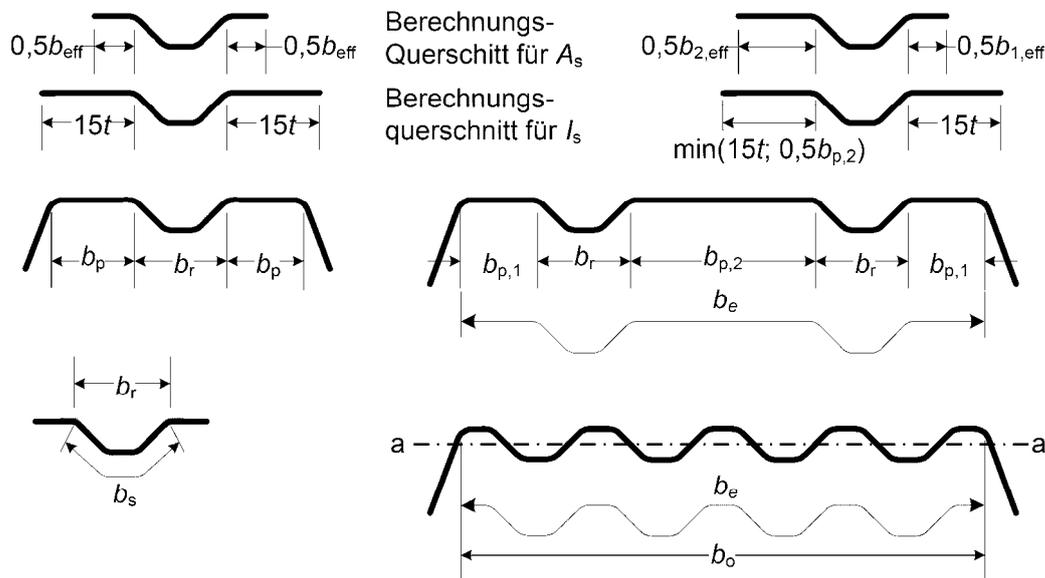
$b_p$  die Nennwert der geraden Breiten einer ebenen Teilfläche nach Bild 5.11;

$b_s$  die Breite der Sicke, gemessen entlang ihres Umfangs, siehe Bild 5.11;

$A_s, I_s$  Querschnittsfläche und Flächenmoment 2. Grades der Aussteifung nach Bild 5.11;

$k_w$  ein Beiwert, der die teilweise Drehbettung des ausgesteiften Gurtes infolge der Stege oder sonstiger angrenzender Teilflächen berücksichtigt, siehe (5) und (6). Für die Berechnung des druckbeanspruchten wirksamen Querschnitts gilt  $k_w = 1,0$ .

Gleichung (5.22) darf bei großen Sicken verwendet werden, vorausgesetzt, dass die ebene Teilfläche der Steife infolge lokalen Beulens abgemindert wird und  $b_p$  in Gleichung (5.22) durch das Maximum von  $b_p$  oder  $0,25(3b_p + b_r)$  ersetzt wird, siehe Bild 5.11. Ein ähnliches Vorgehen gilt bei Gurten mit einfacher oder mehrfacher Aussteifung.



**Bild 5.11 — Druckgurt mit einfacher oder mehrfacher Aussteifung**

(3) Bei zwei symmetrisch angeordneten Zwischensteifen sollte die elastische kritische Spannung  $\sigma_{cr,s}$  wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2 k_w E}{A_s} \sqrt{\frac{I_s t^3}{8 b_1^2 (3 b_e - 4 b_1)}} \quad (5.23a)$$

mit:

$$b_e = 2b_{p,1} + b_{p,2} + 2b_s$$

$$b_1 = b_{p,1} + 0,5 b_r$$

Dabei ist

$b_{p,1}$  der Nennwert der Breite einer äußeren ebenen Teilfläche, siehe Bild 5.11;

$b_{p,2}$  der Nennwert der Breite der inneren ebenen Teilfläche, siehe Bild 5.11;

$b_r$  die Gesamtbreite einer Zwischensteife, siehe Bild 5.11;

$A_s, I_s$  die Querschnittsfläche und das Flächenmoment 2. Grades eines Steifenquerschnitts nach Bild 5.11.

(4) Bei mehrfach ausgesteiften Gurten (drei oder mehr Aussteifungen) gilt für den wirksamen Querschnitt des *gesamten Gurtes*:

$$A_{\text{eff}} = \rho b_e t \quad (5.23b)$$

wobei  $\rho$  der Abminderungsbeiwert nach EN 1993-1-5, Anhang E für den Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_p$  basierend auf der elastischen Knickspannung ist:

$$\sigma_{cr,s} = 1,8E \sqrt{\frac{I_s t}{b_o^2 b_e^3}} + 3,6 \frac{Et^2}{b_o^2} \quad (5.23c)$$

Dabei ist

$I_s$  die Summe der Flächenträgheitsmomente der Steifen um die Achse a unter Vernachlässigung des Terms  $b t^3/12$ ;

$b_o$  die Gurtbreite nach Bild 5.11;

$b_e$  die abgewinkelte Breite der Blechmittelebene nach Bild 5.11.

(5) Der Wert  $k_w$  darf mit der Beulhalbwellenlänge  $l_b$  des Druckgurtes wie folgt ermittelt werden:

— bei  $l_b/s_w \geq 2$ :

$$k_w = k_{w0} \quad (5.24a)$$

— bei  $l_b/s_w < 2$ :

$$k_w = k_{w0} - (k_{w0} - 1) \left[ \frac{2l_b}{s_w} - \left( \frac{l_b}{s_w} \right)^2 \right] \quad (5.24b)$$

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

wobei:

$s_w$  die geneigte Steghöhe ist, siehe Bild 5.1c).

(6) Wahlweise darf die elastische Drehbettung  $k_w$  auf der sicheren Seite liegend mit 1,0 wie für eine gelenkige Lagerung angesetzt werden.

(7) Die Werte  $l_b$  und  $k_{wo}$  dürfen wie folgt ermittelt werden:

— bei einem Druckgurt mit einer Zwischensteife:

$$l_b = 3,07 \sqrt[4]{\frac{I_s b_p^2 (2 b_p + 3 b_s)}{t^3}} \quad (5.25)$$

$$k_{wo} = \sqrt{\frac{s_w + 2 b_d}{s_w + 0,5 b_d}} \quad (5.26)$$

mit:

$$b_d = 2b_p + b_s$$

— bei einem Druckgurt mit zwei Zwischensteifen::

$$l_b = 3,65 \sqrt[4]{I_s b_1^2 (3 b_e - 4 b_1) / t^3} \quad (5.27)$$

$$k_{wo} = \sqrt{\frac{(2 b_e + s_w) (3 b_e - 4 b_1)}{b_1 (4 b_e - 6 b_1) + s_w (3 b_e - 4 b_1)}} \quad (5.28)$$

(8) Die reduzierte wirksame Fläche  $A_{s,red}$  der Aussteifung für die Berechnung der Forminstabilität des Querschnitts (Biegeknicken einer Steife) sollte ermittelt werden mit:

$$A_{s,red} = \chi_d A_s \frac{f_{yb} / \gamma_{M0}}{\sigma_{com,ser}} \quad \text{jedoch } A_{s,red} \leq A_s \quad (5.29)$$

(9) Bei Stegen ohne Aussteifungen sollte der Abminderungsfaktor  $\chi_d$  nach der Berechnungsmethode in 5.5.3.1(7) direkt aus  $\sigma_{cr,s}$  berechnet werden.

(10) Bei Stegen mit Aussteifungen sollte der Abminderungsfaktor  $\chi_d$  ebenso aus 5.5.3.1(7), aber mit der modifizierten idealen Knickspannung  $\sigma_{cr,mod}$  nach 5.5.3.4.4 berechnet werden.

(11) Bei der Bestimmung der Querschnittswerte des wirksamen Querschnitts wird die reduzierte wirksame Querschnittsfläche  $A_{s,red}$  durch eine reduzierte Blechdicke  $t_{red} = t A_{s,red} / A_s$  für alle Teilflächen berücksichtigt, die in  $A_s$  enthalten sind.

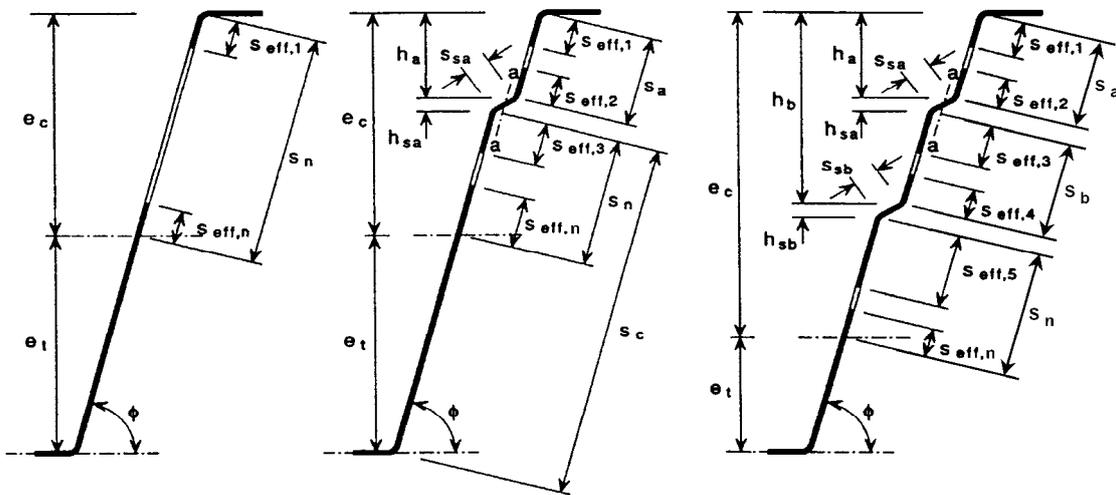
(12) Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sollten die Querschnittswerte der Aussteifungen mit der Bemessungsblechdicke  $t$  ermittelt werden.

**5.5.3.4.3 Stege mit bis zu zwei Aussteifungen**

(1) Für die wirksame Querschnittsfläche der Druckzone eines Steges (oder eines anderen Querschnittsteils mit einem Spannungsgradienten) wird angenommen, dass diese sich aus den reduzierten wirksamen Querschnittsflächen  $A_{s,red}$  (von bis zu 2 Zwischensteifen), einem Streifen neben dem Druckgurt und einem Streifen neben der Schwerachse der wirksamen Querschnittsfläche zusammensetzt, siehe Bild 5.12.

(2) Die wirksame Querschnittsfläche des Steges (siehe Bild 5.12) besteht aus:

- a) einem Streifen mit der Länge  $s_{eff,1}$  neben dem Druckgurt;
- b) der reduzierten wirksamen Querschnittsfläche  $A_{s,red}$  von bis zu zwei Stegtaussteifungen;
- c) einem Streifen der Länge  $s_{eff,n}$  neben der neutralen Faser des wirksamen Querschnitts;
- d) der Stegfläche unter Zugbeanspruchung.



**Bild 5.12 — Wirksame Querschnittsfläche von trapezförmig profilierten Stegen**

(3) Die wirksamen Flächen der Aussteifungen sollten wie folgt ermittelt werden:

— bei einer einzelnen Aussteifung oder bei der Steife, die näher am Druckgurt liegt:

$$A_{sa} = t (s_{eff,2} + s_{eff,3} + s_{sa}) \tag{5.30}$$

— bei der weiteren Steife:

$$A_{sb} = t (s_{eff,4} + s_{eff,5} + s_{sb}) \tag{5.31}$$

mit den Abmessungen  $s_{eff,1}$  bis  $s_{eff,n}$  und  $s_{sa}$  und  $s_{sb}$  nach Bild 5.12.

(4) Für den ersten Ansatz der Lage der wirksamen neutralen Achse sollte ein Querschnitt mit den wirksamen Flächen der Gurte und der Bruttofläche des Steges zugrunde gelegt werden. In diesem Fall gilt für die wirksame Breite  $s_{eff,0}$ :

$$s_{eff,0} = 0,76 t \sqrt{E / (\gamma_{M0} \sigma_{com,Ed})} \tag{5.32}$$

Dabei ist

$\sigma_{com,Ed}$  die Gurtdruckspannung bei Erreichen der Tragfähigkeit.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

(5) Wenn der Steg nicht vollständig wirksam ist, sollten die Längen  $s_{\text{eff},1}$  bis  $s_{\text{eff},n}$  wie folgt ermittelt werden:

$$s_{\text{eff},1} = s_{\text{eff},0} \quad (5.33a)$$

$$s_{\text{eff},2} = (1 + 0,5h_a/e_c) s_{\text{eff},0} \quad (5.33b)$$

$$s_{\text{eff},3} = [1 + 0,5(h_a + h_{sa})/e_c] s_{\text{eff},0} \quad (5.33c)$$

$$s_{\text{eff},4} = (1 + 0,5h_b/e_c) s_{\text{eff},0} \quad (5.33d)$$

$$s_{\text{eff},5} = [1 + 0,5(h_b + h_{sb})/e_c] s_{\text{eff},0} \quad (5.33e)$$

$$s_{\text{eff},n} = 1,5s_{\text{eff},0} \quad (5.33f)$$

wobei:

$e_c$  der Abstand von der neutralen Achse des wirksamen Querschnitts bis zur Systemlinie des Druckgurtes ist, siehe Bild 5.12, und die Abmessungen  $h_a$ ,  $h_b$ ,  $h_{sa}$  und  $h_{sb}$  wie in Bild 5.12 definiert sind.

(6) Die Abmessungen  $s_{\text{eff},1}$  bis  $s_{\text{eff},n}$ , die im ersten Schritt nach (5) bestimmt wurden, ändern sich wie folgt, wenn die maßgebende ebene Teilfläche voll wirksam ist:

— bei einem unausgesteiften Steg, der wegen  $s_{\text{eff},1} + s_{\text{eff},n} \geq s_n$  voll wirksam ist:

$$s_{\text{eff},1} = 0,4s_n \quad (5.34a)$$

$$s_{\text{eff},n} = 0,6s_n \quad (5.34b)$$

— bei einem ausgesteiften Steg, wenn wegen  $s_{\text{eff},1} + s_{\text{eff},2} \geq s_a$  die Gesamtlänge  $s_a$  voll wirksam ist:

$$s_{\text{eff},1} = \frac{s_a}{2 + 0,5h_a/e_c} \quad (5.35a)$$

$$s_{\text{eff},2} = s_a \frac{(1 + 0,5h_a/e_c)}{2 + 0,5h_a/e_c} \quad (5.35b)$$

— bei einem Steg mit einer Aussteifung, wenn wegen  $s_{\text{eff},3} + s_{\text{eff},n} \geq s_n$  die Gesamtlänge  $s_n$  voll wirksam ist:

$$s_{\text{eff},3} = s_n \frac{[1 + 0,5(h_a + h_{sa})/e_c]}{2,5 + 0,5(h_a + h_{sa})/e_c} \quad (5.36a)$$

$$s_{\text{eff},n} = \frac{1,5s_n}{2,5 + 0,5(h_a + h_{sa})/e_c} \quad (5.36b)$$

— bei einem Steg mit zwei Aussteifungen:

— wenn wegen  $s_{\text{eff},3} + s_{\text{eff},4} \geq s_b$  die Gesamtlänge  $s_b$  voll wirksam ist:

$$s_{\text{eff},3} = s_b \frac{1 + 0,5(h_a + h_{sa})/e_c}{2 + 0,5(h_a + h_{sa} + h_b)/e_c} \quad (5.37a)$$

$$s_{\text{eff},4} = s_b \frac{1 + 0,5h_b/e_c}{2 + 0,5(h_a + h_{sa} + h_b)/e_c} \quad (5.37b)$$

— wenn wegen  $s_{\text{eff},5} + s_{\text{eff},n} \geq s_n$  die Gesamtlänge  $s_n$  voll wirksam ist:

$$s_{\text{eff},5} = s_n \frac{1 + 0,5(h_b + h_{\text{sb}})/e_c}{2,5 + 0,5(h_b + h_{\text{sb}})/e_c} \quad (5.38a)$$

$$s_{\text{eff},n} = \frac{1,5s_n}{2,5 + 0,5(h_b + h_{\text{sb}})/e_c} \quad (5.38b)$$

(7) Bei nur einer Aussteifung oder bei der Aussteifung von zwei Aussteifungen, die näher am Druckgurt liegt, sollte die ideale Knickspannung  $\sigma_{\text{cr},sa}$  wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{\text{cr},sa} = \frac{1,05 k_f E \sqrt{I_s t^3 s_1}}{A_{sa} s_2 (s_1 - s_2)} \quad (5.39a)$$

Dabei wird  $s_1$  wie folgt bestimmt:

— bei einer Aussteifung:

$$s_1 = 0,9 (s_a + s_{sa} + s_c) \quad (5.39b)$$

— bei zwei Aussteifungen für die Aussteifung, die näher am Druckgurt liegt:

$$s_1 = s_a + s_{sa} + s_b + 0,5(s_{\text{sb}} + s_c) \quad (5.39c)$$

$s_2$  wird wie folgt bestimmt:

$$s_2 = s_1 - s_a - 0,5 s_{sa} \quad (5.39d)$$

Dabei ist

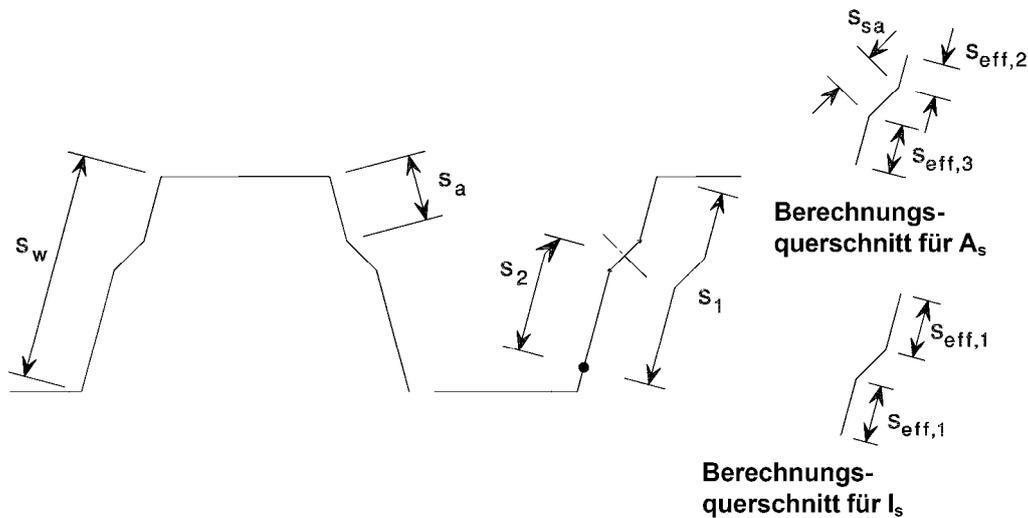
$k_f$  ein Beiwert, der die Drehbettung des ausgesteiften Steges durch die Gurte berücksichtigt;

$I_s$  das wirksame Flächenmoment 2. Grades der Aussteifung, das unter Einbeziehung der Versatzlänge  $s_{sa}$  und zweier benachbarter Streifen mit den Längen  $s_{\text{eff},1}$ , bezogen auf die eigene neutrale Achse parallel zur Stegebene, berechnet wird, siehe Bild 5.13; bei der Bestimmung von  $I_s$  darf eine mögliche Neigungsveränderung des Steges ober- und unterhalb der Aussteifung vernachlässigt werden;

$s_c$  wie in Bild 5.12 definiert.

(8) Falls nicht genauer ermittelt, darf der Drehbettungsbeiwert  $k_f$  als auf der sicheren Seite liegend gleich 1,0 gesetzt werden. Dies entspricht einer gelenkigen Lagerung.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**



**Bild 5.13 — Steg- und Gurtaussteifungen bei trapezförmig profilierten Blechen**

(9) Bei einer einzelnen Aussteifung oder bei der Aussteifung von zwei Aussteifungen, die näher am Druckgurt liegt, sollte die wirksame Fläche  $A_{sa,red}$  folgendermaßen bestimmt werden:

$$A_{sa,red} = \frac{\chi_d A_{sa}}{1 - (h_a + 0,5h_{sa})/e_c} \quad \text{jedoch } A_{sa,red} \leq A_{sa} \quad (5.40)$$

(10) Bei nicht ausgesteiften Gurten sollte der Abminderungsfaktor  $\chi_d$  nach der Berechnungsmethode nach 5.5.3.1(7) direkt mit  $\sigma_{cr,sa}$  ermittelt werden.

(11) Sind auch die Gurte ausgesteift, sollte der Abminderungsfaktor  $\chi_d$  wiederum aus 5.5.3.1(7), aber mit der modifizierten idealen Knickspannung  $\sigma_{cr,mod}$  nach 5.5.3.4.4 ermittelt werden.

(12) Bei einer Aussteifung im Zugspannungsbereich entspricht die wirksame Querschnittsfläche  $A_{sa,red}$  dem Flächenwert  $A_{sa}$ .

(13) Bei Stegen mit zwei Aussteifungen sollte für die reduzierte wirksame Fläche  $A_{sb,red}$  bei der zweiten Aussteifung die Fläche  $A_{sb}$  angesetzt werden.

(14) Bei der Bestimmung der Querschnittswerte des wirksamen Querschnitts wird die reduzierte wirksame Querschnittsfläche  $A_{sa,red}$  durch eine reduzierte Blechdicke  $t_{red} = \chi_d t$  für alle Teilflächen berücksichtigt, die in  $A_{sa}$  enthalten sind.

(15) Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sollten die Querschnittswerte der Aussteifungen mit der Bemessungsblechdicke  $t$  ermittelt werden.

(16) Die wirksamen Querschnittswerte dürfen wahlweise durch Iteration weiter verbessert werden. Hierzu wird von der Schwerachse des wirksamen Querschnitts der Stege aus dem vorhergehenden Berechnungsschritt und den wirksamen Querschnittsflächen der Gurte mit der reduzierten Blechdicke  $t_{red}$  (für alle Teilflächen des Gurtes, die zu den Gurtaussteifungen  $A_s$  gehören) ausgegangen. Bei dieser Iteration sollte ein erhöhter Eingangswert für die wirksame Breite  $s_{eff,0}$ :

$$s_{eff,0} = 0,95 t \sqrt{\frac{E}{\gamma_{M0} \sigma_{com,Ed}}} \quad (5.41)$$

angesetzt werden.

#### 5.5.3.4.4 Trapezprofile mit Aussteifungen in den Gurten und Stegen

(1) Bei Trapezprofilen mit Zwischensteifen in den Gurten und Stegen (siehe Bild 5.16) sollte die Interaktion zwischen dem Biegeknicken der Gurtsteifen und der Stegsteifen durch eine für beide Aussteifungstypen geltende modifizierte elastische kritische Spannung  $\sigma_{cr,mod}$  berücksichtigt werden:

$$\sigma_{cr,mod} = \frac{\sigma_{cr,s}}{\sqrt[4]{1 + \left[ \beta_s \frac{\sigma_{cr,s}}{\sigma_{cr,sa}} \right]^4}} \quad (5.42)$$

Dabei ist

$\sigma_{cr,s}$  die elastische kritische Spannung für eine Gurtzwischensteife, siehe 5.5.3.4.2(2) für Gurte mit einer Aussteifung oder 5.5.3.4.2(3) für Gurte mit zwei Aussteifungen;

$\sigma_{cr,sa}$  die elastische kritische Spannung für eine einzelne Stegsteife oder bei zwei Stegaussteifungen für die Stegsteife neben dem Druckgurt (siehe 5.5.3.4.3(7));

$A_s$  der wirksame Querschnitt einer Gurtzwischensteife;

$A_{sa}$  der wirksame Querschnitt einer Stegzwischensteife;

$\beta_s = 1 - (h_a + 0,5 h_{ha}) / e_c$  bei Biegebeanspruchung des Profils;

$\beta_s = 1$  bei Druckbeanspruchung des Profils.

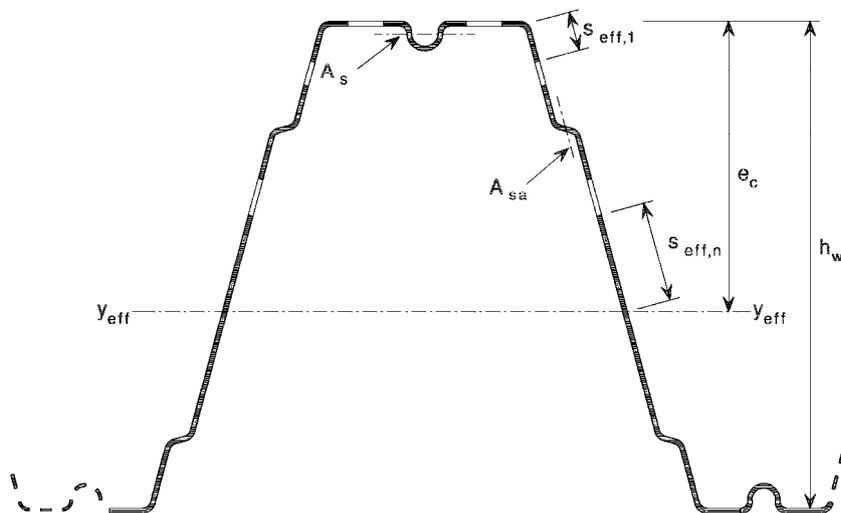


Bild 5.14 — Trapezprofil mit Gurt- und Stegsteifen

## 5.6 Beulen zwischen Verbindungsmitteln

(1) Beulen zwischen den Verbindungsmitteln sollten wie bei Bauteilen mit Schraubverbindungen überprüft werden, siehe EN 1993-1-8, Tabelle 3.3.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

## 6 Grenzzustände der Tragfähigkeit

### 6.1 Querschnittstragfähigkeit

#### 6.1.1 Allgemeines

(1) Für die verschiedenen Beanspruchbarkeiten darf anstelle der rechnerischen Bemessung auch eine versuchsgestützte Bemessung durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die versuchsgestützte Bemessung wirkt sich besonders bei relativ großen  $b_p/t$ -Verhältnissen günstig aus, z. B. im Hinblick auf inelastisches Verhalten, Stegkrüppeln oder bei Einflüssen aus mittragenden Breiten.

(2) Bei der rechnerischen Bemessung sind Einflüsse örtlichen Beulens in der Regel durch wirksame Querschnitte nach 5.5 zu berücksichtigen.

(3) Die Knicktragfähigkeit von Bauteilen ist in der Regel nach 6.2 nachzuweisen.

(4) Wenn Forminstabilität des Querschnitts auftreten kann, sollte die Möglichkeit seitlichen Ausknickens der Druckgurte und allgemein der Querbiegung der Gurte berücksichtigt werden, siehe 5.5 und 10.1.

#### 6.1.2 Zentrischer Zug

(1) Der Bemessungswert der Grenzzugkraft  $N_{t,Rd}$  sollte wie folgt bestimmt werden:

$$N_{t,Rd} = \frac{f_{ya} A_g}{\gamma_{M0}} \quad \text{jedoch } N_{t,Rd} \leq F_{n,Rd} \quad (6.1)$$

Dabei ist

$A_g$  die Gesamtquerschnittsfläche;

$F_{n,Rd}$  die Beanspruchbarkeit des Nettoquerschnittes bei mechanischen Verbindungsmitteln nach 8.4;

$f_{ya}$  die durchschnittliche Streckgrenze, siehe [AC](#) 3.2.2 [AC](#).

(2) Die Beanspruchbarkeit eines Winkelprofils auf zentrischen Zug  $N_{t,Rd}$ , das nur an einem Schenkel angeschlossen ist, oder von anderen entsprechend angeschlossen Querschnitten ist in [AC](#) EN 1993-1-8, 3.10.3 [AC](#) geregelt.

#### 6.1.3 Zentrischer Druck

(1) Der Bemessungswert der Grenzdruckkraft  $N_{c,Rd}$  sollte folgendermaßen ermittelt werden:

— wenn die wirksame Fläche  $A_{eff}$  geringer als die Bruttoquerschnittsfläche  $A_g$  ist (Querschnitt, der wegen lokalen Ausbeulens oder Forminstabilität des Querschnitts abgemindert wird):

$$N_{c,Rd} = A_{eff} f_{yb} / \gamma_{M0} \quad (6.2)$$

— wenn die wirksame Fläche  $A_{eff}$  gleich der Bruttoquerschnittsfläche  $A_g$  ist (Querschnitte ohne eine Abminderung):

$$N_{c,Rd} = A_g (f_{yb} + (f_{ya} - f_{yb}) \lambda_e / \bar{\lambda}_{e0}) / \gamma_{M0} \quad \text{jedoch nicht mehr als } A_g f_{ya} / \gamma_{M0} \quad (6.3)$$

Dabei ist

$A_{\text{eff}}$  die wirksame Querschnittsfläche nach 5.5 für eine konstante Druckspannung von  $f_{yb}$ ;

$f_{ya}$  die durchschnittliche Streckgrenze, siehe 3.2.2;

$f_{yb}$  die Basisstreckgrenze;

**AC** gestrichener Text **AC**

bei ebenen Elementen  $\bar{\lambda}_e = \bar{\lambda}_p$  und  $\bar{\lambda}_{e0} = 0,673$ , siehe 5.5.2;

bei ausgesteiften Elementen  $\bar{\lambda}_e = \bar{\lambda}_d$  und  $\bar{\lambda}_{e0} = 0,65$ , siehe 5.5.3.

(2) Die Wirkungslinie der resultierenden Normalkraft ist in der Regel in der Schwerachse der Bruttoquerschnittsfläche anzusetzen. Es handelt sich hierbei um eine konservative Annahme, die ohne weiteren Nachweis verwendet werden darf. Weitergehende Berechnungen können zu einer realistischeren Wiedergabe der Schnittgrößen, z. B. im Falle eines gleichmäßigen Zuwachses der Normalkraft in einer druckbeanspruchten Teilfläche, führen.

(3) Die Tragfähigkeit eines druckbeanspruchten Querschnitts wird auf die Schwerachse des wirksamen Querschnitts bezogen. Wenn die Schwerachsen des Bruttoquerschnitts und des wirksamen Querschnitts nicht zusammenfallen, sollte der Versatz  $e_N$  (siehe Bild 6.1) der Schwerachsen nach 6.19 berücksichtigt werden. Ergibt der Nulllinienversatz ein günstiges Ergebnis beim Spannungsnachweis, darf er nur unter der Bedingung, dass die Ermittlung des wirksamen Querschnittes mit der Streckgrenze und nicht mit der tatsächlichen Druckspannung gerechnet wurde, vernachlässigt werden.

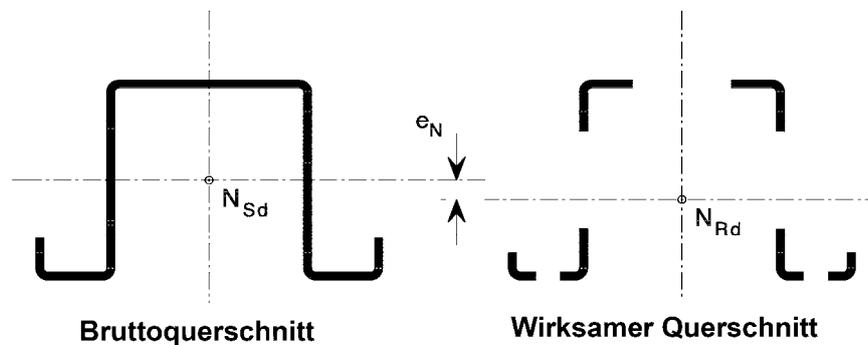


Bild 6.1 — Wirksamer druckbeanspruchter Querschnitt

## 6.1.4 Biegung

### 6.1.4.1 Elastische und teilplastische Beanspruchbarkeit bei Erreichen der Streckgrenze im Druckflansch

(1) Die Momentenfähigkeit  $M_{c,Rd}$  eines Querschnitts für Biegebeanspruchung um eine Hauptachse wird wie folgt ermittelt (siehe Bild 6.2):

— wenn das wirksame Widerstandsmoment  $W_{\text{eff}}$  geringer ist als das des Bruttoquerschnittes  $W_{\text{el}}$ :

$$M_{c,Rd} = W_{\text{eff}} f_{yb} / \gamma_{M0} \quad (6.4)$$

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

— wenn das wirksame Widerstandsmoment  $W_{\text{eff}}$  dem des Bruttoquerschnitts  $W_{\text{el}}$  entspricht:

$$M_{\text{c,Rd}} = f_{\text{yb}} (W_{\text{el}} + (W_{\text{pl}} - W_{\text{el}}) 4(1 - \bar{\lambda}_{\text{e,max}} / \bar{\lambda}_{\text{e0}})) / \gamma_{\text{M0}}, \text{ jedoch nicht mehr als } W_{\text{pl}} f_{\text{yb}} / \gamma_{\text{M0}} \quad (6.5)$$

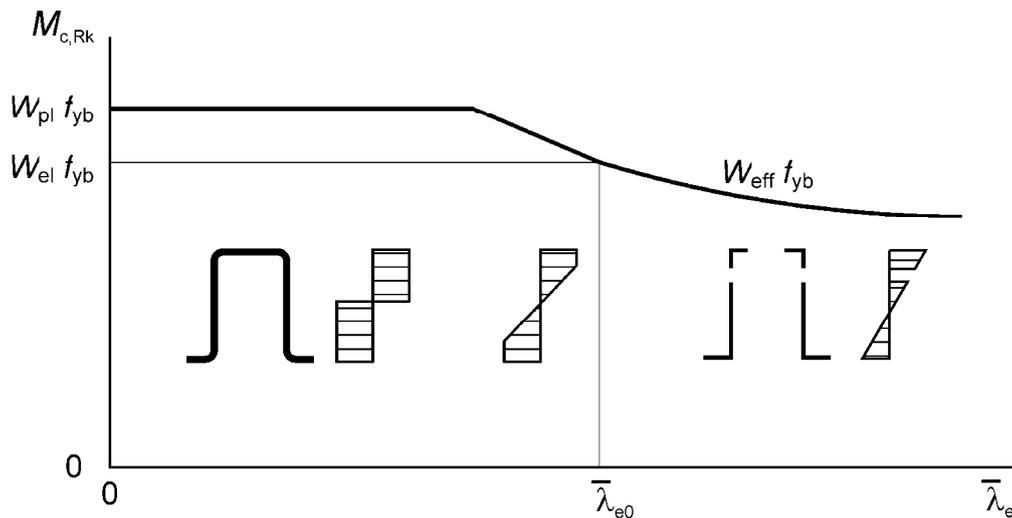
Dabei ist

$\bar{\lambda}_{\text{e,max}}$  die Schlankheit der Teilfläche, die das Maximum von  $\bar{\lambda}_{\text{e}} / \bar{\lambda}_{\text{e0}}$  liefert;

- bei zweifach gelagerten Teilflächen  $\bar{\lambda}_{\text{e}} = \bar{\lambda}_{\text{p}}$  und  $\bar{\lambda}_{\text{e0}} = 0,5 + \sqrt{0,25 - 0,055(3 + \psi)}$ , wobei  $\psi$  das Spannungsverhältnis ist, siehe 5.5.2;
- bei einseitig gelagerten Teilflächen  $\bar{\lambda}_{\text{e}} = \bar{\lambda}_{\text{p}}$  und  $\bar{\lambda}_{\text{e0}} = 0,673$ , siehe 5.5.2;

**AC** gestrichener Text **AC**

Die resultierende Momententragfähigkeit ist in Bild 6.2 als Funktion einer Teilfläche dargestellt.



**Bild 6.2 — Biegetragfähigkeit als Funktion der Schlankheit**

(2) Ausdruck (6.5) gilt, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) Biegung nur um eine Querschnittshauptachse;
- b) das Bauteil erhält keine Torsion und ist nicht stabilitätsgefährdet;
- c) der Winkel  $\phi$  zwischen Steg (siehe Bild 6.5) und Gurt ist größer als  $60^\circ$ .

(3) Ist (2) nicht erfüllt, darf angesetzt werden:

$$M_{\text{c,Rd}} = W_{\text{el}} f_{\text{yb}} / \gamma_{\text{M0}} \quad (6.6)$$

(4) Das wirksame Widerstandsmoment  $W_{\text{eff}}$  gilt nur bei wirksamen Querschnitten, die um eine Hauptachse biegebeansprucht sind, bei einer Maximalspannung von  $\sigma_{\text{max,Ed}} = f_{\text{yb}} / \gamma_{\text{M0}}$  unter Berücksichtigung lokaler Beuleffekte und Forminstabilität des Querschnitts nach 5.5. Sind mitttragende Breiten querschnittsbestimmend, sollte diesem Umstand Rechnung getragen werden.

(5) Für die Bestimmung der wirksamen Stegfläche darf das Spannungsverhältnis  $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$  mit den wirksamen Gurtflächen und dem Bruttoquerschnitt der Stege ermittelt werden, siehe Bild 6.3.

(6) Wird die Streckgrenze zuerst im druckbeanspruchten Teil des Querschnitts erreicht und die Bedingung 6.1.4.2 nicht erfüllt, sollte das Widerstandsmoment  $W_{\text{eff}}$  mit einer linearen Spannungsverteilung über den Querschnitt berechnet werden.

(7) Bei Biegung um beide Achsen darf folgendes Kriterium angewendet werden:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}} \leq 1 \quad (6.7)$$

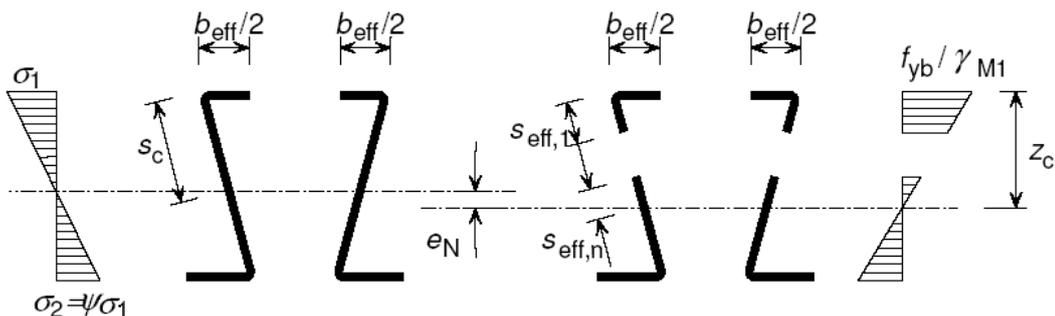
Dabei ist:

$M_{y,Ed}$  das Biegemoment um die starke Hauptachse (y-y-Achse);

$M_{z,Ed}$  das Biegemoment um schwache Hauptachse (z-z-Achse);

$M_{cy,Rd}$  die Momententragfähigkeit um die y-y-Achse;

$M_{cz,Rd}$  die Momententragfähigkeit um die z-z-Achse.



**Bild 6.3 — Wirksamer Querschnitt bei Biegung**

(8) Sollen Schnittgrößenumlagerungen bei der Tragwerksberechnung berücksichtigt werden, so sollte anhand von Versuchsergebnissen nach Abschnitt 9 nachgewiesen werden, dass die in 7.2 gestellten Anforderungen erfüllt sind.

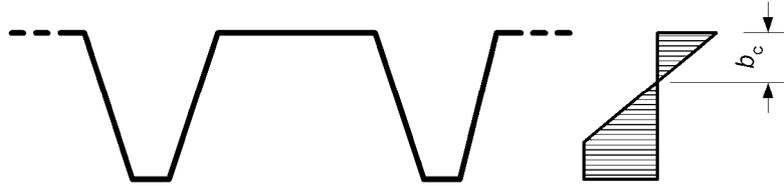
#### 6.1.4.2 Elastische und teilplastische Tragfähigkeiten bei Plastizierungen nur im Zugflansch

(1) Unter der Voraussetzung, dass das Biegemoment nur um eine Querschnittshauptachse wirkt und die Streckgrenze zuerst auf der Biegezugseite erreicht wird, dürfen plastische Querschnittsreserven in der Zugzone ohne eine Dehnungsbegrenzung so weit ausgenutzt werden, bis die maximale Druckspannung den Grenzwert  $\sigma_{\text{com,Ed}} = f_{yb} / \gamma_{M0}$  erreicht. In diesem Abschnitt wird nur der Fall Biegung betrachtet. Bei Biegung und Axiallasten gilt 6.1.8 oder 6.1.9.

(2) In diesem Fall sollte das wirksame plastische Widerstandsmoment  $W_{\text{pp,eff}}$  mit einer bilinearen Spannungsverteilung in der Biegezugzone und einer linearen Spannungsverteilung in der Biegedruckzone bestimmt werden.

(3) Ohne genauere Nachweise darf die wirksame Breite  $b_{\text{eff}}$  einer Teilfläche mit veränderlicher Spannung nach 5.5.2 ermittelt werden, wobei bei  $b_c$  unter der Annahme einer bilinearen Spannungsverteilung mit  $\psi = -1$  ermittelt werden darf.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**



**Bild 6.4 — Abmessung  $b_c$  zur Bestimmung der wirksamen Breite**

(4) Sollen Schnittgrößenumlagerungen bei der Tragwerksberechnung berücksichtigt werden, so ist in der Regel anhand von Versuchsergebnissen nach Abschnitt 9 nachzuweisen, dass die in 7.2 gestellten Anforderungen erfüllt sind.

#### 6.1.4.3 Querschnitte mit mittragenden Breiten

(1) Mittragende Breiten sollten nach EN 1993-1-5 berücksichtigt werden.

#### 6.1.5 Schubtragfähigkeit

(1) Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit  $V_{b,Rd}$  sollte bestimmt werden mit:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} t f_{bv}}{\gamma_{M0}} \quad (6.8)$$

Dabei ist

$f_{bv}$  die Grenzschubspannung unter Berücksichtigung lokalen Beulens nach Tabelle 6.1;

$h_w$  die Steghöhe zwischen den Mittelebenen der Gurte, siehe Bild 5.1c);

$\phi$  die Neigung des Steges in Bezug auf die Flansche, siehe Bild 6.5.

**Tabelle 6.1 — Schubbeulfestigkeit  $f_{bv}$**

Stegschlankheitsgrad	Am Auflager nicht ausgesteifter Steg	Am Auflager ausgesteifter Steg <sup>a</sup>
$\bar{\lambda}_w \leq 0,83$	$0,58 f_{yb}$	$0,58 f_{yb}$
$0,83 < \bar{\lambda}_w < 1,40$	$0,48 f_{yb} / \bar{\lambda}_w$	$0,48 f_{yb} / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,40$	$0,67 f_{yb} / \bar{\lambda}_w^2$	$0,48 f_{yb} / \bar{\lambda}_w$

<sup>a</sup> Aussteifung am Lager, z. B. durch Lagerknaggen oder Lagerleisten zur Vermeidung von Stegverformungen und zur Aufnahme von Lagerreaktionen

(2) Die bezogene Stegslankheit  $\bar{\lambda}_w$  sollte folgendermaßen ermittelt werden:

— bei Stegen ohne Längsaussteifungen:

$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \frac{s_w}{t} \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad (6.10a)$$

— bei Stegen mit Längsaussteifungen, siehe Bild 6.5:

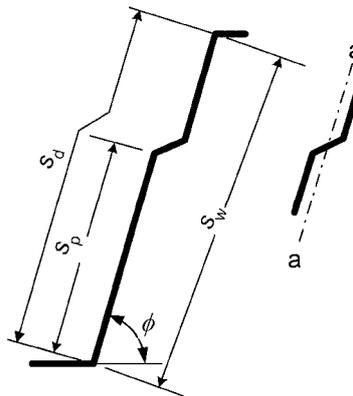
$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \frac{s_d}{t} \sqrt{\frac{5,34 f_{yb}}{k_\tau E}} \quad \text{jedoch} \quad \bar{\lambda}_w \geq 0,346 \frac{s_p}{t} \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad (6.10b)$$

mit:

$$k_\tau = 5,34 + \frac{2,10}{t} \left( \frac{\sum I_s}{s_d} \right)^{1/3}$$

Dabei ist

- $I_s$  das Flächenmoment 2. Grades der Längssteife um die Achse a–a entsprechend der Definition in 5.5.3.4.3(7) und der Darstellung in Bild 6.5;
- $s_d$  die Abwicklung der Steglänge nach Bild 6.5;
- $s_p$  die Steglänge der breitesten ebenen Teilfläche im Steg, siehe Bild 6.5;
- $s_w$  die Steglänge, wie in Bild 6.5 dargestellt, zwischen den Eckpunkten der Gurte, siehe Bild 5.1c).



**Bild 6.5 — Längsausgesteifter Steg**

### 6.1.6 Torsionsmomente

- (1) Greifen Querlasten nicht im Schubmittelpunkt an, so ist in der Regel die Wirkung der Torsion zu berücksichtigen.
- (2) Schwerachse, Schubmittelpunktachse und Zwangsdrillruheachse zur Bestimmung der Torsionseffekte sind in der Regel am Bruttoquerschnitt zu bestimmen.
- (3) Die aus der Normalkraft  $N_{Ed}$  und den Biegemomenten  $M_{y,Ed}$  und  $M_{z,Ed}$  resultierenden Längsspannungen sollten mit dem entsprechenden wirksamen Querschnitt aus 6.1.2 bis 6.1.4 bestimmt werden. Die Schubspannungen infolge Querkraft und primärer (St. Venant'scher) Torsion sowie die Normalspannungen und Schubspannungen infolge Wölbkrafttorsion sollten am Bruttoquerschnitt ermittelt werden.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

(4) Bei torsionsbeanspruchten Querschnitten sollten folgende Bedingungen für die Bemessungswerte nachgewiesen werden. Für die Streckgrenze darf ein einheitlicher Wert nach 3.2.2 verwendet werden.

$$\sigma_{\text{tot,Ed}} \leq f_{ya} / \gamma_{M0} \quad (6.11a)$$

$$\tau_{\text{tot,Ed}} \leq \frac{f_{ya} / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} \quad (6.11b)$$

$$\sqrt{\sigma_{\text{tot,Ed}}^2 + 3 \tau_{\text{tot,Ed}}^2} \leq 1,1 \frac{f_{ya}}{\gamma_{M0}} \quad (6.11c)$$

Dabei ist

$\sigma_{\text{tot,Ed}}$  die Summe der mit den jeweilig wirksamen Querschnitten berechneten Normalspannungen;

$\tau_{\text{tot,Ed}}$  die Summe der am Bruttoquerschnitt berechneten Schubspannungen.

(5) Für die Summe der Bemessungswerte der Normalspannungen  $\sigma_{\text{tot,Ed}}$  und die Summe der Bemessungswerte der Schubspannungen  $\tau_{\text{tot,Ed}}$  gilt:

$$\sigma_{\text{tot,Ed}} = \sigma_{N,Ed} + \sigma_{M_y,Ed} + \sigma_{M_z,Ed} + \sigma_{w,Ed} \quad (6.12a)$$

$$\tau_{\text{tot,Ed}} = \tau_{V_y,Ed} + \tau_{V_z,Ed} + \tau_{t,Ed} + \tau_{w,Ed} \quad (6.12b)$$

Dabei ist

$\sigma_{M_y,Ed}$  die Biegenormalspannung infolge von  $M_{y,Ed}$  (am wirksamen Querschnitt);

$\sigma_{M_z,Ed}$  die Biegenormalspannung infolge von  $M_{z,Ed}$  (am wirksamen Querschnitt);

$\sigma_{N,Ed}$  die Normalspannung infolge von  $N_{Ed}$  (am wirksamen Querschnitt);

$\sigma_{w,Ed}$  die Wölbnormalspannung (am Bruttoquerschnitt);

$\tau_{V_y,Ed}$  die Schubspannung infolge Querkraft  $V_{y,Ed}$  (am Bruttoquerschnitt);

$\tau_{V_z,Ed}$  die Schubspannung infolge Querkraft  $V_{z,Ed}$  (am Bruttoquerschnitt);

$\tau_{t,Ed}$  die Schubspannung infolge primärer (St. Venant'scher) Torsion (am Bruttoquerschnitt);

$\tau_{w,Ed}$  die Wölbschubspannung (am Bruttoquerschnitt).

### 6.1.7 Örtliche Lasteinleitung

#### 6.1.7.1 Allgemeines

(1)P Um örtliches Zusammendrücken, Stegkrüppeln oder örtliches Beulen im Steg, hervorgerufen durch Auflagerkräfte oder örtliche Lasteinleitungen durch den Flansch in den Steg, zu vermeiden, ist nachzuweisen, dass:

$$F_{Ed} \leq R_{w,Rd} \quad (6.13)$$

Dabei ist

$R_{w,Rd}$  die Beanspruchbarkeit des Steges unter örtlicher Lasteinleitung.

(2) Die Beanspruchbarkeit des Steges unter örtlicher Lasteinleitung  $R_{w,Rd}$  ist in der Regel folgendermaßen zu bestimmen:

a) bei nicht ausgesteiften Stegen:

- Querschnitte mit einem Stegblech: nach 6.1.7.2;
- andere Querschnitte einschließlich Profilbleche: nach 6.1.7.3;

b) bei ausgesteiften Stegen: nach 6.1.7.4.

(3) Die örtliche Beanspruchbarkeit des Steges muss nicht nachgewiesen werden, wenn die Einzellast oder Auflagerkraft über eine Aussteifung eingeleitet wird, die Profilverformungen verhindert und für die Lasteinleitung bemessen ist.

(4) Bei I-Trägern, die aus zwei C-Profilen oder ähnlichen Querschnitten durch Verbindung an den Stegen gebildet werden, sollten die Stegverbindungen so nahe wie möglich an den Gurten liegen.

#### 6.1.7.2 Querschnitte mit einem nicht ausgesteiften Steg

(1) Bei Querschnitten mit nur einem nicht ausgesteiften Steg, siehe Bild 6.6, darf die Beanspruchbarkeit für örtliche Lasteinleitung wie in (2) angegeben ermittelt werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$$h_w / t \leq 200 \quad (6.14a)$$

$$r / t \leq 6 \quad (6.14b)$$

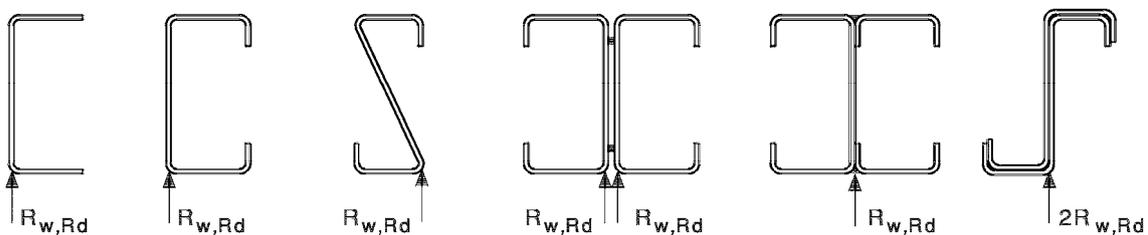
$$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ \quad (6.14c)$$

Dabei ist

$h_w$  die Steghöhe zwischen den Mittellinien der Gurte;

$r$  der innere Biegeradius an den Ecken;

$\phi$  der Neigungswinkel des Steges in Bezug auf die Gurte in Grad.



**Bild 6.6 — Beispiele für Querschnitte mit nur einem Steg**

(2) Bei Querschnitten, welche die Bedingungen in (1) erfüllen, darf die Beanspruchbarkeit für örtliche Lasteinleitung  $R_{w,Rd}$  nach Bild 6.7 ermittelt werden.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

(3) Die Beiwerte  $k_1$  bis  $k_5$  sind in der Regel folgendermaßen zu bestimmen:

$$k_1 = 1,33 - 0,33 k$$

$$k_2 = 1,15 - 0,15 r/t \quad \text{jedoch } k_2 \geq 0,50 \quad \text{und } k_2 \leq 1,0$$

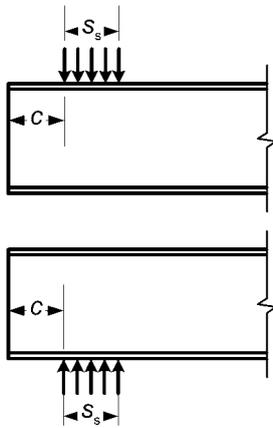
$$k_3 = 0,7 + 0,3 (\phi / 90)^\circ$$

$$k_4 = 1,22 - 0,22 k$$

$$k_5 = 1,06 - 0,06 r/t \quad \text{jedoch } k_5 \leq 1,0$$

Dabei ist

$$k = f_{yb} / 228 \quad \text{mit } f_{yb} \text{ in N/mm}^2.$$



a) Bei einer Einzellast oder Lagerreaktion

i)  $c \leq 1,5 h_w$  Abstand vom freien Ende:

— bei Querschnitten mit ausgesteiften Gurten:

$$R_{w,Rd} = \frac{k_1 k_2 k_3 \left[ 9,04 - \frac{h_w/t}{60} \right] \left[ 1 + 0,01 \frac{s_s}{t} \right] t^2 f_{yb}}{\gamma_{M1}} \quad (6.15a)$$

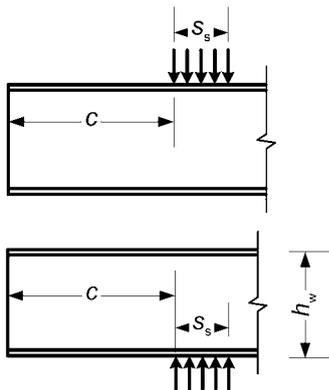
— bei Querschnitten mit nicht ausgesteiften Gurten:

— wenn  $s_s/t \leq 60$ :

$$R_{w,Rd} = \frac{k_1 k_2 k_3 \left[ 5,92 - \frac{h_w/t}{132} \right] \left[ 1 + 0,01 \frac{s_s}{t} \right] t^2 f_{yb}}{\gamma_{M1}} \quad (6.15b)$$

— wenn  $s_s/t > 60$ :

$$R_{w,Rd} = \frac{k_1 k_2 k_3 \left[ 5,92 - \frac{h_w/t}{132} \right] \left[ 0,71 + 0,015 \frac{s_s}{t} \right] t^2 f_{yb}}{\gamma_{M1}} \quad (6.15c)$$



ii)  $c > 1,5 h_w$  Abstand vom freien Ende:

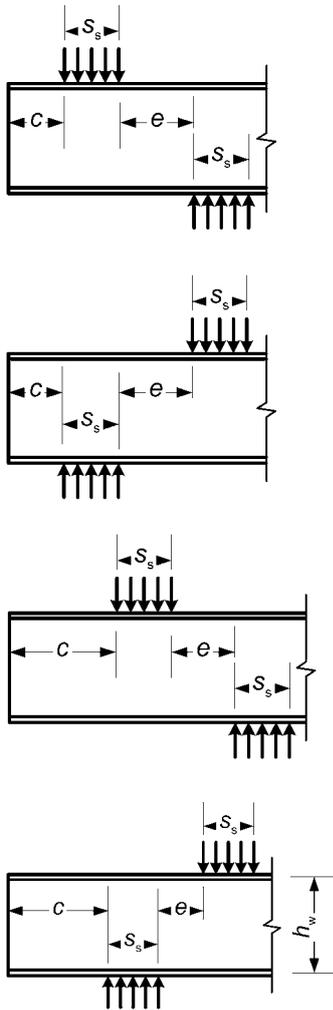
— wenn  $s_s/t \leq 60$ :

$$R_{w,Rd} = \frac{k_3 k_4 k_5 \left[ 14,7 - \frac{h_w/t}{49,5} \right] \left[ 1 + 0,007 \frac{s_s}{t} \right] t^2 f_{yb}}{\gamma_{M1}} \quad (6.15d)$$

— wenn  $s_s/t > 60$ :

$$R_{w,Rd} = \frac{k_3 k_4 k_5 \left[ 14,7 - \frac{h_w/t}{49,5} \right] \left[ 0,75 + 0,011 \frac{s_s}{t} \right] t^2 f_{yb}}{\gamma_{M1}} \quad (6.15e)$$

**Bild 6.7 a) — Örtliche Lasteinleitungen und Auflager — Querschnitte mit nur einem Steg**



b) Bei zwei entgegengesetzten Querkraften weniger als  $e = 1,5 h_w$  voneinander entfernt:

i)  $c \leq 1,5 h_w$  Abstand vom freien Ende:

$$R_{w,Rd} = \frac{k_1 k_2 k_3 \left[ 6,66 - \frac{h_w/t}{64} \right] \left[ 1 + 0,01 \frac{S_s}{t} \right] t^2 f_{yb}}{\gamma_{M1}} \quad (6.15f)$$

ii)  $c > 1,5 h_w$  Abstand vom freien Ende:

$$R_{w,Rd} = \frac{k_3 k_4 k_5 \left[ 21,0 - \frac{h_w/t}{16,3} \right] \left[ 1 + 0,0013 \frac{S_s}{t} \right] t^2 f_{yb}}{\gamma_{M1}} \quad (6.15g)$$

Bild 6.7 b) — Örtliche Lastenleitungen und Auflager — Querschnitte mit nur einem Steg

(4) Ist die Stegverdrehung entweder durch geeignete Aussteifungen oder aufgrund der Querschnittsgeometrie behindert (siehe z. B. zusammengesetzte I-Profile Nr. 4 und 5 in Bild 6.6), so darf die Stegbeanspruchbarkeit für örtliche Lastenleitung  $R_{w,Rd}$  folgendermaßen bestimmt werden:

a) bei einer Einzellast oder Auflagerreaktion

i)  $c < 1,5 h_w$  (nahe oder direkt am freien Ende) bei Querschnitten mit aussteiften und nicht aussteiften Gurten

$$R_{w,Rd} = \frac{k_7 \left[ 8,8 + 1,1 \sqrt{\frac{S_s}{t}} \right] t^2 f_{yb}}{\gamma_{M1}} \quad (6.16a)$$

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

- ii)  $c > 1,5 h_w$  (vom freien Ende entfernt) bei Querschnitten mit ausgesteiften und nicht ausgesteiften Gurten

$$R_{w,Rd} = \frac{k_5^* k_6 \left[ 13,2 + 2,87 \sqrt{\frac{s_s}{t}} \right] t^2 f_{yb}}{\gamma_{M1}} \quad (6.16b)$$

- b) bei entgegengesetzten Belastungen oder Lagerreaktionen

- i)  $c < 1,5 h_w$  (nahe oder direkt am freien Ende) bei Querschnitten mit ausgesteiften und nicht ausgesteiften Gurten

$$R_{w,Rd} = \frac{k_{10} k_{11} \left[ 8,8 + 1,1 \sqrt{\frac{s_s}{t}} \right] t^2 f_{yb}}{\gamma_{M1}} \quad (6.16c)$$

- ii)  $c > 1,5 h_w$  (vom freien Ende entfernt) bei Querschnitten mit ausgesteiften und nicht ausgesteiften Gurten

$$R_{w,Rd} = \frac{k_8 k_9 \left[ 13,2 + 2,87 \sqrt{\frac{s_s}{t}} \right] t^2 f_{yb}}{\gamma_{M1}} \quad (6.16d)$$

Die Beiwerte  $k_5^*$  bis  $k_{11}$  werden folgendermaßen bestimmt:

$$k_5^* = 1,49 - 0,53 k \quad \text{jedoch } k_5^* \geq 0,6$$

$$k_6 = 0,88 - 0,12 t / 1,9$$

$$\boxed{AC} k_7 = 1 + h_w / (t \times 750) \quad \boxed{AC} \quad \text{wenn } s_s / t < 150 ; \quad k_7 = 1,20 \quad \text{wenn } s_s / t > 150$$

$$k_8 = 1 / k \quad \text{wenn } s_s / t < 66,5 ; \quad \boxed{AC} k_8 = (1,10 - h_w / (t \times 665)) / k \quad \boxed{AC} \quad \text{wenn } s_s / t > 66,5$$

$$k_9 = 0,82 + 0,15 t / 1,9$$

$$\boxed{AC} k_{10} = (0,98 - h_w / (t \times 865)) / k \quad \boxed{AC}$$

$$k_{11} = 0,64 + 0,31 t / 1,9$$

Dabei ist

$$k = f_{yb} / 228 \quad \text{mit } f_{yb} \text{ in N/mm}^2;$$

$s_s$  die Länge der steifen Lasteinleitung.

Wenn zwei gleich große und entgegengerichtete Querkräfte mit verschiedenen Längen der steifen Lasteinleitung angreifen, ist der kleinere Wert für  $s_s$  maßgebend.

### 6.1.7.3 Querschnitte mit zwei oder mehreren nicht ausgesteiften Stegen

(1) Bei Querschnitten mit zwei oder mehr nicht ausgesteiften Stegen einschließlich der Stege von Profilblechen, siehe Bild 6.8, sollte die Beanspruchbarkeit eines nicht ausgesteiften Steges nach (2) ermittelt werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

— der Abstand  $c$  zwischen dem Auflagerende oder der Lasteinleitung und dem freien Ende, siehe Bild 6.9, beträgt mindestens 40 mm;

— der Querschnitt erfüllt die folgenden Bedingungen:

$$r/t \leq 10 \quad (6.17a)$$

$$h_w/t \leq 200 \sin \phi \quad (6.17b)$$

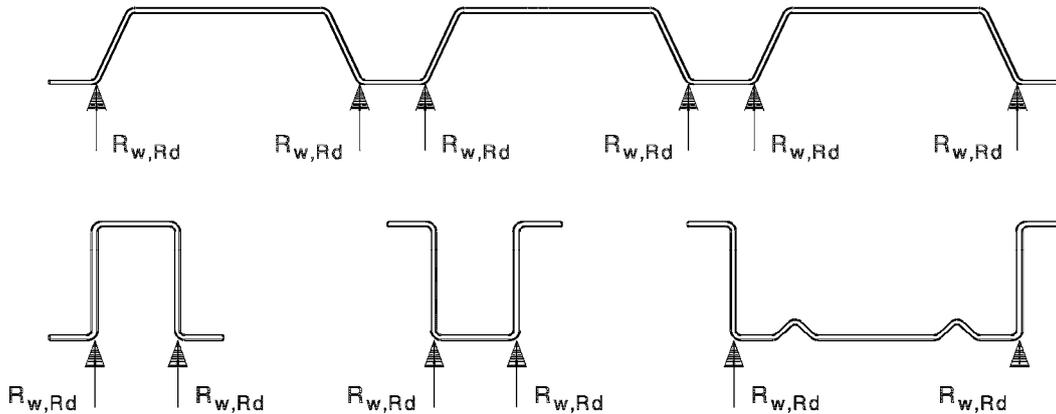
$$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ \quad (6.17c)$$

Dabei ist

$h_w$  die Steghöhe zwischen den Mittelebenen der Gurte;

$r$  der innere Biegeradius der Ecken;

$\phi$  der Neigungswinkel des Steges in Bezug auf die Flansche in Grad.



**Bild 6.8 — Beispiele für Querschnitte mit zwei und mehr Stegen**

(2) Sind beide Bedingungen in (1) erfüllt, sollte die Beanspruchbarkeit  $R_{w,Rd}$  für lokale Querlasten je Steg folgendermaßen ermittelt werden:

$$R_{w,Rd} = \alpha t^2 \sqrt{f_{yb} E} (1 - 0,1 \sqrt{r/t}) \left[ 0,5 + \sqrt{0,02 l_a / t} \right] (2,4 + (\phi / 90)^2) / \gamma_{M1} \quad (6.18)$$

Dabei ist

$l_a$  die wirksame Lasteinleitungslänge für die maßgebende Kategorie, siehe (3);

$\alpha$  ein Beiwert, siehe (3).

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

(3) Die Werte für  $l_a$  und  $\alpha$  sind nach (4) bzw. (5) zu bestimmen. Der maximale Bemessungswert für  $l_a$  beträgt  $l_a = 200$  mm. Besteht das Lager aus einem kaltgeformten Profil oder einem Rundhohlprofil, so gilt  $s_s = 10$  mm. Die maßgebende Kategorie (1 oder 2) orientiert sich am lichten Abstand  $e$  zwischen der lokalen Lasteinleitung und dem nächstgelegenen Auflager, oder aber dem lichten Abstand  $c$  zwischen Auflager oder lokaler Lasteinleitung und dem freien Ende, siehe Bild 6.9.

(4) Die wirksame Auflagerlänge  $l_a$  ist in der Regel wie folgt zu bestimmen:

a) für Kategorie 1:  $l_a = 10$  mm (6.19a)

b) für Kategorie 2:

—  $\beta_V \leq 0,2$ :  $l_a = s_s$  (6.19b)

—  $\beta_V \geq 0,3$ :  $l_a = 10$  mm (6.19c)

—  $0,2 < \beta_V < 0,3$ : lineare Interpolation zwischen  $l_a$  für 0,2 und 0,3 mit:

$$\beta_V = \frac{|V_{Ed,1}| - |V_{Ed,2}|}{|V_{Ed,1}| + |V_{Ed,2}|}$$

Dabei sind  $|V_{Ed,1}|$  und  $|V_{Ed,2}|$  die Beträge der Querkräfte auf jeder Seite der örtlichen Lasteinleitung oder der Auflagerreaktion. Es gilt  $|V_{Ed,1}| \geq |V_{Ed,2}|$ . Der Wert  $s_s$  ist die Länge der steifen Lasteinleitung.

(5) Die Beiwerte  $\alpha$  sollten folgendermaßen bestimmt werden:

a) Kategorie 1:

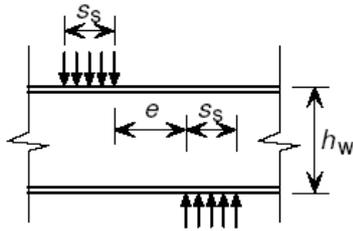
— bei Profilblechen:  $\alpha = 0,075$  (6.20a)

— bei Kassettenprofilen und Hutprofilen:  $\alpha = 0,057$  (6.20b)

b) Kategorie 2:

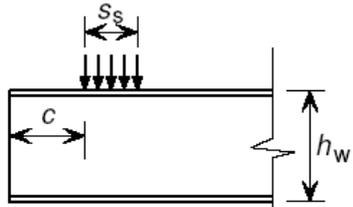
— bei Profilblechen:  $\alpha = 0,15$  (6.20c)

— bei Kassettenprofilen und Hutprofilen:  $\alpha = 0,115$  (6.20d)



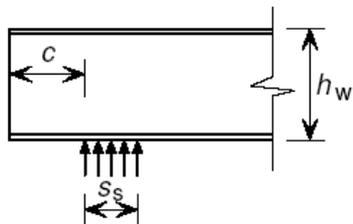
Kategorie 1

- lokale Lasteinleitung im Abstand  $e \leq 1,5 h_w$  vom nächsten Auflager;



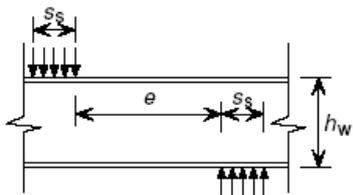
Kategorie 1

- lokale Lasteinleitung im Abstand  $c \leq 1,5 h_w$  vom freien Ende;



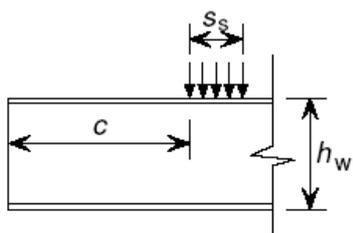
Kategorie 1

- Lagerreaktion im Abstand  $c \leq 1,5 h_w$  vom freien Ende;



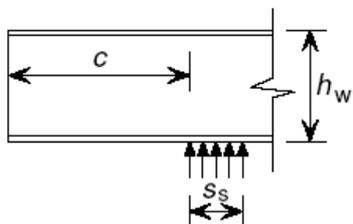
Kategorie 2

- lokale Lasteinleitung im Abstand  $e > 1,5 h_w$  zum nächsten Auflager;



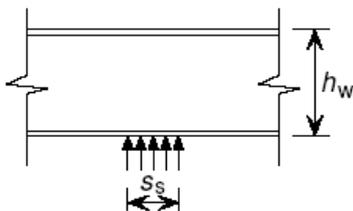
Kategorie 2

- lokale Lasteinleitung im Abstand  $c > 1,5 h_w$  vom freien Ende;



Kategorie 2

- Lagerreaktion im Abstand  $c > 1,5 h_w$  vom freien Ende;



Kategorie 2

- Lagerreaktion am Zwischenaufleger.

**Bild 6.9 — Lokale Lasteinleitungen und Lagerreaktionen — Kategorien für Querschnitte mit zwei oder mehreren Stegen**

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**6.1.7.4 Ausgesteifte Stege**

(1) Die Beanspruchbarkeit von ausgesteiften Stegen für örtliche Lasteinleitung darf bei Stegquerschnitten mit Längsaussteifungen nach (2) ermittelt werden, wenn die Verbindungslinie zwischen den Gurteckpunkten die Aussteifungen schneidet und wenn die folgende Bedingung eingehalten wird, siehe Bild 6.10:

$$2 < \frac{e_{\max}}{t} < 12 \quad (6.21)$$

Dabei ist

$e_{\max}$  die größere Exzentrizität eines Steifeneckpunktes gegenüber der Verbindungslinie der Gurteckpunkte.

(2) Bei ausgesteiften Stegen, welche die Bedingung (1) erfüllen, kann die örtliche Beanspruchbarkeit durch Multiplikation der Beanspruchbarkeit des unausgesteiften Steges nach 6.1.7.2 oder 6.1.7.3 mit dem Faktor  $\kappa_{a,s}$  ermittelt werden:

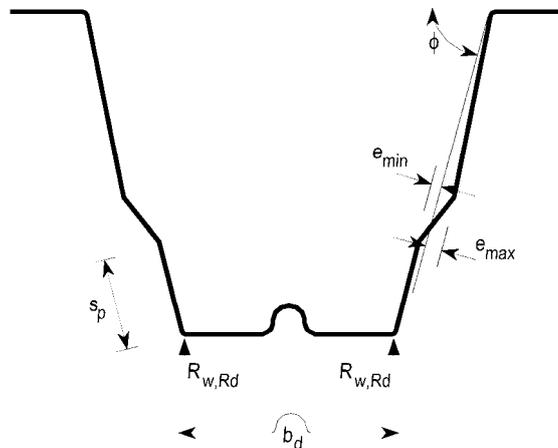
$$\kappa_{a,s} = 1,45 - 0,05 e_{\max} / t \quad \text{jedoch } \kappa_{a,s} \leq 0,95 + 35\,000 t^2 e_{\min} / (b_d^2 s_p) \quad (6.22)$$

Dabei ist

$b_d$  die Abwicklungslänge des belasteten Gurtes, siehe Bild 6.10;

$e_{\min}$  die geringere Exzentrizität eines Steifeneckpunktes gegenüber der Verbindungslinie der Gurteckpunkte;

$s_p$  die Steglänge der ebenen Teilfläche des Steges direkt am belasteten Gurt, siehe Bild 6.10.



**Bild 6.10 — Ausgesteifte Stege**

**6.1.8 Kombinierte Beanspruchung aus Zug und Biegung**

(1) Bei Querschnitten unter gleichzeitiger Einwirkung von Zugkräften  $N_{Ed}$  und Biegemomenten  $M_{y,Ed}$  und  $M_{z,Ed}$  ist in der Regel folgender Nachweis zu erbringen:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,ten}} \leq 1 \quad (6.23)$$

Dabei ist

$N_{t,Rd}$  die Beanspruchbarkeit auf zentrischen Zug (6.1.2);

$M_{cy,Rd,ten}$  die Momententragfähigkeit um die y–y-Achse, begrenzt durch die Zugspannung (6.1.4);

$M_{cz,Rd,ten}$  die Momententragfähigkeit um die z–z-Achse, begrenzt durch die Zugspannung (6.1.4).

(2) Bei  $M_{cy,Rd,com} \leq M_{cy,Rd,ten}$  oder  $M_{cz,Rd,com} \leq M_{cz,Rd,ten}$  (wobei  $M_{cy,Rd,com}$  und  $M_{cz,Rd,com}$  die Momententragfähigkeiten des Querschnitts um die jeweilige Achse bei Begrenzung durch die Druckspannung sind) muss in der Regel folgendes Kriterium erfüllt sein:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} - \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad (6.24)$$

### 6.1.9 Kombinierte Beanspruchung aus Druck und Biegung

(1) Bei Querschnitten unter gleichzeitiger Einwirkung von Druckkräften  $N_{Ed}$  und Biegemomenten  $M_{y,Ed}$  und  $M_{z,Ed}$  ist in der Regel folgender Nachweis zu erbringen:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} \leq 1 \quad (6.25)$$

mit  $N_{c,Rd}$  nach 6.1.3 und  $M_{cy,Rd,com}$  und  $M_{cz,Rd,com}$  nach 6.1.8.

(2) Die sich aus der Schwerachsenverschiebung ergebenden Zusatzmomente  $\Delta M_{y,Ed}$  und  $\Delta M_{z,Ed}$  werden folgendermaßen bestimmt:

$$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} e_{Ny}$$

$$\Delta M_{z,Ed} = N_{Ed} e_{Nz}$$

wobei  $e_{Ny}$  und  $e_{Nz}$  die Schwerachsenverschiebungen senkrecht zur y–y- und z–z-Achse infolge axialer Beanspruchung sind, siehe 6.1.3(3).

(3) Wenn  $M_{cy,Rd,ten} \leq M_{cy,Rd,com}$  oder  $M_{cz,Rd,ten} \leq M_{cz,Rd,com}$  sollte folgendes Kriterium erfüllt werden:

$$\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,ten}} - \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad (6.26)$$

mit  $M_{cy,Rd,ten}$  und  $M_{cz,Rd,ten}$  definiert in 6.1.8.

### 6.1.10 Kombinierte Beanspruchung aus Querkraft, Axialkraft und Biegung

(1) Bei Querschnitten unter gleichzeitiger Beanspruchung aus einer Axialkraft  $N_{Ed}$ , einem Biegemoment  $M_{Ed}$  und einer Querkraft  $V_{Ed}$  braucht infolge der Querkraft keinerlei Abminderung durchgeführt zu werden, solange  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{w,Rd}$  ist. Liegt die Querkraft oberhalb der Hälfte der Querkrafttragfähigkeit, ist in der Regel die folgende Gleichung einzuhalten:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) \left(\frac{2 V_{Ed}}{V_{w,Rd}} - 1\right)^2 \leq 1,0 \quad (6.27)$$

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

- $N_{Rd}$  die Tragfähigkeit des Querschnitts für Zug oder Druck nach 6.1.2 oder 6.1.3;  
 $M_{y,Rd}$  die Momententragfähigkeit eines Querschnitts nach 6.1.4;  
 $V_{w,Rd}$  die Bemessungsschubtragfähigkeit eines Stegs nach 6.1.5(1);  
 $M_{f,Rd}$  die plastische Momententragfähigkeit eines Querschnitts, der nur aus den wirksamen Flächen der Flansche gebildet wird, siehe EN 1993-1-5;  
 $M_{pl,Rd}$  die plastische Momententragfähigkeit eines Querschnitts, siehe EN 1993-1-5.

Bei Bauteilen und Profilblechen mit mehr als nur einem Steg ist  $V_{w,Rd}$  die Summe der Stegtragfähigkeiten, siehe auch EN 1993-1-5.

**6.1.11 Kombinierte Beanspruchung aus Biegung und lokaler Lasteinleitung oder Lagerreaktion**

(1) Bei Querschnitten mit gleichzeitiger Beanspruchung aus Biegung  $M_{Ed}$  und aus einer örtlichen Querlast  $F_{Ed}$  (Lasteinleitung oder Lagerreaktion) sind in der Regel folgende Bedingungen einzuhalten:

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1 \quad (6.28a)$$

$$F_{Ed} / R_{w,Rd} \leq 1 \quad (6.28b)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1,25 \quad (6.28c)$$

Dabei ist

- $M_{c,Rd}$  die Momententragfähigkeit des Querschnitts nach 6.1.4.1(1);  
 $R_{w,Rd}$  die Beanspruchbarkeit des Querschnitts für örtliche Lasteinleitung nach 6.1.7.

Das Biegemoment  $M_{Ed}$  in Gleichung (6.28c) darf am Rand des Auflagers ermittelt werden. Bei Bauteilen und Blechkonstruktionen mit mehr als einem Steg ist  $R_{w,Rd}$  die Summe der Beanspruchbarkeiten der Einzellstege.

**6.2 Stabilitätsnachweise für Bauteile**

**6.2.1 Allgemeines**

- (1) Bei Bauteilen, deren Querschnitte zu Forminstabilität neigen, sollte ein mögliches seitliches Ausknicken der Druckgurte und allgemein die Querbiegung der Gurte berücksichtigt werden.  
 (2) Der Einfluss örtlichen Blechbeulens und der Forminstabilität des Querschnitts auf die Tragfähigkeit ist in der Regel nach 5.5 zu berücksichtigen.

**6.2.2 Biegeknicken**

- (1) Die Tragfähigkeit  $N_{b,Rd}$  für Biegeknicken ist in der Regel nach EN 1993-1-1 mit der entsprechenden querschnittsabhängigen von der Biegeknickachse und der Materialfestigkeit abhängigen Knicklinie aus Tabelle 6.3 zu ermitteln, siehe (3).  
 (2) Für in Tabelle 6.3 nicht dargestellte Querschnitte sollte eine gleichwertige Knickspannungslinie angesetzt werden.

(3) Die Tragfähigkeit für Biegeknicken von zusammengesetzten, geschlossenen Querschnitten sollte wie folgt bestimmt werden:

- entweder mit Knickspannungslinie  $b$  auf der Grundlage der Nennstreckgrenze  $f_{yb}$  des Grundmaterials;
- oder mit Knickspannungslinie  $c$  auf der Grundlage der durchschnittlichen rechnerischen Streckgrenze  $f_{ya}$  des Bauteils nach der Kaltumformung, wie in 3.2.3 definiert, vorausgesetzt, dass  $A_{\text{eff}} = A_g$  ist.

### **6.2.3 Drillknicken und Biegedrillknicken**

(1) Bei Bauteilen mit punktsymmetrischem offenem Querschnitt (z. B. Z-Pfetten mit gleich großen Flanschen) sollte die Möglichkeit berücksichtigt werden, dass die Tragfähigkeit als Folge des Drillknickens geringer ist als beim Biegeknicken.

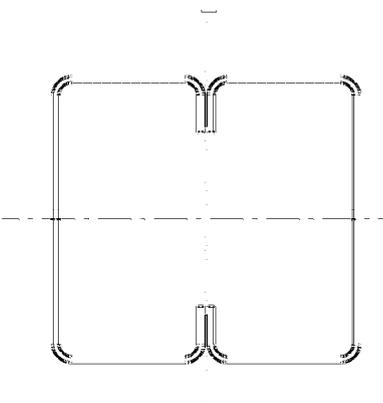
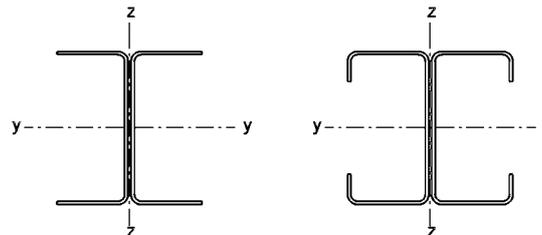
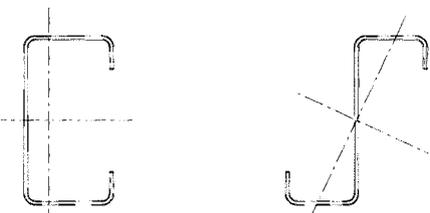
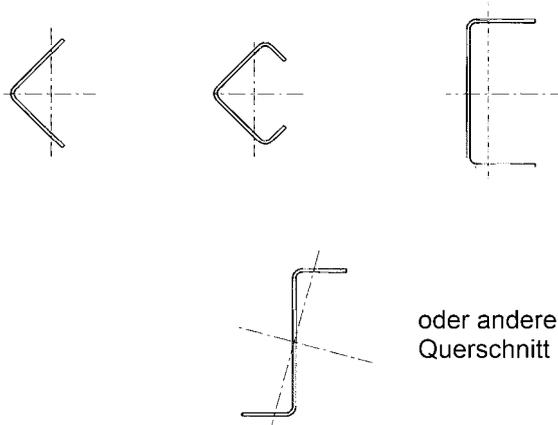
(2) Bei Bauteilen mit einfach symmetrischem Querschnitt, siehe Bild 6.12, sollte die Möglichkeit berücksichtigt werden, dass die Tragfähigkeit entweder als Folge des Drillknickens oder Biegedrillknickens geringer ist als beim Biegeknicken.

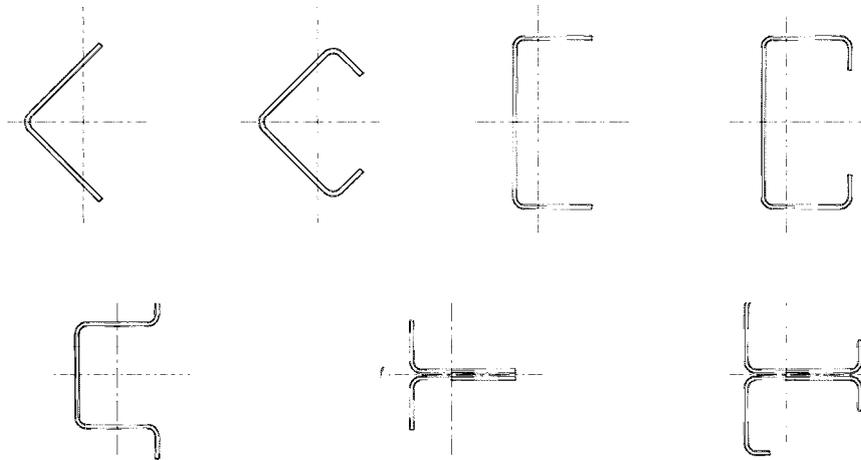
(3) Bei Bauteilen mit unsymmetrischem Querschnitt sollte die Möglichkeit berücksichtigt werden, dass die Tragfähigkeit entweder als Folge des Drillknickens oder Biegedrillknickens geringer ist als beim Biegeknicken.

(4) Die Tragfähigkeit  $N_{b,Rd}$  für Drillknicken oder Biegedrillknicken sollte nach EN 1993-1-1, 6.3.1.1 mit der maßgebenden Knickspannungslinie für Knicken senkrecht zur  $z$ - $z$ -Achse aus Tabelle 6.3 bestimmt werden.

DIN EN 1993-1-3:2010-12  
 EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)

Tabelle 6.3 — Knickspannungslinien für unterschiedliche Querschnittstypen

Querschnittstyp	Knicken senkrecht zur Achse	Knickspannungslinie
	bei Verwendung von $f_{yb}$	Jede
	bei Verwendung von $f_{ya}$ <sup>a</sup>	Jede
	y-y	a
	z-z	b
	Jede	b
 <p>oder anderer Querschnitt</p>	Jede	c
<p><sup>a</sup> Die durchschnittliche rechnerische Streckgrenze <math>f_{ya}</math> darf nur bei <math>A_{eff} = A_g</math> angesetzt werden.</p>		



**Bild 6.12 — Auf Biegedrillknicken zu untersuchende, einfach symmetrische Querschnitte**

(5) Die elastische kritische Last  $N_{cr,T}$  für Drillknicken beidseitig gelenkig gelagerter Stäbe lautet:

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_o^2} \left( G I_t + \frac{\pi^2 E I_w}{l_T^2} \right) \quad (6.33a)$$

mit:

$$i_o^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_o^2 + z_o^2 \quad (6.33b)$$

Dabei ist

$G$  der Schubmodul;

$I_t$  der Torsionswiderstand (St. Venant'sches Trägheitsmoment) des Gesamtquerschnitts;

$I_w$  der Wölbwiderstand des Gesamtquerschnitts;

$i_y$  der Trägheitsradius des Gesamtquerschnitts senkrecht zur  $y$ - $y$ -Achse;

$i_z$  der Trägheitsradius des Gesamtquerschnitts senkrecht zur  $z$ - $z$ -Achse;

$l_T$  die Bauteilknicklänge für Drillknicken;

$y_o, z_o$  die Koordinaten des Schubmittelpunkts bezogen auf den Schwerpunkt des Bruttoquerschnitts.

**AC**

(6) Bei doppelt symmetrischen Querschnitten (d. h.  $y_o = z_o = 0$ ) lautet die elastische kritische Last  $N_{cr}$ :

$$N_{cr} = N_{cr,i} \quad (6.34)$$

wobei  $N_{cr,i}$  mindestens aus den drei Werten  $N_{cr,y}$ ,  $N_{cr,z}$ ,  $N_{cr,T}$  ermittelt werden sollte. **AC**

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

(7) Bei Querschnitten mit einfacher Symmetrie um die  $y$ - $y$ -Achse (d. h.  $z_0 = 0$ ) gilt für die elastische kritische Last  $N_{cr,TF}$  für Biegedrillknicken:

$$N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,y}}{2\beta} \left[ 1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}\right)^2 + 4\left(\frac{y_0}{i_0}\right)^2 \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right] \quad (6.35)$$

mit:

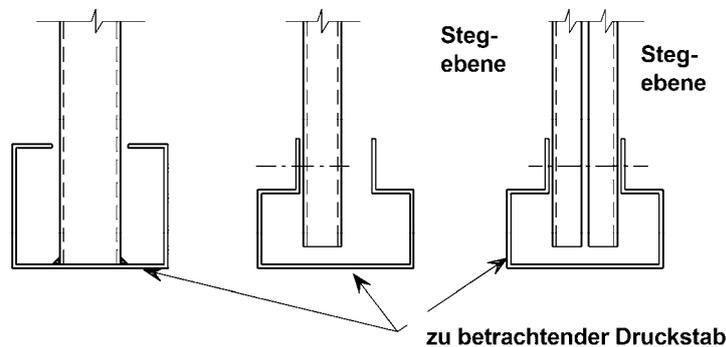
$$\beta = 1 - \left(\frac{y_0}{i_0}\right)^2.$$

**AC** Gleichung (6.35) gilt nur, wenn die Knicklänge für Drillknicken und die Knicklänge für Biegeknicken gleich sind, d. h.  $l_y = l_T$ . **AC**

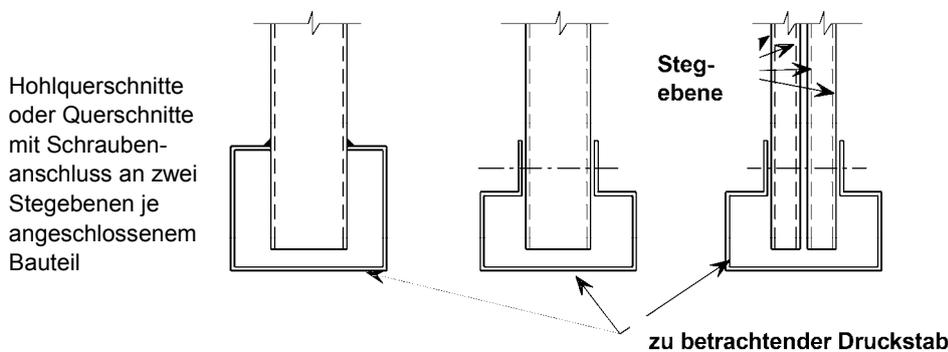
(8) Bei der Bestimmung der Knicklänge  $l_T$  für Drillknicken oder Biegedrillknicken sind in der Regel die Torsions- und Wölbbehinderungen an jedem Ende der Systemlänge  $L_T$  einzubeziehen.

(9) Bei praxisübliche Anschlüssen an jedem Ende darf der Wert für  $l_T/L_T$  folgendermaßen angesetzt werden:

- 1,0 bei Anschlüssen mit teilweiser Torsions- und Wölbbehinderung, siehe Bild 6.13a);
- 0,7 bei Anschlüssen mit erheblicher Torsions- und Wölbbehinderung, siehe Bild 6.13b).



a) Verbindungen mit teilweiser Torsions- und Verwölbungsbehinderung



b) Verbindungen mit erheblicher Torsions- und Verwölbungsbehinderung

**Bild 6.13 — Torsions- und Wölbbehinderungen bei praxisüblichen Stabanschlüssen**

### 6.2.4 Biegedrillknicken biegebeanspruchter Bauteile

(1) Die Tragfähigkeit biegebeanspruchter Träger gegenüber Biegedrillknicken sollte nach EN 1993-1-1, 6.3.2.2 mit den Knickspannungslinien  $b$  bestimmt werden.

(2) Dieses Verfahren ist bei Querschnitten, bei denen sich ein ausgeprägter Winkel zwischen den Hauptachsen des wirksamen Querschnitts gegenüber den Hauptachsen des Bruttoquerschnitts einstellt, nicht verwendbar.

### 6.2.5 Biegung und zentrische Druckkraft

(1) Die Interaktion zwischen Normalkraft und Biegemoment darf mit einer Bauteilberechnung nach Theorie 2. Ordnung nach EN 1993-1-1 mit den wirksamen Querschnitten nach 5.5 durchgeführt werden. Siehe auch 5.3.

(2) Alternativ kann die Interaktionsbeziehung (6.36) verwendet werden:

$$\left( \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right)^{0,8} + \left( \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \right)^{0,8} \leq 1,0 \quad (6.36)$$

Dabei ist  $N_{b,Rd}$  die Tragfähigkeit eines druckbeanspruchten Bauteils nach 6.2.2 (für Biegeknicken, Drillknicken und Biegedrillknicken) und  $M_{b,Rd}$  die Momententragfähigkeit nach 6.2.4. Das Biegemoment  $M_{Ed}$  enthält die Exzentrizität aus der Verschiebung der neutralen Achse.

## 6.3 Biegung und Zugkraft

(1) Es gelten die Interaktionsbeziehungen in 6.2.5.

## 7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

### 7.1 Allgemeines

(1) Die Regelungen zu den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit nach EN 1993-1-1, Abschnitt 7 gelten auch für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche.

(2) Die nach 5.1 bestimmten, wirksamen Querschnittswerte für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sollten bei allen Berechnungen zur Gebrauchstauglichkeit kaltgeformter, dünnwandiger Bauteile und Bleche angewendet werden.

(3) Das wirksame Flächenmoment 2. Grades darf vereinfacht als Interpolation zwischen Bruttoquerschnitt und wirksamem Querschnitt mit dem folgenden Ausdruck ermittelt werden:

$$I_{fic} = I_{gr} - \frac{\sigma_{gr}}{\sigma} (I_{gr} - I(\sigma)_{eff}) \quad (7.1)$$

Dabei ist

$I_{gr}$  das Flächenmoment 2. Grades des Bruttoquerschnitts;

$\sigma_{gr}$  die maximale Druckspannung am Bruttoquerschnitt im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Druckspannung positiv);

$I(\sigma)_{eff}$  das Flächenmoment 2. Grades des wirksamen Querschnitts aus der Berücksichtigung der Beuleinflüsse, berechnet für die Maximalspannung  $\sigma \geq \sigma_{gr}$ , die die größte Spannung innerhalb der betrachteten Berechnungslänge ist.

## DIN EN 1993-1-3:2010-12 EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)

(4) Das wirksame Flächenmoment 2. Grades  $I_{\text{eff}}$  (oder  $I_{\text{fic}}$ ) darf als über die Stützweite veränderlich angenommen werden. Alternativ darf ein konstanter Wert, der sich auf den maximalen Momentenbetrag unter Gebrauchslasten bezieht, angesetzt werden.

### 7.2 Plastische Verformungen

(1) Bei Anwendung der Fließgelenktheorie sollte bei gleichzeitigem Auftreten von Stützmoment und Auflagerkraft an einer Zwischenstützung die 0,9-fache Beanspruchbarkeit, gerechnet mit  $\gamma_{M,\text{ser}}$ , siehe Abschnitt 2(5), nicht überschritten werden.

(2) Diese Beanspruchbarkeit darf nach 6.1.11 mit der wirksamen Querschnittsfläche für den Gebrauchszustand und  $\gamma_{M,\text{ser}}$  ermittelt werden.

### 7.3 Durchbiegungen

(1) Verformungen dürfen nach der Elastizitätstheorie berechnet werden.

(2) Der Einfluss von Schlupf in den Anschlüssen (zum Beispiel bei Durchlaufträgern mit Kopplungsstücken und Überlappungsstößen) ist bei der Berechnung von Verformungen und Schnittgrößen in der Regel zu berücksichtigen.

## 8 Verbindungen

### 8.1 Allgemeines

(1) Die Bemessungsannahmen und Anforderungen von Anschlüssen gehen aus EN 1993-1-8 hervor.

(2) Die folgenden Regelungen betreffen Blechkerndicken  $t_{\text{cor}} \leq 4$  mm, für die EN 1993-1-8 nicht gilt.

### 8.2 Stöße und Endanschlüsse druckbeanspruchter Bauteile

(1) Stöße und Endanschlüsse druckbeanspruchter Bauteile sollten entweder mindestens die gleiche Beanspruchbarkeit wie die Bauteilquerschnitte aufweisen oder für die Schnittgrößen  $N_{\text{Ed}}$ ,  $M_{y,\text{Ed}}$  und  $M_{z,\text{Ed}}$  aus der Tragwerksberechnung und den Zusatzschnittgrößen nach Theorie 2. Ordnung im Bauteil ausgelegt sein.

(2) Falls keine Bauteilberechnung nach Theorie 2. Ordnung erfolgt, sollte dieses zusätzliche Biegemoment  $\Delta M_{\text{Ed}}$  auf die Querschnittsachse bezogen werden, die den kleinsten Abminderungsbeiwert  $\chi$  für Biegeknicken ergibt, siehe [AC](#) 6.2.2(1) [AC](#). Das zusätzliche Biegemoment ist:

$$\Delta M_{\text{Ed}} = N_{\text{Ed}} \left( \frac{1}{\chi} - 1 \right) \frac{W_{\text{eff}}}{A_{\text{eff}}} \sin \frac{\pi a}{l} \quad (8.1a)$$

Dabei ist

$A_{\text{eff}}$  die wirksame Querschnittsfläche;

$a$  der Abstand des Stoßes oder Anschlusses zum nächsten Momentennullpunkt;

$l$  die Knicklänge des Stabes zwischen den Momentennullpunkten für Knicken um die maßgebende Achse;

$W_{\text{eff}}$  das Widerstandsmoment des wirksamen Querschnitts für Biegung um die maßgebende Achse.

Stöße und Endanschlüsse sollten für eine zusätzliche Querkraft bemessen werden:

$$\Delta V_{Ed} = \frac{\pi N_{Ed}}{l} \left( \frac{1}{\chi} - 1 \right) \frac{W_{eff}}{A_{eff}} \quad (8.1b)$$

(3) Stöße und Anschlüsse sind in der Regel so zu gestalten, dass die Kräfte zu den wirksamen Querschnitten geführt werden.

(4) Wenn die konstruktive Durchbildung am Bauteilende so ist, dass die Wirkungslinie der Kraft nicht eindeutig ist, sollte eine angemessene Lastexzentrizität angenommen werden. Das daraus resultierende Moment sollte beim Bauteil und bei den Stößen und Anschlüssen berücksichtigt werden.

### 8.3 Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln

(1) Verbindungen mit mechanischen Verbindungselementen sollten kompakt gestaltet sein. Bei der Positionierung der Verbindungsmittel ist auf ausreichend Platz für Montage und Wartung zu achten.

ANMERKUNG Näheres enthält EN 1993-1-8.

(2) Die von den einzelnen Verbindungsmitteln zu übertragenden Scherkräfte dürfen als gleichmäßig verteilt angenommen werden, vorausgesetzt, dass:

- die Verbindungsmittel über ausreichende Duktilität verfügen;
- Abscheren nicht die kritische Versagensform ist.

(3) Bei der rechnerischen Bemessung sind die Tragfähigkeiten von überwiegend statisch beanspruchten Verbindungsmitteln aus folgenden Tabellen zu entnehmen:

- Tabelle 8.1 Blindniete;
- Tabelle 8.2 gewindeformende Schrauben und Bohrschrauben;
- Tabelle 8.3 Setzbolzen;
- Tabelle 8.4 Schrauben.

ANMERKUNG Zur Bestimmung der Tragfähigkeiten mechanischer Verbindungsmittel durch Versuche, siehe 9(4).

(4) In den Tabellen 8.1 bis 8.4 haben die Formelzeichen folgende Bedeutungen:

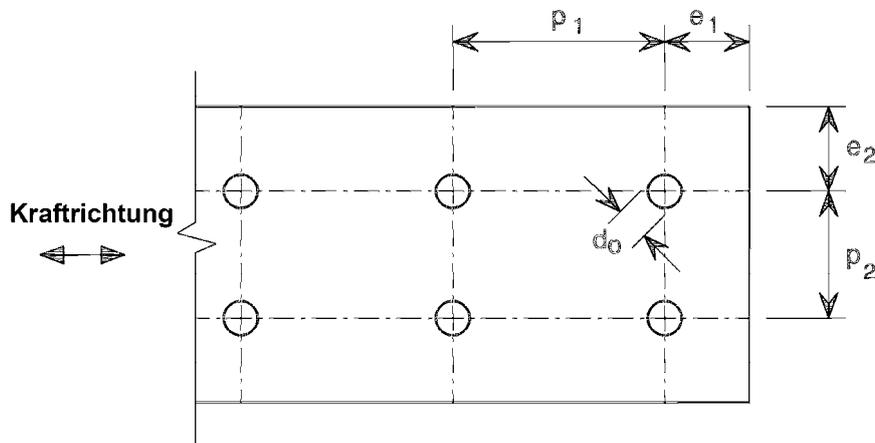
- |              |  |
|--------------|--|
| $A$          | Gesamtquerschnittsfläche eines Verbindungsmittels;               |
| $A_s$        | Spannungsquerschnitt eines Verbindungsmittels;                   |
| $A_{net}$    | Nettoquerschnitt des angeschlossenen Bauteils;                   |
| $\beta_{Lf}$ | der Abminderungsbeiwert für lange Verbindungen nach EN 1993-1-8; |
| $d$          | der Nenndurchmesser des Verbindungsmittels;                      |
| $d_o$        | Nenndurchmesser des Schrauben- oder Nietloches;                  |
| $d_w$        | Durchmesser der Unterlegscheibe oder des Schraubenkopfes;        |

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

- $e_1$  Randabstand in Krafrichtung, gemessen vom Mittelpunkt des Verbindungselementes bis zum benachbarten Rand des angeschlossenen Bauteils, siehe Bild 8.1;
- $e_2$  Randabstand quer zur Krafrichtung, gemessen vom Mittelpunkt des Verbindungselementes bis zum benachbarten Rand des Bauteils, siehe Bild 8.1;
- $f_{ub}$  Zugfestigkeit des Werkstoffs des Verbindungsmittels;
- $f_{u,sup}$  Zugfestigkeit des Bauteils, in dem die Gewindeformschraube befestigt ist;
- $n$  Anzahl der Bleche, die durch eine Gewindeformschraube oder einen Setzbolzen mit dem Bauteil verbunden werden;
- $n_f$  die Anzahl der Verbindungsmittel in einer Verbindung;
- $p_1$  Lochabstand bezogen auf die Lochmitten in Krafrichtung, siehe Bild 8.1;
- $p_2$  Lochabstand bezogen auf die Lochmitten quer zur Krafrichtung, siehe Bild 8.1;
- $t$  Dicke des dünneren Bleches in der Verbindung;
- $t_1$  Dicke des dickeren Bleches in der Verbindung;
- $t_{sup}$  Dicke des Bauteils, in dem die Gewindeformschraube oder der Setzbolzen befestigt ist.

(5) Der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  zur Berechnung der Beanspruchbarkeit des Verbindungsmittels ist  $\gamma_{M2}$ .

ANMERKUNG Der Wert  $\gamma_{M2}$  kann im nationalen Anhang enthalten sein. Es wird der Wert  $\gamma_{M2} = 1,25$  empfohlen.



**Bild 8.1 — Rand- und Zwischenabstände von Verbindungsmitteln und Punktschweißungen**

(6) Liegt die Grenzzugkraft  $F_{o,Rd}$  für Ausreißen eines Verbindungsmittels unter der für Durchknöpfen  $F_{p,Rd}$ , ist die Verformungsfähigkeit in der Regel durch Versuche zu ermitteln.

(7) Die Beanspruchbarkeiten für Durchknöpfen nach Tabellen 8.2 und 8.3 für Bohrschrauben und Setzbolzen sind in der Regel abzumindern, wenn das Verbindungselement nicht mittig in einer Trapez-Rippe angebracht ist. Bei Befestigung eines Verbindungselementes im Viertelpunkt der Rippenbreite sollte die Grenzzugkraft auf  $0,9F_{p,Rd}$  abgemindert werden und bei Befestigung zweier Verbindungselemente in den Viertelpunkten gilt  $0,7F_{p,Rd}$  je Verbindungselement, siehe Bild 8.2.

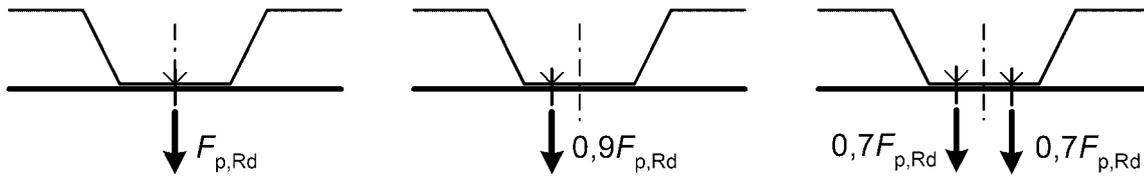


Bild 8.2 — Reduktion der Zugbeanspruchbarkeit nach Lage der Befestigung

(8) Wenn sowohl  $F_{t,Rd}$  als auch  $F_{v,Rd}$  durch Berechnung nach den Tabellen 8.1 bis 8.4 ermittelt wurden, kann die Beanspruchbarkeit bei gleichzeitiger Wirkung von Scher- und Zugkräften wie folgt nachgewiesen werden.

$$\frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{p,Rd}, F_{o,Rd})} + \frac{F_{v,Ed}}{\min(F_{b,Rd}, F_{n,Rd})} \leq 1 \quad (8.2)$$

(9) Blechprofilverformungen brauchen nicht nachgewiesen zu werden, wenn die Gurtbreite bei einer einzelnen Befestigung 150 mm nicht überschreitet und die Beanspruchbarkeiten nach den Tabellen 8.1 bis 8.4 eingehalten werden.

(10) Der Bohrl Lochdurchmesser für Gewindeformschrauben sollte nach den Anweisungen des Schraubenherstellers eingehalten werden. Diesen Anweisungen sollten folgende Kriterien zugrunde liegen:

- das anzuwendende Drehmoment sollte größer als das Gewindeformschneidmoment sein;
- das anzuwendende Drehmoment ist geringer als das Gewindeformabschermoment oder das Bruchdrehmoment für den Schraubenkopf;
- das Einschraubmoment sollte geringer als 2/3 des Bruchdrehmomentes des Schraubenkopfes sein.

(11) Bei langen Verbindungen sollte der Abminderungsbeiwert  $\beta_{Lf}$  nach EN 1993-1-8, 3.8 berücksichtigt werden.

(12) Die Bemessungsregeln für Blindniete gelten nur, wenn der Lochdurchmesser nicht um mehr als 0,1 mm größer als der Nietdurchmesser ist.

(13) Zu Schrauben M12 und M14 mit Lochdurchmessern, die 2 mm größer als der Schraubendurchmesser sind, wird auf EN 1993-1-8 verwiesen.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 8.1 — Beanspruchbarkeit von Blindnieten<sup>a</sup>**

<b>Niete mit Scherbeanspruchung:</b>	
<u>Grenzlochleibungskraft:</u> $F_{b,Rd} = \alpha f_u d t / \gamma_{M2}$ jedoch $F_{b,Rd} \leq f_u e_1 t / (1,2 \gamma_{M2})$	
Für $\alpha$ gilt:	<p>– wenn <math>t = t_1</math>: <math>\alpha = 3,6 \sqrt{t/d}</math> jedoch <math>\alpha \leq 2,1</math></p> <p>– wenn <math>t_1 \geq 2,5 t</math>: <math>\alpha = 2,1</math></p> <p>– wenn <math>t &lt; t_1 &lt; 2,5 t</math>: <math>\alpha</math> ist durch lineare Interpolation zu bestimmen.</p>
<u>Grenzzugkraft im Nettoquerschnitt des Blechs:</u> $F_{n,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2}$	
<u>Grenzabscherkraft:</u> Die Grenzabscherkraft $F_{v,Rd}$ ist durch Versuche zu ermitteln <sup>*1)</sup> und in der Form $F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{M2}$ darzustellen.	
<u>Bedingungen:</u> <sup>d</sup> $F_{v,Rd} \geq 1,2 F_{b,Rd} / (n_f \beta_{Lf})$ oder $F_{v,Rd} \geq 1,2 F_{n,Rd}$	
<b>Niete mit Zugbeanspruchung:<sup>b</sup></b>	
<u>Grenzzugkraft für Durchknöpfen:</u>	Die Grenzzugkraft $F_{p,Rd}$ für Durchknöpfen ist durch Versuche zu bestimmen <sup>*1)</sup> .
<u>Grenzzugkraft für Ausreißen:</u>	Bei Blindnieten nicht relevant.
<u>Grenzzugkraft bei Schaftbruch:</u>	Die Grenzzugkraft $F_{t,Rd}$ der Niete ist durch Versuche zu ermitteln <sup>*1)</sup> .
<u>Bedingungen:</u> $F_{t,Rd} \geq \Sigma F_{p,Rd}$	
<b>Anwendungsgrenzen:<sup>c</sup></b>	
$e_1 \geq 1,5 d$	$p_1 \geq 3 d$ $2,6 \text{ mm} \leq d \leq 6,4 \text{ mm}$
$e_2 \geq 1,5 d$	$p_2 \geq 3 d$
$f_u \leq 550 \text{ N/mm}^2$	
<p><sup>a</sup> Diese Tabelle gilt, wenn der Setzkopf am dünneren Blech liegt.</p> <p><sup>b</sup> Blindniete werden in der Regel nicht bei Zugbeanspruchungen eingesetzt.</p> <p><sup>c</sup> Blindniete dürfen außerhalb der Anwendungsgrenzen eingesetzt werden, wenn die Tragfähigkeit durch Versuche ermittelt wird.</p> <p><sup>d</sup> Die geforderten Bedingungen sollten erfüllt werden, wenn Verformungskapazität der Verbindung benötigt wird. Werden die Bedingungen nicht erfüllt, ist sicherzustellen, dass die erforderliche Verformungskapazität durch andere Bauteile sichergestellt werden kann.</p> <p>ANMERKUNG<sup>*1)</sup> Der nationale Anhang darf Weiteres zur Grenzabscherkraft, Beanspruchbarkeit bei Durchknöpfen und Grenzzugkräften bei Zugbeanspruchung von Blindnieten enthalten.</p>	

Tabelle 8.2 — Beanspruchbarkeit von Gewindeformschrauben<sup>a</sup>

<b>Gewindeformschrauben mit Scherbeanspruchung:</b>			
<u>Grenzlochleibungskraft:</u>	$F_{b,Rd}$	=	$\alpha f_u d t / \gamma_{M2}$
Für $\alpha$ gilt:	– wenn $t = t_1$ :	$\alpha = 3,2 \sqrt{t/d}$	jedoch $\alpha \leq 2,1$
	– wenn $t_1 \geq 2,5 t$ und $t < 1,0$ mm:	$\alpha = 3,2 \sqrt{t/d}$	jedoch $\alpha \leq 2,1$
	– wenn $t_1 \geq 2,5 t$ und $t \geq 1,0$ mm:	$\alpha = 2,1$	
	– wenn $t < t_1 < 2,5 t$ :	$\alpha$ ist durch lineare Interpolation zu bestimmen.	
<u>Grenzzugkraft im Nettoquerschnitt des Blechs:</u>	$F_{n,Rd}$	=	$A_{net} f_u / \gamma_{M2}$
<u>Grenzabscherkraft:</u>	Die Grenzabscherkraft $F_{v,Rd}$ ist durch Versuche zu ermitteln <sup>*2)</sup> und in der Form		
	$F_{v,Rd}$	=	$F_{v,Rk} / \gamma_{M2}$ darzustellen
<u>Bedingungen:</u> <sup>d</sup>	$F_{v,Rd} \geq 1,2 F_{b,Rd}$	oder	$\Sigma F_{v,Rd} \geq 1,2 F_{n,Rd}$
<b>Gewindeformschrauben bei Zugbeanspruchung:</b>			
<u>Beanspruchbarkeit für Durchknöpfen:</u> <sup>b</sup>			
– für statische Belastung:	$F_{p,Rd} = d_w t f_u / \gamma_{M2}$		
– bei Windbelastung und gleichzeitigem Auftreten von Wind und statischer Belastung:	$F_{p,Rd} = 0,5 d_w t f_u / \gamma_{M2}$		
<u>Beanspruchbarkeit für Ausreißen:</u>	Wenn $t_{sup} / s < 1$ :	$F_{o,Rd} =$	$0,45 d t_{sup} f_{u,sup} / \gamma_{M2}$
(s ist die Gewindesteigung)	Wenn $t_{sup} / s \geq 1$ :	$F_{o,Rd} =$	$0,65 d t_{sup} f_{u,sup} / \gamma_{M2}$
<u>Grenzzugkraft bei Schaftbruch:</u>	Die Grenzzugkraft $F_{t,Rd}$ ist durch Versuche zu ermitteln <sup>*2)</sup> .		
<u>Bedingungen:</u> <sup>d</sup>	$F_{t,Rd} \geq \Sigma F_{p,Rd}$	oder	$F_{t,Rd} \geq F_{o,Rd}$
<b>Anwendungsgrenzen:</b> <sup>c</sup>			
<u>Allgemein:</u>	$e_1 \geq 3d$ $e_2 \geq 1,5d$	$p_1 \geq 3d$ $p_2 \geq 3d$	$3,0 \text{ mm} \leq d \leq 8,0 \text{ mm}$
<u>Bei Zugbeanspruchung:</u>	$0,5 \text{ mm} \leq t \leq 1,5 \text{ mm}$	und	$t_1 \geq 0,9 \text{ mm}$ $f_u \leq 550 \text{ N/mm}^2$
<sup>a</sup>	Diese Tabelle gilt, wenn der Schraubenkopf am dünneren Blech liegt.		
<sup>b</sup>	Die angegebenen Werte setzen voraus, dass die Unterlegscheibe ausreichende Steifigkeit hat, um größere Verformungen oder ein Durchknöpfen des Schraubenkopfes zu verhindern.		
<sup>c</sup>	Gewindeformschrauben dürfen außerhalb der Anwendungsgrenzen eingesetzt werden, wenn die Tragfähigkeit durch Versuche ermittelt wird.		
<sup>d</sup>	Die geforderten Bedingungen sollten erfüllt werden, wenn Verformungskapazität der Verbindung benötigt wird. Werden die Bedingungen nicht erfüllt, ist sicherzustellen, dass die erforderliche Verformungskapazität durch andere Bauteile sichergestellt werden kann.		
<b>ANMERKUNG<sup>*2)</sup></b> Der nationale Anhang darf Weiteres zur Grenzabscherkraft und Grenzzugkraft von Gewindeformschrauben enthalten.			

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 8.3 — Beanspruchbarkeit von Setzbolzen**

<b>Setzbolzen mit Scherbeanspruchung:</b>	
<u>Grenzlochleibungskraft:</u>	$F_{b,Rd} = 3,2 f_u d t / \gamma_{M2}$
<u>Grenzzugkraft im Nettoquerschnitt:</u>	$F_{n,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2}$
<u>Grenzabscherkraft:</u>	Die Grenzabscherkraft $F_{v,Rd}$ ist durch Versuche zu ermitteln <sup>*3)</sup> und in der Form $F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{M2}$ darzustellen
<u>Bedingungen:</u> <sup>c</sup>	$F_{v,Rd} \geq 1,5 \Sigma F_{b,Rd}$ oder $\Sigma F_{v,Rd} \geq 1,5 F_{n,Rd}$
<b>Setzbolzen mit Zugbeanspruchung:</b>	
<u>Grenzzugkraft für Durchknöpfen:</u> <sup>a</sup>	
– für statische Belastung:	$F_{p,Rd} = d_w t f_u / \gamma_{M2}$
– bei Windbelastung und gleichzeitigem Auftreten von Wind und statischer Belastung:	$F_{p,Rd} = 0,5 d_w t f_u / \gamma_{M2}$
<u>Beanspruchbarkeit für Ausreißen:</u>	Die Beanspruchbarkeit für Ausreißen $F_{o,Rd}$ ist durch Versuche zu ermitteln <sup>*3)</sup> .
<u>Grenzzugkraft bei Schaftbruch:</u>	Die Grenzzugkraft $F_{t,Rd}$ ist durch Versuche zu ermitteln <sup>*3)</sup> .
<u>Bedingungen:</u> <sup>c</sup>	$F_{o,Rd} \geq \Sigma F_{p,Rd}$ oder $F_{t,Rd} \geq F_{o,Rd}$
<b>Anwendungsgrenzen:</b> <sup>b</sup>	
<u>Allgemein:</u>	$e_1 \geq 4,5 d$ $3,7 \text{ mm} \leq d \leq 6,0 \text{ mm}$ $e_2 \geq 4,5 d$ bei $d = 3,7 \text{ mm}$ : $t_{sup} \geq 4,0 \text{ mm}$ $p_1 \geq 4,5 d$ bei $d = 4,5 \text{ mm}$ : $t_{sup} \geq 6,0 \text{ mm}$ $p_2 \geq 4,5 d$ bei $d = 5,2 \text{ mm}$ : $t_{sup} \geq 8,0 \text{ mm}$ $f_u \leq 550 \text{ N/mm}^2$
<u>Bei Zugbeanspruchung:</u>	$0,5 \text{ mm} \leq t \leq 1,5 \text{ mm}$ $t_{sup} \geq 6,0 \text{ mm}$
<sup>a</sup>	Die angegebenen Werte setzen voraus, dass die Unterlegscheibe ausreichende Steifigkeit hat, um größere Verformungen oder ein Durchknöpfen des Schraubenkopfes zu verhindern.
<sup>b</sup>	Setzbolzen dürfen außerhalb der Anwendungsgrenzen eingesetzt werden, wenn die Tragfähigkeit durch Versuche ermittelt wird.
<sup>c</sup>	Die geforderten Bedingungen sollten erfüllt werden, wenn Verformungskapazität der Verbindung benötigt wird. Werden die Bedingungen nicht erfüllt, ist sicherzustellen, dass die erforderliche Verformungskapazität durch andere Bauteile sichergestellt werden kann.
<b>ANMERKUNG<sup>*3)</sup></b> Der nationale Anhang darf Weiteres zur Grenzabscherkraft, Beanspruchbarkeit bei Durchknöpfen und Grenzzugkraft von zugbeanspruchten Setzbolzen enthalten.	

Tabelle 8.4 — Beanspruchbarkeit von Schrauben

<b>Schrauben mit Scherbeanspruchung:</b>	
<u>Grenzlochleibungskraft:</u> <sup>b</sup>	
$F_{b,Rd} = 2,5\alpha_b k_t f_u d t / \gamma_{M2}$ $\alpha_b$ ist der kleinere Wert von 1,0 und $e_1 / (3d)$	
$k_t = (0,8 t + 1,5) / 2,5$ , wenn $0,75 \text{ mm} \leq t \leq 1,25 \text{ mm}$ ; $k_t = 1,0$ , wenn $t > 1,25 \text{ mm}$	
<u>Grenzzugkraft im Nettoquerschnitt:</u>	
$F_{n,Rd} = (1 + 3r(d_o/u - 0,3)) A_{net} f_u / \gamma_{M2}$ jedoch $F_{n,Rd} \leq A_{net} f_u / \gamma_{M2}$	
mit: $r = [\text{Anzahl der Schrauben im Querschnitt}] / [\text{Gesamtanzahl der Schrauben in der Verbindung}]$	
$u = 2e_2$ jedoch $u \leq p_2$	
<u>Grenzabscherkraft:</u>	
— für die Festigkeitsklassen 4.6, 5.6 und 8.8:	
$F_{v,Rd} = 0,6 f_{ub} A_s / \gamma_{M2}$	
— für die Festigkeitsklassen 4.8, 5.8, 6.8 und 10.9:	
$F_{v,Rd} = 0,5 f_{ub} A_s / \gamma_{M2}$	
<u>Bedingungen:</u> <sup>c</sup> $F_{v,Rd} \geq 1,2 \Sigma F_{b,Rd}$ oder $\Sigma F_{v,Rd} \geq 1,2 F_{n,Rd}$	
<b>Schrauben mit Zugbeanspruchung:</b>	
<u>Grenzzugkraft für Durchknöpfen:</u>	Die Beanspruchbarkeit $F_{p,Rd}$ für Durchknöpfen ist durch Versuche zu ermitteln <sup>*4)</sup> .
<u>Beanspruchbarkeit für Ausreißen:</u>	bei Schrauben nicht maßgebend.
<u>Grenzzugkraft für Schaftbruch:</u>	$F_{t,Rd} = 0,9 f_{ub} A_s / \gamma_{M2}$
<u>Bedingungen:</u> <sup>c</sup> $F_{t,Rd} \geq \Sigma F_{p,Rd}$	
<b>Anwendungsgrenzen:</b> <sup>a</sup>	
$e_1 \geq 1,0 d_0$ $p_1 \geq 3 d_0$ $\boxed{AC} 0,75 \text{ mm} \leq t < 3 \text{ mm} \boxed{AC}$	Minstdurchmesser: M 6
$e_2 \geq 1,5 d_0$ $p_2 \geq 3 d_0$	Festigkeitsklassen: 4.6 – 10.9
$f_u \leq 550 \text{ N/mm}^2$	
<sup>a</sup> Schrauben dürfen außerhalb der Anwendungsgrenzen eingesetzt werden, wenn die Tragfähigkeit durch Versuche ermittelt wird.	
<sup>b</sup> Bei Blechdicken größer oder gleich 3 mm gelten die Regelungen für Schraubenverbindungen in EN 1993-1-8.	
<sup>c</sup> Die geforderten Bedingungen sollten erfüllt werden, wenn Verformungskapazität der Verbindung benötigt wird. Werden die Bedingungen nicht erfüllt, ist sicherzustellen, dass die erforderliche Verformungskapazität durch andere Bauteile sichergestellt werden kann.	
ANMERKUNG <sup>*4)</sup> Der nationale Anhang darf Weiteres zur Beanspruchbarkeit für Durchknöpfen von zugbeanspruchten Schrauben enthalten.	

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

### 8.4 Punktschweißungen

(1) Punktschweißverbindungen dürfen bei schwarzem oder verzinktem Grundmaterial bis zu 4 mm Dicke zur Anwendung kommen, wobei die Dicke des dünneren angeschlossenen Blechs höchstens 3 mm betragen darf.

(2) Punktschweißverbindungen dürfen entweder als Widerstands- oder Schmelzpunktschweißungen ausgeführt werden.

(3) Der Grenzausscherkraft  $F_{v,Rd}$  einer Punktschweißverbindung ergibt sich aus Tabelle 8.5.

(4) Die Formelzeichen in Tabelle 8.5 bedeuten:

$A_{net}$  ist der Nettoquerschnitt des angeschlossenen Bauteils;

$n_w$  ist die Anzahl von Punktschweißungen in einer Verbindung;

$t$  ist die Blechdicke des dünneren angeschlossenen Bauteils in mm;

$t_1$  ist die Blechdicke des dickeren angeschlossenen Bauteils in mm.

Die Randabstände  $e_1$  und  $e_2$  sowie die Zwischenabstände  $p_1$  und  $p_2$  sind wie in 8.3(5) definiert.

(5) Der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  für die Berechnung des Beanspruchbarkeiten von Punktschweißverbindungen ist  $\gamma_{M2}$ .

ANMERKUNG Der nationale Anhang bestimmt über den Wert für  $\gamma_{M2}$ . Ein Wert von  $\gamma_{M2} = 1,25$  wird empfohlen.

**Tabelle 8.5 — Beanspruchbarkeit für Punktschweißverbindungen**

<b>Punktschweißverbindungen mit Scherbeanspruchung:</b>	
<u>Beanspruchbarkeit auf Lochleibung:</u>	
— wenn $t \leq t_1 \leq 2,5 t$ :	
$F_{tb,Rd}$	$= 2,7 \sqrt{t} d_s f_u / \gamma_{M2}$ mit t in mm
— wenn $t_1 > 2,5 t$ :	
$F_{tb,Rd}$	$= 2,7 \sqrt{t} d_s f_u / \gamma_{M2}$ jedoch $F_{tb,Rd} \leq 0,7 d_s^2 f_u / \gamma_{M2}$ und $F_{tb,Rd} \leq 3,1 t d_s f_u / \gamma_{M2}$
<u>Grenzscherkraft auf Randversagen:</u>	$F_{e,Rd} = 1,4 t e_1 f_u / \gamma_{M2}$
<u>Grenzzugkraft im Nettoquerschnitt des Blechs:</u>	$F_{n,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2}$
<u>Grenzausscherkraft:</u>	$F_{v,Rd} = \frac{\pi}{4} d_s^2 f_u / \gamma_{M2}$
<u>Bedingungen:</u> $F_{v,Rd} \geq 1,25 F_{tb,Rd}$ oder $F_{v,Rd} \geq 1,25 F_{e,Rd}$ oder $\Sigma F_{v,Rd} \geq 1,25 F_{n,Rd}$	
<b>Anwendungsgrenzen:</b>	
$2 d_s \leq e_1 \leq 6 d_s$	$3 d_s \leq p_1 \leq 8 d_s$
$e_2 \leq 4 d_s$	$3 d_s \leq p_2 \leq 6 d_s$

(6) Der Schweißlinsendurchmesser  $d_s$  ist in der Regel wie folgt zu bestimmen:

— bei Schmelzpunktschweißung:  $d_s = 0,5t + 5 \text{ mm}$  (8.3a)

— bei Widerstandsschweißung:  $d_s = 5\sqrt{t}$  mit  $t$  in mm (8.3b)

(7) Der bei der Schweißung tatsächlich ausgeführte Wert  $d_s$  sollte durch Scherversuche nach Abschnitt 9 an Proben mit einfachen Überlappungsstößen nach Bild 8.3 festgestellt werden. Die Materialdicke  $t$  des Probekörpers sollte dabei der des Anwendungsfalls entsprechen.

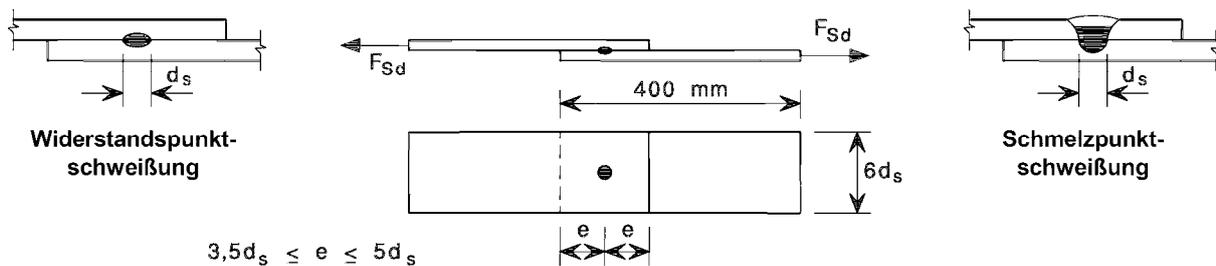


Bild 8.3 — Probekörper für Scherversuche an Punktschweißverbindungen

## 8.5 Überlappungsstöße

### 8.5.1 Allgemeines

(1) 8.5 sollte für die Bemessung von lichtbogengeschweißten Überlappungsstößen bei Materialdicken bis höchstens 4 mm gelten. Bei größerer Dicke werden Überlappungsstöße nach EN 1993-1-8 bemessen.

(2) Die Dicke der Schweißnaht ist in der Regel so festzulegen, dass die Beanspruchbarkeit der Verbindung durch das angeschlossene Blechstück und nicht durch die Schweißnaht bestimmt wird.

(3) Die Bedingung (2) kann als erfüllt gelten, wenn die Schweißnahtdicke mindestens der Dicke des zu verbindenden Teils entspricht.

(4) Der Bauteilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  zur Berechnung der Beanspruchbarkeiten der Überlappungsstöße ist  $\gamma_{M2}$ .

ANMERKUNG Der nationale Anhang darf über die Größe von  $\gamma_{M2}$  bestimmen. Es wird  $\gamma_{M2} = 1,25$  empfohlen.

### 8.5.2 Kehlnähte

(1) Der Beanspruchbarkeit  $F_{w,Rd}$  einer Kehlnahtverbindung ist in der Regel wie folgt zu ermitteln:

— bei paarweiser Anordnung für jede Flankenkehlnaht:

$$F_{w,Rd} = t L_{w,s} (0,9 - 0,45 L_{w,s} / b) f_u / \gamma_{M2} \quad \text{wenn } L_{w,s} \leq b \quad (8.4a)$$

$$F_{w,Rd} = 0,45 t b f_u / \gamma_{M2} \quad \text{wenn } L_{w,s} > b \quad (8.4b)$$

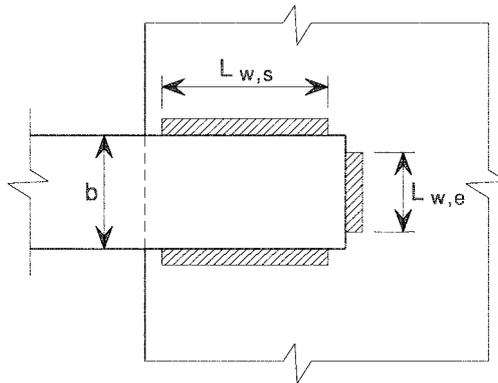
— bei Stirnkehlnähten:

$$F_{w,Rd} = t L_{w,e} (1 - 0,3 L_{w,e} / b) f_u / \gamma_{M2} \quad [\text{für eine Naht und wenn } L_{w,s} \leq b] \quad (8.4c)$$

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

- $b$  die Breite des anzuschließenden Bauteils, siehe Bild 8.4;  
 $L_{w,e}$  ist die wirksame Länge der Stirnkehlnaht, siehe Bild 8.4;  
 $L_{w,s}$  die wirksame Länge einer Längskehlnaht, siehe Bild 8.4.



**Bild 8.4 — Überlappungsstoß mit Kehlnähten**

(2) Bei einer Kombination von Stirn- und Flankenkehlnähten ergibt sich die Beanspruchbarkeit der Verbindung aus der Summe der Beanspruchbarkeiten beider Kehlnahtformen. Die Position des Schwerpunkts und eine realistische Beanspruchungsverteilung sollten dabei beachtet werden.

(3) Die wirksame Länge  $L_w$  einer Kehlnaht ist die Gesamtlänge der Naht einschließlich der Eckausrundungen. Bei konstanter Dicke der Kehlnaht ist kein Abzug der Länge für Anfang und Ende der Naht erforderlich.

(4) Kehlnähte mit einer geringeren Länge als die achtfache Dicke des dünneren Verbindungsstücks sind in der Regel nicht zur Kraftübertragung heranzuziehen.

### 8.5.3 Lochschweißungen

(1) Lochschweißungen sollten nur zur Übertragung von Scherkräften eingesetzt werden.

(2) Lochschweißungen sollten nur bis zu einer Gesamtdicke  $\Sigma t$  von maximal 4 mm der zu verbindenden Bleche angewandt werden.

(3) Lochschweißungen sollten einen Linsendurchmesser  $d_s$  von mindestens 10 mm aufweisen.

(4) Bei Blechen mit geringerer Dicke als 0,7 mm sollte ein Schweißring nach Bild 8.5 verwendet werden.

(5) Lochschweißungen sollten mit passenden Randabständen ausgeführt werden, wie folgt:

i) Für den Abstand parallel zur Krafrichtung zwischen der Mitte einer Lochschweißung und dem Rand einer angrenzenden Schweißnaht oder dem Rand eines angeschlossenen Blechs sollte folgender Mindestwert  $e_{\min}$  eingehalten werden:

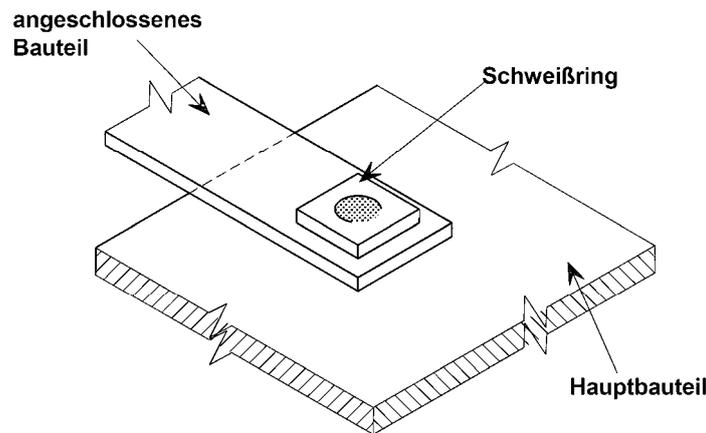
— wenn  $f_u/f_y < 1,15$

$$\boxed{\text{AC}} e_{\min} = 1,8 \frac{F_{w,Rd}}{t f_u / \gamma_{M2}} \boxed{\text{AC}}$$

— wenn  $f_u/f_y \geq 1,15$

$$\boxed{\text{AC}} e_{\min} = 2,1 \frac{F_{w,Rd}}{t f_u / \gamma_{M2}} \boxed{\text{AC}}$$

- ii) Der Mindestabstand zwischen der Mitte einer Rundlochschiweißung und dem Rand eines angeschlossenen Blechstücks sollte in der Regel  $1,5d_w$  sein, wobei  $d_w$  der messbare Durchmesser der Lochschiweißung ist.
- iii) Der lichte Abstand zwischen einer Langlochschiweißung und dem Rand eines Blechstücks sollte mindestens  $1,0 d_w$  betragen.



**Bild 8.5 — Lochschiweißung mit Schweißring**

(6) Die Grenzabscherkraft  $F_{w,Rd}$  einer kreisförmigen Lochschiweißung sollte wie folgt ermittelt werden:

$$F_{w,Rd} = (\pi/4) d_s^2 \times 0,625 f_{uw} / \gamma_{M2} \quad (8.5a)$$

wobei:

$f_{uw}$  die Zugfestigkeit des Schweißzusatzwerkstoffes ist;

jedoch darf  $F_{w,Rd}$  nicht größer sein als die Lochleibungsbeanspruchbarkeit der wirksamen Schweißlinse:

— wenn  $d_p / \Sigma t \leq 18 (420 / f_u)^{0,5}$ :

$$F_{w,Rd} = 1,5 d_p \Sigma t f_u / \gamma_{M2} \quad (8.5b)$$

— wenn  $18 (420 / f_u)^{0,5} < d_p / \Sigma t < 30 (420 / f_u)^{0,5}$ :

$$F_{w,Rd} = 27 (420 / f_u)^{0,5} (\Sigma t)^2 f_u / \gamma_{M2} \quad (8.5c)$$

— wenn  $d_p / \Sigma t \geq 30 (420 / f_u)^{0,5}$ :

$$F_{w,Rd} = 0,9 d_p \Sigma t f_u / \gamma_{M2} \quad (8.5d)$$

mit  $d_p$  nach (8).

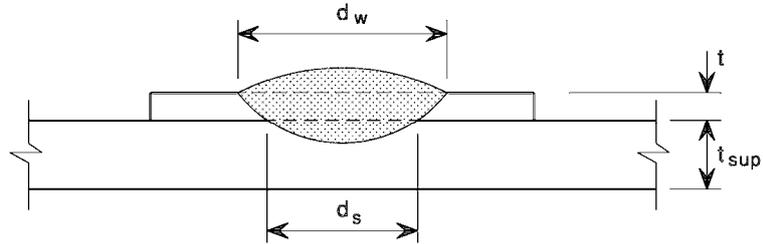
(7) Der Linsendurchmesser  $d_s$  einer Lochschiweißung, siehe Bild 8.6, ergibt sich zu:

$$d_s = 0,7 d_w - 1,5 \Sigma t \quad \text{jedoch} \quad d_s \geq 0,55 d_w \quad (8.6)$$

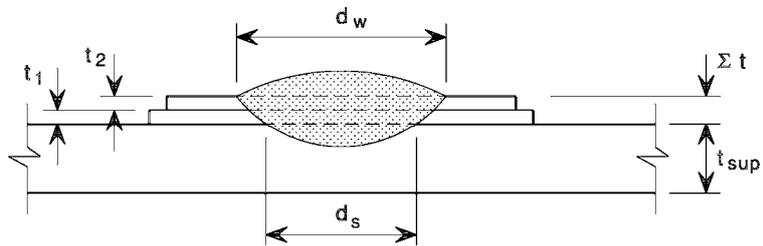
**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

wobei:

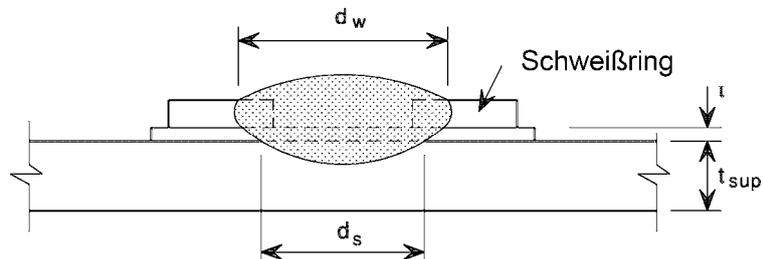
$d_w$  der an der Oberfläche messbare Durchmesser der Lochschweißung ist, siehe Bild 8.6.



a) Einfache Blechverbindung ( $\Sigma t = t$ )



b) Doppelblechverbindung ( $\Sigma t = t_1 + t_2$ )



c) Einfache Blechverbindung mit Schweißring

**Bild 8.6 — Lochschweißungen**

(8) Der wirksame Durchmesser  $d_p$  einer Schweißlinse sollte wie folgt ermittelt werden:

— für ein einzelnes Bauteil der Dicke  $t$ :

$$d_p = d_w - t \quad (8.7a)$$

— für mehrere zu verbindende Bauteile oder Bleche mit der Gesamtdicke  $\Sigma t$ :

$$d_p = d_w - 2 \Sigma t \quad (8.7b)$$

(9) Die Grenzabscherkraft  $F_{w,Rd}$  einer Langlochsweißung sollte wie folgt ermittelt werden:

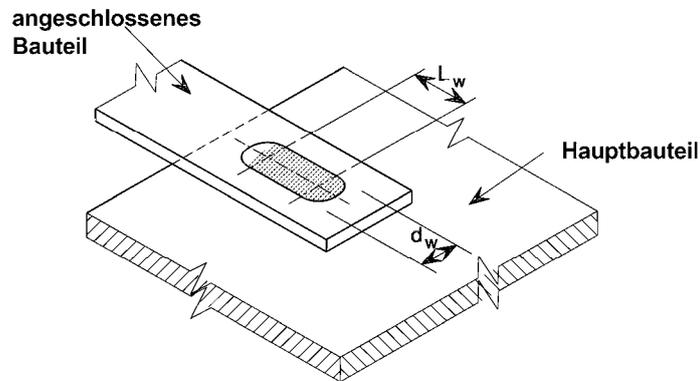
$$F_{w,Rd} = [(\pi/4) d_s^2 + L_w d_s] \times 0,625 f_{uw} / \gamma_{M2} \quad (8.8a)$$

jedoch sollte  $F_{w,Rd}$  nicht größer sein als die Lochleibungsbeanspruchbarkeit der wirksamen Schweißlinse:

$$F_{w,Rd} = (0,5 L_w + 1,67 d_p) \Sigma t f_u / \gamma_{M2} \quad (8.8b)$$

wobei:

$L_w$  die Länge der Langlochschiweißung nach Bild 8.7 ist.



**Bild 8.7 — Langlochschiweißung**

## 9 Versuchsgestützte Bemessung

(1) Dieser Abschnitt 9 hat das Ziel, die Grundlagen für die versuchsgestützte Bemessung in EN 1990 und in 2.5 der EN 1993-1-1 den besonderen Bedingungen für kaltgeformte, dünnwandige Bauteile und Bleche anzupassen.

(2) Für die Versuche gelten die in Anhang A angegebenen Grundsätze.

ANMERKUNG 1 Der nationale Anhang darf zusätzlich zu Anhang A Informationen zu Versuchen enthalten.

ANMERKUNG 2 Anhang A enthält standardisierte Verfahren zu:

- Versuche an Profilblechen und Kassettenprofilen;
- Versuche an Kaltprofilen;
- Versuche an Tragwerken und Tragwerksteilen;
- Versuche an durch Profilbleche drehgebeteten Biegeträgern;
- Auswertung von Versuchsergebnissen zur Bestimmung von Bemessungsgrößen.

(3) Zugversuche mit Stahl sind in der Regel nach EN 10002-1 auszuführen. Versuche zur Bestimmung anderer Werkstoffkennwerte sollten nach den entsprechenden Europäischen Technischen Spezifikationen durchgeführt werden.

(4) Versuche an Verbindungsmitteln oder Verbindungen sollten nach der entsprechenden Europäischen oder Internationalen Norm durchgeführt werden.

ANMERKUNG Bis zum Erscheinen entsprechender europäischer oder internationaler Regelungen dürfen Empfehlungen für die Versuchsdurchführung an Verbindungsmitteln den folgenden Veröffentlichungen entnommen werden:

ECCS Publication No. 21 (1983): *European recommendations for steel construction: the design and testing of connections in steel sheeting and sections*;

ECCS Publication No. 42 (1983): *European recommendations for steel construction: mechanical fasteners for use in steel sheeting and sections*.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

## 10 Besondere Angaben zu Pfetten, Kassettenprofilen und Profilblechen

### 10.1 Träger mit Drehbettung durch Bleche

#### 10.1.1 Allgemeines

(1) Die Regelungen dieses Abschnittes 10.1 gelten für Träger (in diesem Abschnitt als Pfetten bezeichnet) mit Z-, C-,  $\Sigma$ -, U- und Hut-Profilen mit  $h/t < 233$ ,  $c/t \leq 20$  bei Lippen und  $d/t \leq 20$  bei Bördeln.

ANMERKUNG Andere Anwendungsgrenzen können durch Versuche gerechtfertigt werden. Der nationale Anhang darf Näheres zu Versuchen enthalten. Es werden standardisierte Versuche nach Anhang A empfohlen.

(2) Diese Regelungen gelten für Tragwerkssysteme mit Schlaudern, Durchlaufsystemen, gekoppelten und überlappten Systemen.

(3) Diese Regelungen gelten auch für kaltgeformte Bauteile als Wandriegel, Deckenträger oder ähnliche Bauteile mit seitlicher Stützung durch flächenhafte Bauteile.

(4) Die Bemessung von Wandriegeln auf Winddruck entspricht derjenigen von Pfetten für Auflast; die Bemessung von Wandriegeln für Windsog entspricht derjenigen von Pfetten bei abhebenden Lasten.

(5) Kontinuierliche seitliche Stützung wird durch Trapezbleche oder andere Profilbleche mit ausreichender Steifigkeit erzeugt, die mit dem Obergurt der Pfette kontinuierlich über ihre Rippenuntergurte verbunden sind. Die Pfette gilt an der Verbindungsstelle mit dem Trapezblech als seitlich gehalten, wenn 10.1.1(6) erfüllt ist. In anderen Fällen (z. B. bei Befestigung der Profilbleche über ihre Rippenobergurte) ist der Behinderungsgrad nach Erfahrungswerten zu beurteilen oder durch Versuche zu bestimmen.

ANMERKUNG Näheres zu Versuchen enthält Anhang A.

(6) Ist das Trapezblech an eine Pfette angeschlossen und die Bedingung (10.1a) erfüllt, so kann die Pfette an der Verbindungsstelle in Blechebene als seitlich gehalten angesehen werden.

$$S \geq \left( EI_w \frac{\pi^2}{L^2} + GI_t + EI_z \frac{\pi^2}{L^2} 0,25 h^2 \right) \frac{70}{h^2} \quad (10.1a)$$

Dabei ist

$S$  die Schubsteifigkeit, die durch die Befestigung des Trapezblechs an jeder Blechrippe mit der Pfette ermöglicht wird (Ist das Blech nur an jeder zweiten Rippe mit der Pfette verbunden, so ist  $S$  durch  $0,2 S$  zu ersetzen.);

$I_w$  der Wölbwiderstand der Pfette;

$I_t$  das St. Venant'sche Torsionsträgheitsmoment der Pfette;

$I_z$  das Flächenträgheitsmoment des Pfettenquerschnitts um die schwache Hauptachse;

$L$  die Stützweite der Pfette;

$h$  die Höhe des Pfettenquerschnitts.

ANMERKUNG 1 Gleichung (10.1a) kann auch zur Bestimmung der seitlichen Stabilität von Bauteilgurten durch andere Eindeckungen als Trapezbleche herangezogen werden, vorausgesetzt, dass die Verbindungen entsprechend konzipiert sind.

ANMERKUNG 2 Die Schubsteifigkeit  $S$  kann mit den ECCS-Richtlinien (siehe ANMERKUNG in 9(4)) berechnet oder durch Versuche bestimmt werden.

(7) Sofern nicht die Wirkungsweise alternativer Pfettenauflagerungen durch Versuche belegt ist, sollten die Pfetten so befestigt werden, dass z. B. durch Pfettenschuhe Verdrehungen und seitliche Verschiebungen der Pfette am Auflager verhindert werden. Kräfte in der Ebene der Profilbleche, die über die Auflager abgetragen werden, sind bei der Bemessung der Auflager zu berücksichtigen.

(8) Das Tragverhalten seitlich gehaltener Pfetten ist in der Regel nach Bild 10.1 zu modellieren. Die Verbindung zwischen Pfette und Profilblech erzeugt eine teilweise Behinderung der Pfettenverdrehung. Diese Drehbettung ist als Drehfeder mit der Drehsteifigkeit  $C_D$  gekennzeichnet. Die Spannungen im freien Gurt, der nicht direkt mit den Profilblechen verbunden ist, sollten dann durch eine Überlagerung der Wirkungen aus der Biegung normal zur Profilblechebene und der Torsion einschließlich der seitlichen Biegung infolge der Querschnittsverformung ermittelt werden. Die durch das Blech bereitgestellte Drehbehinderung ist mit 10.1.5 zu ermitteln.

(9) Wenn bei einem Einfeldträger unter Windsog der freie Untergurt Druckbeanspruchungen erhält, sollte die Spannungserhöhung infolge Torsion und Profilverformungen berücksichtigt werden.

(10) Die Schubsteifigkeit eines Trapezbleches, das an jedem Rippenuntergurt mit einer Pfette und an jeder seitlichen Überlappung verbunden ist, darf berechnet werden zu:

$$S = 1\,000 \sqrt{t^3} (50 + 10 \sqrt[3]{b_{\text{roof}}}) \frac{s}{h_w} \quad \text{in N,} \quad t \text{ und } b_{\text{roof}} \text{ in mm} \quad (10.1b)$$

Dabei ist  $t$  die Bemessungsdicke des Blechs,  $b_{\text{roof}}$  die Breite der Daches,  $s$  der Pfettenabstand und  $h_w$  die Profilhöhe des profilierten Blechs. Die Einheit der Abmessungen ist mm. Bei Kassettenprofilen beträgt die Schubsteifigkeit das  $S_v$ -fache des Abstands zwischen den Pfetten, wobei  $S_v$  nach 10.3.5(6) berechnet wird.

### 10.1.2 Berechnungsmethoden

(1) Sofern nicht eine Berechnung nach Theorie 2. Ordnung erfolgt, sollte die in 10.1.3 und 10.1.4 angegebene Berechnungsmethode angewendet werden. Hierbei wird das seitliche Ausweichen des freien Gurtes erfasst (was Zusatzspannungen hervorruft), indem dieser als Träger mit einer seitlichen Belastung  $q_{h,Ed}$  betrachtet wird (siehe Bild 10.1).

(2) Bei der Anwendung dieser Methode sollte die Drehbettung durch eine äquivalente Bettung mit der Steifigkeit  $K$  ersetzt werden. Bei der Bestimmung von  $K$  sind in der Regel die Auswirkungen von Querschnittsverformungen zu berücksichtigen. Zu diesem Zweck darf der freie Gurt als ein Druckstab mit veränderlicher Normalkraft und mit einer seitlichen kontinuierlichen Bettung mit der Steifigkeit  $K$  betrachtet werden.

(3) Wenn der freie Gurt einer Pfette Druckspannungen aus der Biege Wirkung normal zur Profilblechebene (z. B. infolge Windsog auf eine einfeldrige Pfette) erfährt, sollte die Beanspruchbarkeit des freien Gurtes auch für seitliches Knicken nachgewiesen werden.

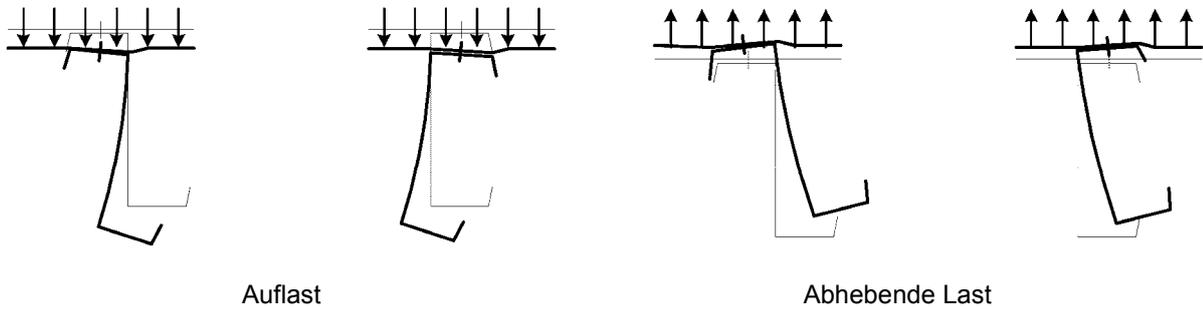
(4) Für eine genauere Berechnung ist in der Regel eine Berechnung mit numerischen Methoden durchzuführen, wobei die Werte für die Drehfedersteifigkeit  $C_D$  nach 10.1.5.2 anwendbar sind. Eine Vorkrümmung  $e_0$  des freien Flansches sollte entsprechend der Definition in 5.3 berücksichtigt werden. Die Imperfektion sollte dabei mit der maßgebenden elastischen Eigenform verträglich sein.

(5) Es kann auch eine numerische Berechnung mit der Drehfedersteifigkeit  $C_D$  nach 10.1.5.2 durchgeführt werden, wenn keine seitliche Stützung besteht oder die Stützwirkung nicht nachgewiesen werden kann. Bei der Durchführung numerischer Berechnungen sollten die Biegung in zwei Richtungen, die St. Venant'sche Torsionssteifigkeit und die Wölbsteifigkeit in Bezug auf die Zwangsdrehachse berücksichtigt werden.

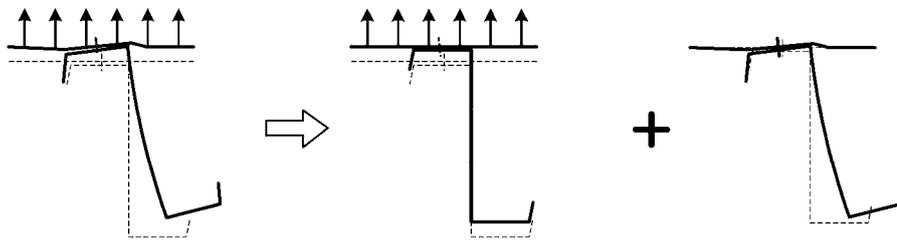
(6) Wird eine Berechnung nach Theorie 2. Ordnung durchgeführt, sollten wirksame Querschnitte und wirksame Steifigkeiten infolge Beulens berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Ein vereinfachtes Bemessungsverfahren für Pfetten aus C-, Z- und  $\Sigma$ -Querschnitten enthält Anhang E.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

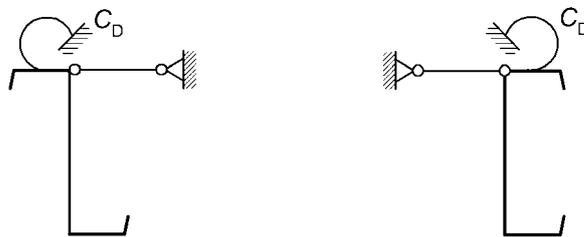


a) Z- und C-Pfettenquerschnitt mit Verbindung des oberen Flansches an das Profilblech

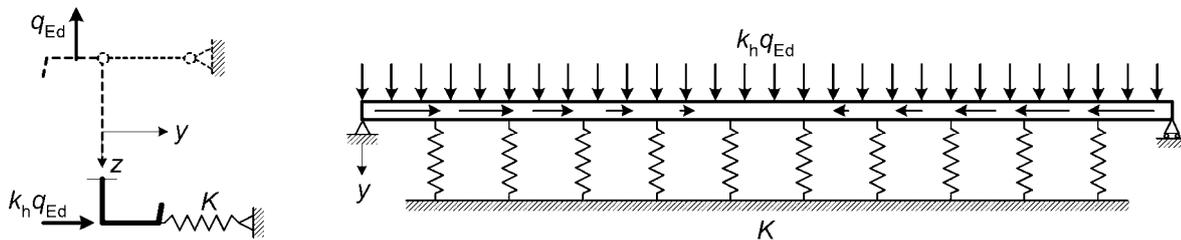


Biegung in der Ebene der Pfetten Torsion und seitliche Verformung

b) Gesamtverformung in zwei Verformungsanteile aufgeteilt



c) Pfettenmodell mit seitlicher Halterung und Drehfederbettung  $C_D$  infolge des Blechs



d) Zur Vereinfachung wird die Drehfederbettung  $C_D$  durch eine seitliche Wegfeder der Steifigkeit  $K$  ersetzt

e) Freier Pfettenflansch berechnet als elastisch gebetteter Stab. Das Modell erfasst Torsions- und Querbiegeeffekte (einschließlich der Querschnittsverformungen) einfeldriger Träger unter abhebenden Lasten.

**Bild 10.1 — Statische Modelle für seitlich gehaltene Pfetten mit Drehfederbettung durch das Profilblech**

### 10.1.3 Bemessungskriterien

#### 10.1.3.1 Einfeldrige Pfetten

(1) Eine einfeldrige Pfette unter Auflast sollte den Kriterien der Querschnittstragfähigkeit nach 10.1.4.1 genügen. Bei zentrischem Druck sind auch die Stabilitätsbedingungen für den freien Gurt nach 10.1.4.2 zu erfüllen.

(2) Eine einfeldrige Pfette unter abhebender Last sollte den Kriterien der Querschnittstragfähigkeit nach 10.1.4.1 und den Stabilitätskriterien für den freien Gurt nach 10.1.4.2 genügen.

#### 10.1.3.2 Zweifeldrige Durchlaufpfetten unter Auflast

(1) Bei einer durchlaufenden zweifeldrigen Pfette ohne Stoß über der Zwischenstütze dürfen bei Auflast die Biegemomente entweder durch Berechnung oder Versuche ermittelt werden.

(2) Werden die Momente durch Berechnung ermittelt, sollte dies nach der Elastizitätstheorie erfolgen. Der Pfettenquerschnitt sollte den Bedingungen nach 10.1.4.1 genügen. Für das Stützmoment sollte auch die Stabilitätsbedingung für den freien Gurt nach 10.1.4.2 erfüllt werden. An der Innenstützung sollte ebenso das Zusammenwirken von Moment- und Lagerreaktion (und Stegkrüppeln, sofern keine Lagerschuhe verwendet werden) und von Moment und Querkraft überprüft werden.

(3) Alternativ dürfen die Momente auf der Grundlage von Versuchen nach Abschnitt 9 und A.5 unter Berücksichtigung des Rotationsverhaltens der Pfette über der Zwischenstütze bestimmt werden.

ANMERKUNG Geeignete Testverfahren sind in Anhang A angegeben.

(4) Die Momentenbeanspruchbarkeit  $M_{\text{sup,Rd}}$  über der Stütze für eine Gleichlast  $q_{\text{Ed}}$  sollte als Schnittpunkt zweier Kurven ermittelt werden, und zwar:

- der nach Abschnitt 9 und A.5 experimentell ermittelten Momenten-Rotations-Charakteristik am Auflager,
- der theoretischen Beziehung zwischen der Größe des Stützmomentes  $M_{\text{sup,Ed}}$  und der zugehörigen Verdrehung  $\phi_{\text{Ed}}$  der Pfette im plastischen Gelenk am Auflager.

Bei der Ermittlung der Bemessungsgröße des Stützmomentes  $M_{\text{sup,Ed}}$  sollte der Einfluss einer seitlichen Belastung am freien Flansch und/oder des Stabilitätsproblems des freien Flansches an der Innenstützung berücksichtigt werden, wenn diese nicht vollständig durch Innenstützversuche nach A.5.2 erfasst werden. Ist der freie Flansch durchlaufend über der Innenstütze, und beträgt der Abstand zwischen Auflager und der nächsten Schlauder mindestens  $0,5s$ , so sollte die seitliche Belastung  $q_{\text{h,Ed}}$  nach 10.1.4.2 beim Nachweis der Tragfähigkeit über der Innenstütze berücksichtigt werden. Alternativ dürfen Großversuche (1:1) an zwei- oder mehrfeldrigen Pfetten zur Ermittlung der Auswirkung seitlicher Belastung auf den freien Flansch und/oder von Stabilitätsproblemen des freien Flansches am Zwischenlager zum Einsatz kommen.

(5) Die Feldmomente sollten dann ausgehend vom Stützmoment bestimmt werden.

(6) Die folgenden Gleichungen dürfen bei Zweifeldträgern mit gleichen Spannweiten angewendet werden:

$$\phi_{\text{Ed}} = \frac{L}{12 E I_{\text{eff}}} \left[ q_{\text{Ed}} L^2 - 8 M_{\text{sup,Ed}} \right] \quad (10.2a)$$

$$M_{\text{spn,Ed}} = \frac{\left( q_{\text{Ed}} L^2 - 2 M_{\text{sup,Rd}} \right)^2}{8 q_{\text{Ed}} L^2} \quad (10.2b)$$

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

$I_{\text{eff}}$  das wirksame Flächenträgheitsmoment passend zum Moment  $M_{\text{spn,Ed}}$ ;

$L$  die Stützweite;

$M_{\text{spn,Ed}}$  das größte Feldmoment.

(7) Die Gleichungen (10.2a) und (10.2b) gelten nicht für Zweifeldpfetten ungleicher Stützweiten und unter ungleichmäßiger Streckenlast (z. B. bei Schneeanhäufungen). Für diese Fälle sollten eigene Berechnungen durchgeführt werden.

(8) Das maximale Feldmoment  $M_{\text{spn,Ed}}$  der Pfette sollte den Bedingungen der Querschnittstragfähigkeit in 10.1.4.1 genügen. Alternativ kann die Feldmomententragfähigkeit durch Versuche ermittelt werden, wobei der Versuch am Einfeldträger mit einer Vergleichsspannweite entsprechend dem Abstand der Momentennullpunkte ausgeführt werden kann.

**10.1.3.3 Zweifeldrige Durchlaufpfette unter abhebender Last (Windsog)**

(1) Bei einer durchlaufenden zweifeldrigen Pfette ohne Stoß über der Zwischenstütze sollten bei Windsog die Biegemomente nach der Elastizitätstheorie ermittelt werden.

(2) Das Biegemoment über der Zwischenstütze sollte bezüglich der Querschnittstragfähigkeit den Bedingungen in 10.1.4.1 genügen. Das Zusammenwirken der Auflagerkraft und des Stützmomentes braucht nicht berücksichtigt zu werden, da die Auflagerkraft eine Zugkraft ist. An der Innenstützung ist auch die kombinierte Beanspruchung aus Biegemoment und Querkraft zu überprüfen.

(3) Die Feldmomente sollten die Stabilitätsbedingungen für den freien Gurt nach 10.1.4.2 erfüllen.

**10.1.3.4 Koppelpfetten mit Überlappung oder Kopplungsstücken mit beschränkter Durchlaufwirkung**

(1) Koppelpfetten, bei denen die Durchlaufwirkung über mehr als zwei Felder durch Überlappungen oder kurze Kopplungsstücke erzielt wird, sollten unter Berücksichtigung der wirksamen Querschnitte und der Auswirkungen der Kopplungen über den Zwischenstützen bemessen werden.

(2) Versuche zur Ermittlung des Tragverhaltens über Zwischenstützen dienen zur Bestimmung von:

- der Biegesteifigkeit der Kopplung oder Überlappung;
- der Momenten-Rotations-Charakteristik der Kopplung. Wenn das Versagen an der Zwischenstütze auftritt, so darf die plastische Umverteilung der Biegemomente für gekoppelte oder überlappte Träger ausschließlich dann angewendet werden, wenn mit Pfettenschuhen oder gleichartiger seitlicher Trägerhalterung an den Zwischenstützen ein Ausweichen verhindert wird;
- der Beanspruchbarkeit der Kopplung oder Überlappung bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Auflagerkraft;
- der Beanspruchbarkeit des nicht überlappten bzw. nicht gekoppelten Pfettenteiles bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Querkraft.

Alternativ können die Eigenschaften über der Innenstützung mit numerischen Methoden ermittelt werden, wenn zumindest die Vorgehensweise mit einer bestimmten Anzahl an Versuchen bestätigt wurde.

(3) Bei Auflast sollte die Pfette folgende Bedingungen erfüllen:

- an Zwischenstützen: die Beanspruchbarkeit bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Auflagerkraft, z. B. ermittelt durch versuchsgestützte Bemessung;
- nahe dem Auflager: die Beanspruchbarkeit bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Querkraft, ermittelt durch versuchsgestützte Bemessung;
- in den Feldern: die Beanspruchbarkeit für den Querschnitt nach 10.1.4.1;
- bei Druckbeanspruchung der Pfette: die Stabilitätsbedingungen für den freien Gurt nach 10.1.4.2.

(4) Bei Windsog sollten die Pfette folgende Bedingungen erfüllen:

- an Zwischenstützen: die Beanspruchbarkeit bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Auflagerkraft als Zugkraft, z. B. ermittelt durch versuchsgestützte Bemessung;
- nahe dem Auflager: die Beanspruchbarkeit bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Querkraft, z. B. ermittelt durch versuchsgestützte Bemessung;
- in den Feldern: die Stabilitätsbedingungen für den freien Gurt nach 10.1.4.2;
- bei Druckbeanspruchung der Pfette: die Stabilitätsbedingungen für den freien Gurt nach 10.1.4.2.

#### 10.1.3.5 Kriterien der Gebrauchstauglichkeit

(1) Die Bedingungen für den Gebrauchstauglichkeitszustand von Pfetten sollten erfüllt werden.

#### 10.1.4 Bemessungswerte der Tragfähigkeit

##### 10.1.4.1 Querschnittstragfähigkeit

(1) Bei Pfetten mit Einwirkungen von Normalkräften und Querlasten sollten beim Nachweis der Beanspruchbarkeit des Querschnittes nach Bild 10.2 die Spannungen aus folgenden Beanspruchungen überlagert werden:

- dem Biegemoment um die y-Achse  $M_{y,Ed}$ ;
- der Normalkraft  $N_{Ed}$ ;
- einer am freien Gurt angreifenden Horizontalkraft  $q_{h,Ed}$  aus der Wirkung von Torsion und Seitenbiegung, siehe (3).

(2) Die maximalen Spannungen im Querschnitt sollten wie folgt begrenzt werden:

- im seitlich gestützten Gurt:

$$\sigma_{\max,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{\text{eff},y}} + \frac{N_{Ed}}{A_{\text{eff}}} \leq f_y / \gamma_M \quad (10.3a)$$

- im freien Gurt:

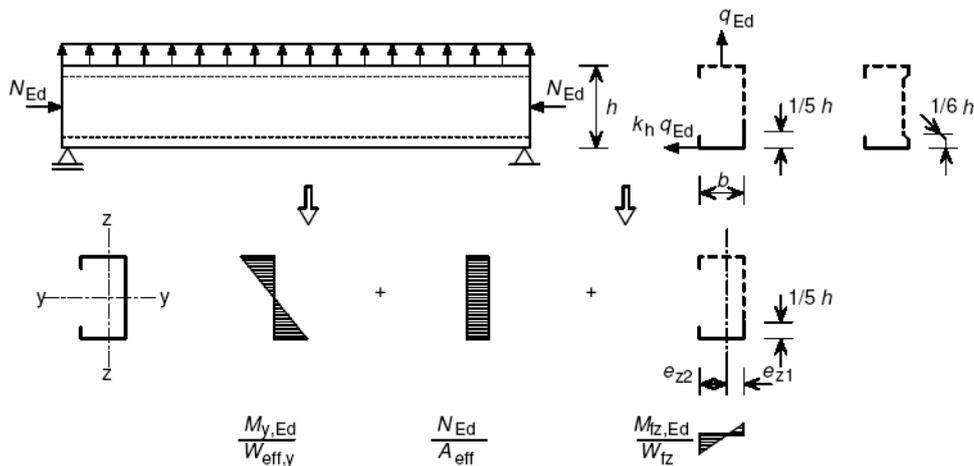
$$\sigma_{\max,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{\text{eff},y}} + \frac{N_{Ed}}{A_{\text{eff}}} + \frac{M_{fz,Ed}}{W_{fz}} \leq f_y / \gamma_M \quad (10.3b)$$

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

- $A_{eff}$  die wirksame Querschnittsfläche bei zentrischer Druckbeanspruchung;
- $f_y$  die Streckgrenze nach 3.2.1(5);
- $M_{fz,Ed}$  das Biegemoment im freien Gurt unter der Horizontalallast  $q_{h,Ed}$ , siehe Gleichung (10.4);
- $W_{eff,y}$  das wirksame Widerstandsmoment bei Biegung um die  $y$ - $y$ -Achse;
- $W_{fz}$  das Bruttowiderstandsmoment des freien Gurtes zuzüglich des mittragenden Steganteils für Biegung um die  $z$ - $z$ -Achse; wird keine aufwändigere Berechnung durchgeführt, darf der mitwirkende Stegflächenanteil mit 1/5 der Steghöhe (ausgehend vom Schnittpunkt zwischen Gurt und Steg) bei C- und Z-Profilen und 1/6 der Steghöhe bei  $\Sigma$ -Profilen angesetzt werden, siehe Bild 10.2;

$\gamma_M = \gamma_{M0}$  wenn  $A_{eff} = A_g$  oder wenn  $W_{eff,y} = W_{el,y}$  und  $N_{Ed} = 0$ , sonst  $\gamma_M = \gamma_{M1}$ .

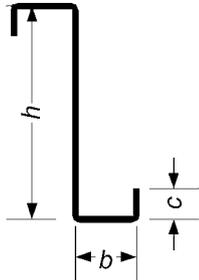
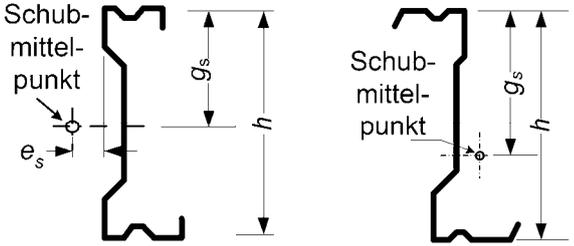
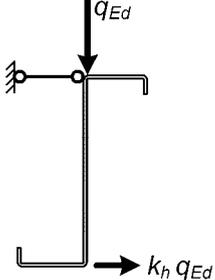
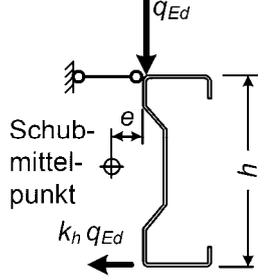
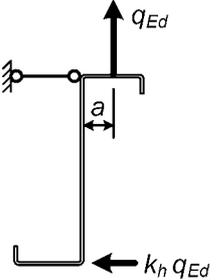
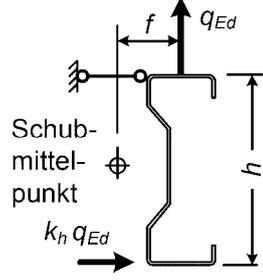


**Bild 10.2 — Spannungsüberlagerung**

(3) Die am freien Gurt angreifende Horizontalbelastung  $q_{h,Ed}$  als Folge von Torsion und Biegung sollte wie folgt ermittelt werden:

$$q_{h,Ed} = k_h q_{Ed} \tag{10.4}$$

(4) Der Faktor  $k_h$  kann für normale Querschnittsformen Bild 10.3 entnommen werden.

 $k_{h0} = \frac{ht(b^2 + 2cb - 2c^2b/h)}{4I_y}$ <p>Einfach symmetrisches Z-Profil</p>	 $k_{h0} = \frac{I_{yz}}{I_y} \frac{g_s}{h}$ <p>Z-, C- oder Σ-Profil</p>
<p>a) <math>k_{h0}</math> Faktor für seitliche Belastung am freien Unterflansch (<math>k_{h0}</math> bezieht sich auf eine Belastung durch den Schubmittelpunkt)</p>	
 $k_h = k_{h0}$	 $k_h = k_{h0} + e/h \text{ (*)}$
<p>b) Auflast</p>	 $k_h = k_{h0} - a/h \text{ (**)}$  $k_h = k_{h0} - f/h \text{ (***)}$ <p>c) Abhebende Last</p>
<p>Äquivalenzfaktor <math>k_h</math> für seitliche Last</p>	
<p>(*) Liegt der Schubmittelpunkt auf der rechten Seite, wirkt die Last <math>q_{Ed}</math> entgegengesetzt.          (**) Bei <math>a/h &gt; k_{h0}</math> wirkt die Last entgegengesetzt.          (***) Das Maß <math>f</math> ist durch die Position der Belastung <math>q_{Ed}</math> zwischen den Rändern des Obergurtes begrenzt.</p>	

**Bild 10.3 — Umrechnung der Torsion und seitlichen Biegung in eine äquivalente seitliche Belastung  $k_h q_{Ed}$**

(5) Das Querbiegemoment  $M_{fz,Ed}$  darf nach Gleichung (10.5) bestimmt werden. Ist der freie Flansch unter Zugbeanspruchung, so darf aufgrund der positiven Auswirkung des Flanscheindrehens und der Theorie II. Ordnung das Querbiegemoment zu null angenommen werden:

$$M_{fz,Ed} = \kappa_R M_{0,fz,Ed} \tag{10.5}$$

Dabei ist

$M_{0,fz,Ed}$  der Ausgangswert des Querbiegemomentes ohne Wegfederbettung;

$\kappa_R$  ein Korrekturfaktor, der die Bettung erfasst.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

(6) Das Ausgangsquerbiegemoment  $M_{0,fz,Ed}$  des freien Gurtes ist in Tabelle 10.1 für kritische Schnitte im Feld, an der Stütze sowie an und zwischen Schlaudern angegeben. Tabelle 10.1 ist für Federkennwerte  $R \leq 40$  gültig.

(7) Der Korrekturfaktor  $\kappa_R$  für den maßgebenden Schnitt und die Randbedingungen der Pfette können nach Tabelle 10.1 (oder an dem System des elastisch gebetteten Balkens) mit Hilfe des Federkennwertes  $R$  ermittelt werden:

$$R = \frac{K L_a^4}{\pi^4 E I_{fz}} \quad (10.6)$$

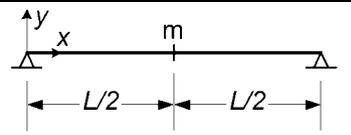
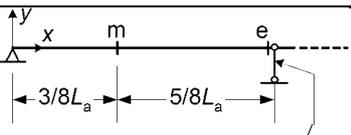
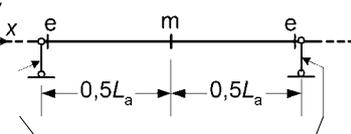
Dabei ist

$I_{fz}$  das Flächenmoment 2. Grades um die z-z-Achse der Bruttofläche des freien Gurtes zuzüglich des mitwirkenden Stegflächenanteils, siehe 10.1.4.1(2); zur Anwendung numerischer Methoden, siehe 10.1.2(5);

$K$  die Steifigkeit der Wegfeder je Längeneinheit nach 10.1.5.1;

$L_a$  der Abstand zwischen Schlaudern, sofern vorhanden, sonst die Spannweite  $L$  der Pfette.

**Tabelle 10.1 — Ausgangswerte für das Querbiegemoment  $M_{0,fz,Ed}$  und Korrekturbeiwerte  $\kappa_R$**

System	Schnittstelle	$M_{0,fz,Ed}$	$\kappa_R$
 $(L_a = L)$	m	$\frac{1}{8} q_{h,Ed} L_a^2$	$\kappa_R = \frac{1 - 0,0225R}{1 + 1,013R}$
 Schlauder oder Auflager	m	$\frac{9}{128} q_{h,Ed} L_a^2$	$\kappa_R = \frac{1 - 0,0141R}{1 + 0,416R}$
	e	$-\frac{1}{8} q_{h,Ed} L_a^2$	$\kappa_R = \frac{1 + 0,0314R}{1 + 0,396R}$
 Schlauder oder Auflager	m	$\frac{1}{24} q_{h,Ed} L_a^2$	$\kappa_R = \frac{1 - 0,0125R}{1 + 0,198R}$
	e	$-\frac{1}{12} q_{h,Ed} L_a^2$	$\kappa_R = \frac{1 + 0,0178R}{1 + 0,191R}$

**10.1.4.2 Knickbeanspruchbarkeit des freien Gurtes**

(1) Für den freien Gurt mit Druckbeanspruchungen sollte die Beanspruchbarkeit wie folgt nachgewiesen werden:

$$\frac{I}{\chi_{LT}} \left( \frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y}} + \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} \right) + \frac{M_{fz,Ed}}{W_{fz}} \leq f_{yb} / \gamma_{M1} \quad (10.7)$$

wobei  $\chi_{LT}$  der Abminderungsbeiwert für Biegedrillknicken ist (entspricht dem Biegeknicken des freien Gurtes).

ANMERKUNG Die Anwendung der  $\chi_{LT}$ -Werte darf nach dem Nationalen Anhang geschehen. Für die bezogenen Schlankheitsgrade  $\bar{\lambda}_{fz}$  nach (2) wird die Verwendung von EN 1993-1-1, 6.3.2.3 mit der Knicklinie b ( $\alpha_{LT} = 0,34$ ;  $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$ ;  $\beta = 0,75$ ) empfohlen. Im Fall zentrischer Druckbeanspruchung und wenn der Abminderungsbeiwert für Knicken um die starke Achse kleiner ist als der für Knicken um die schwache Achse, z. B. bei vielen Schlaudern, ist in der Regel auch diese Versagensform nach 6.2.2 und 6.2.4 nachzuweisen.

(2) Der Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_{fz}$  für das Biegeknicken des freien Gurtes lautet:

$$\bar{\lambda}_{fz} = \frac{l_{fz} / i_{fz}}{\lambda_1} \quad (10.8)$$

mit:

$$\lambda_1 = \pi \left[ E / f_{yb} \right]^{0,5}$$

Dabei ist

$l_{fz}$  die Knicklänge des freien Gurtes nach (3) bis (7);

$i_{fz}$  der Trägheitsradius des Gesamtquerschnittes des freien Gurtes zuzüglich des mitwirkenden Stegflächenanteils um die z-z-Achse, siehe 10.1.4.1(2).

(3) Bei Federkennwerten  $0 \leq R \leq 200$  darf bei Auflast und veränderlicher Druckbeanspruchung entlang der Spannweite  $L$  nach Bild 10.4 die Knicklänge des freien Gurtes wie folgt ermittelt werden:

$$l_{fz} = \eta_1 L_a \left( 1 + \eta_2 R^{\eta_3} \right)^{\eta_4} \quad (10.9)$$

Dabei ist

$L_a$  der Abstand zwischen Schlaudern, sofern vorhanden, sonst die Spannweite  $L$  der Pfette;

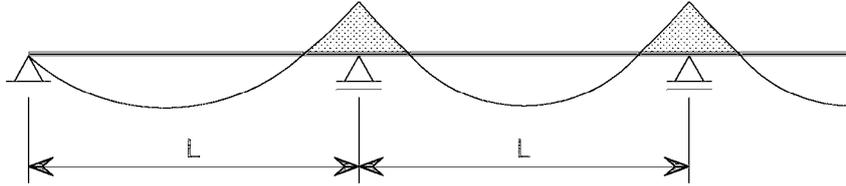
$R$  wie in 10.1.4.1(7) angegeben;

$\eta_1$  bis  $\eta_4$  Koeffizienten in Abhängigkeit von der Anzahl der Schlaudern nach Tabelle 10.2a.

Die Tabellen 10.2a und 10.2b gelten nur bei gleichfeldrigen Durchlaufsystemen mit Gleichlast, ohne Trägerstoß oder Überlappung, und mit Stützung des freien Flansches durch Schlaudern. Die Tabellen können auch bei gestoßenen Durchlaufpfetten verwendet werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass die Verbindungen starr sind. In anderen Fällen ist die Knicklänge durch entsprechende Berechnungen zu ermitteln, oder es können mit Ausnahme von Kragsystemen die Werte der Tabelle 10.2a für den Fall von drei Schlaudern je Feld verwendet werden.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

ANMERKUNG Infolge der Rotation im Trägerstoß könnte das Feldmoment größer ausfallen, was auch zu höheren Knicklängen im Feld führt. Bei Vernachlässigung des tatsächlichen Momentenverlaufs könnte die Bemessung unsicher ausfallen.



[Markierte Bereiche stehen für Druckbeanspruchung]

**Bild 10.4 — Veränderliche Druckbeanspruchungen im freien Gurt bei Auflast**

**Tabelle 10.2a — Beiwerte  $\eta_i$  bei Auflast mit und ohne Schlaudern**

Situation	Anzahl Schlaudern	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\eta_4$
Endfeld	0	0.414	1.72	1.11	-0.178
Innenfeld		0.657	8.17	2.22	-0.107
Endfeld	1	0.515	1.26	0.868	-0.242
Innenfeld		0.596	2.33	1.15	-0.192
Endfeld und Innenfeld	2	0.596	2.33	1.15	-0.192
Endfeld und Innenfeld	3 und 4	0.694	5.45	1.27	-0.168

**Tabelle 10.2b — Beiwerte  $\eta_i$  bei abhebender Last (Windsog) mit und ohne Schlaudern**

Situation	Anzahl Schlaudern	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\eta_4$
Einfeld	0	0.694	5.45	1.27	-0.168
Endfeld		0.515	1.26	0.868	-0.242
Innenfeld		0.306	0.232	0.742	-0.279
Einfeld und Endfeld	1	0.800	6.75	1.49	-0.155
Innenfeld		0.515	1.26	0.868	-0.242
Einfeld	2	0.902	8.55	2.18	-0.111
Endfeld und Innenfeld		0.800	6.75	1.49	-0.155
Einfeld und Endfeld	3 und 4	0.902	8.55	2.18	-0.111
Innenfeld		0.800	6.75	1.49	-0.155

(4) Wenn mehr als 3 Schlaudern je Spannweite mit gleichen Abständen vorhanden sind und die Bedingung in (3) zutrifft, braucht bei Auflast die Knicklänge nicht größer als  $L_a = L/3$  (Wert für 2 Schlaudern) angesetzt zu werden. Diese Regel gilt nur dann, wenn keine Druckkraft im Querschnitt vorhanden ist.

(5) Wenn die Druckbeanspruchungen wegen großer Normalkräfte über die Spannweite  $L$  wenig veränderlich sind, sollte die Knicklänge mit den  $\eta_r$ -Werte in der Tabelle 10.2a für den Fall von mehr als drei Schlaudern je Spannweite, aber mit dem tatsächlichen Abstand  $L_a$  ermittelt werden.

(6) Bei  $0 \leq R_0 \leq 200$  darf bei abhebenden Lasten (Windsog) und bei längs der Stablänge  $L_0$  veränderlicher Druckbeanspruchung, wie in Bild 10.5 dargestellt, die Knicklänge des freien Gurtes wie folgt ermittelt werden:

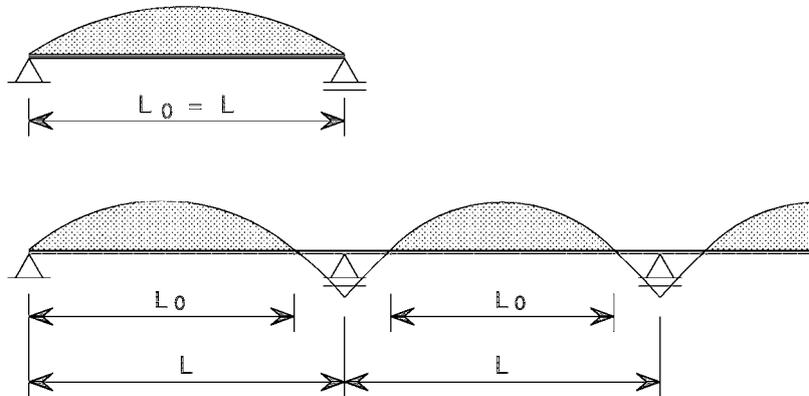
$$l_{fz} = 0,7 L_0 (1 + 13,1 R_0^{1,6})^{-0,125} \quad (10.10a)$$

mit:

$$R_0 = \frac{K L_0^4}{\pi^4 E I_{fz}} \quad (10.10b)$$

wobei  $I_{fz}$  und  $K$  in 10.1.4.1(7) definiert sind. Alternativ können die Knicklängen für den freien Flansch mit Tabelle 10.2b in Kombination mit der Gleichung in 10.1.4.2(3) ermittelt werden.

(7) Wenn bei Windsog der freie Gurt gegenüber horizontalen Verschiebungen durch Schlaudem wirksam gehalten ist, darf die Knicklänge (als auf der sicheren Seite liegend) wie bei einer konstanten Momentverteilung nach (5) angesetzt werden. Die Gleichung  $\overline{AC}(10.9)$  darf unter den in (3) genannten Bedingungen verwendet werden. Werden keine entsprechenden Berechnungen durchgeführt, wird auf  $\overline{AC}(5)$  verwiesen.



[Die gepunkteten Flächen zeigen die druckbeanspruchten Bereiche]

**Bild 10.5 — Veränderliche Druckspannung im freien Flansch bei Windsog**

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**10.1.5 Drehbehinderung durch Profilbleche**

**10.1.5.1 Steifigkeit der Querbettung**

(1) Die seitliche Stützung des freien Gurtes der Pfetten durch die Profilbleche sollte als Wegfeder angesetzt werden, die in der Gurtebene am freien Gurt als Querbettung wirkt (siehe Bild 10.1). Die Gesamtbettung  $K$  je Längeneinheit wird wie folgt bestimmt:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_A} + \frac{1}{K_B} + \frac{1}{K_C} \quad (10.11)$$

Dabei ist

$K_A$  die Querbettung entsprechend der Drehfedersteifigkeit des Anschlusses vom Profilblech an die Pfette;

$K_B$  die Querbettung, die aus der Profilverformung der Pfette herrührt;

$K_C$  die Querbettung infolge der Biegesteifigkeit der Profilbleche.

(2) Üblicherweise ist der Betrag von  $1/K_C$  vernachlässigbar, da  $K_C$  im Vergleich zu  $K_A$  und  $K_B$  sehr groß ist. Die resultierende Querbettung beträgt dann:

$$K = \frac{1}{\left(1/K_A + 1/K_B\right)} \quad (10.12)$$

(3) Der Wert für  $(1/K_A + 1/K_B)$  darf entweder durch Versuche oder durch Berechnung ermittelt werden.

ANMERKUNG Anhang A enthält geeignete Versuchsverfahren.

(4) Die Querbettung  $K$  je Längeneinheit darf wie folgt berechnet werden:

$$\frac{1}{K} = \frac{4(1-\nu^2)h^2(h_d + b_{\text{mod}})}{Et^3} + \frac{h^2}{C_D} \quad (10.13)$$

wobei das Maß  $b_{\text{mod}}$  folgendermaßen ermittelt wird:

— wenn die äquivalente seitliche Belastung  $q_{h,Ed}$  Kontakt des Profilbleches mit dem Pfettensteg erzeugt:

$$b_{\text{mod}} = a$$

— wenn die äquivalente seitliche Belastung  $q_{h,Ed}$  Kontakt des Profilbleches mit dem Gurtende der Pfette erzeugt:

$$b_{\text{mod}} = 2a + b$$

Dabei ist

$t$  die Blechdicke der Pfette;

$a$  der Abstand zwischen Verbindungsmittel und Pfettensteg, siehe Bild 10.6;

$b$  die Breite des befestigten Pfettengurtes, siehe Bild 10.6;

$C_D$  die gesamte Drehfedersteifigkeit nach 10.1 5.2;

$h$  die Gesamthöhe der Pfette;

$h_d$  die Abwicklung der Steghöhe, siehe Bild 10.6.

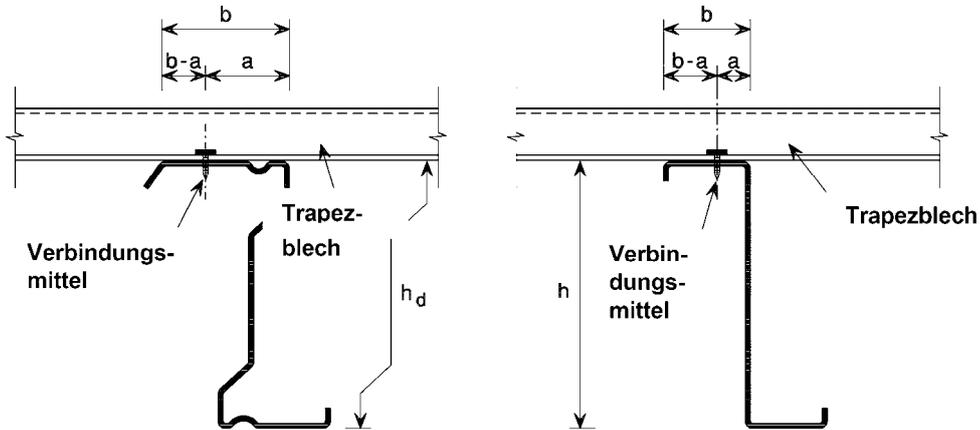


Bild 10.6 — Pfette und befestigtes Blech

#### 10.1.5.2 Steifigkeit der Drehbettung

(1) Die Verdrehungsbehinderung der Pfette durch das auf dem Obergurt befestigte Profilblech wird als Drehfeder angesetzt, die sich am Obergurt der Pfette als Drehbettung auswirkt, siehe Bild 10.1. Die resultierende Steifigkeit  $C_D$  der Drehbettung lautet:

$$C_D = \frac{1}{\left(1 / C_{D,A} + 1 / C_{D,C}\right)} \quad (10.14)$$

Dabei ist

$C_{D,A}$  die Steifigkeit der Drehbettung der Verbindung zwischen Profilblech und Pfette;

$C_{D,C}$  die Steifigkeit der Drehbettung entsprechend der Biegesteifigkeit des Profilbleches.

(2) Die Steifigkeit der Drehbettung  $C_{D,A}$  darf mit den Regeln nach (5) und (7) berechnet werden. Alternativ kann  $C_{D,A}$  durch Versuche ermittelt werden, siehe (9).

(3) Die Steifigkeit der Drehbettung  $C_{D,C}$  darf als der kleinste Wert angesetzt werden, der sich aus den in Bild 10.7 dargestellten Rechenmodellen ergibt. Dabei sind die Verdrehungen der benachbarten Pfetten und die Durchlaufwirkung der Profilbleche unterschiedlich angenommen.

Es gilt:

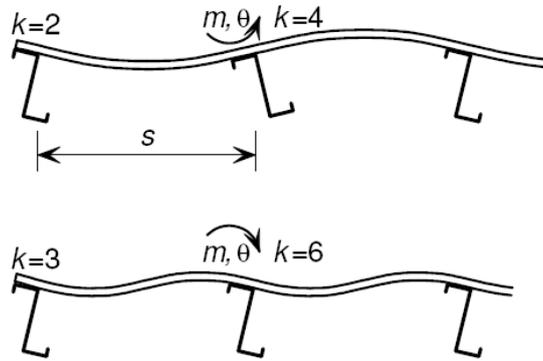
$$C_{D,C} = m / \theta \quad (10.15)$$

Dabei ist

$m$  das nach Bild 10.7 aufgebrachte Moment je Breitereinheit des Profilblechs;

$\theta$  die aus  $m$  resultierende Querschnittsverdrehung in Rad, wie in Bild 10.7 dargestellt.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**



**Bild 10.7 — Berechnungsmodelle für  $C_{D,C}$**

(4) Alternativ darf (auf der sicheren Seite liegend) der  $C_{D,C}$ -Wert wie folgt ermittelt werden:

$$C_{D,C} = \frac{k E I_{\text{eff}}}{s} \quad (10.16)$$

wobei  $k$  ein Koeffizient ist, der die folgenden Werte annimmt:

- Endfeld und Verdrehung nach Bild 10.7 oben  $k = 2$ ;
- Endfeld und Verdrehung nach Bild 10.7 unten  $k = 3$ ;
- Innenfeld und Verdrehung nach Bild 10.7 oben  $k = 4$ ;
- Innenfeld und Verdrehung nach Bild 10.7 unten  $k = 6$ .

Dabei ist

$I_{\text{eff}}$  das wirksame Flächenmoment 2. Grades je Breitereinheit des Profilblechs;

$s$  der Pfettenabstand.

(5) Vorausgesetzt, dass die Verbindungsmittel zwischen Pfetten und Profilblech in der Mitte der Pfettengurte angebracht sind, darf der Wert  $C_{D,A}$  für auf dem Pfettenobergurt befestigte Profilbleche wie folgt bestimmt werden (siehe Tabelle 10.3):

$$C_{D,A} = C_{100} \cdot k_{ba} \cdot k_t \cdot k_{bR} \cdot k_A \cdot k_{bT} \quad (10.17)$$

mit

$$k_{ba} = (b_a / 100)^2 \quad \text{wenn } b_a < 125 \text{ mm};$$

$$k_{ba} = 1,25(b_a / 100) \quad \text{wenn } 125 \text{ mm} \leq b_a < 200 \text{ mm};$$

$$k_t = (t_{\text{nom}} / 0,75)^{1,1} \quad \text{wenn } t_{\text{nom}} \geq 0,75 \text{ mm}; \text{ positive Lage};$$

$$k_t = (t_{\text{nom}} / 0,75)^{1,5} \quad \text{wenn } t_{\text{nom}} \geq 0,75 \text{ mm}; \text{ negative Lage};$$

$$k_t = (t_{\text{nom}} / 0,75)^{1,5} \quad \text{wenn } t_{\text{nom}} < 0,75 \text{ mm};$$

$$k_{bR} = 1,0 \quad \text{wenn } b_R \leq 185 \text{ mm ;}$$

$$k_{bR} = 185 / b_R \quad \text{wenn } b_R > 185 \text{ mm ;}$$

bei Auflast:

$$k_A = 1,0 + (A - 1,0) \cdot 0,08 \quad \text{wenn } t_{\text{nom}} = 0,75 \text{ mm ; positive Lage;}$$

$$k_A = 1,0 + (A - 1,0) \cdot 0,16 \quad \text{wenn } t_{\text{nom}} = 0,75 \text{ mm ; negative Lage;}$$

$$k_A = 1,0 + (A - 1,0) \cdot 0,095 \quad \text{wenn } t_{\text{nom}} = 1,00 \text{ mm ; positive Lage;}$$

$$k_A = 1,0 + (A - 1,0) \cdot 0,095 \quad \text{wenn } t_{\text{nom}} = 1,00 \text{ mm ; negative Lage;}$$

— lineare Interpolation bei  $t$  zwischen  $t = 0,75$  mm und  $t = 1,0$  mm ist zulässig;

— die Gleichung gilt nicht für  $t < 0,75$  mm;

— bei  $t > 1$  mm ist in der Gleichung  $t = 1$  mm einzusetzen;

bei abhebender Last:

$$k_A = 1,0 ;$$

$$k_{bT} = \sqrt{\frac{b_{T,\text{max}}}{b_T}} \quad \text{wenn } b_T > b_{T,\text{max}}, \text{ sonst } k_{bT} = 1 ;$$

$A \leq 12$  in kN/m ist die Last in kN/m, die zwischen Blech und Pfette wirkt.

Dabei ist

$b_a$  die Breite des Pfettengurtes in mm;

$b_R$  der Rippenabstand des Profilbleches in mm;

$b_T$  die Breite des Profilblechgurtes, der mit der Pfette verbunden wird;

$b_{T,\text{max}}$  nach Tabelle 10.3;

$C_{100}$  die Drehfedersteifigkeit (entspricht  $C_{D,A}$  für  $b_a = 100$  mm).

(6) Für den Fall, dass zwischen dem Pfettenobergurt und den Profilblechen keine Dämmung angeordnet ist, gelten die Werte für  $C_{100}$  nach Tabelle 10.3.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

(7) Alternativ darf  $C_{D,A} = 130 p$  in Nm/m/rad angesetzt werden, wobei  $p$  die Anzahl der Verbindungsmittel (zwischen Trapezprofilen und Pfettengurt) je lfd. Meter Länge der Pfette ist. Dabei darf je Profilrippe nicht mehr als 1 Verbindungsmittel gerechnet werden. Voraussetzung hierfür ist, dass:

- die Breite  $b$  des befestigten Trapezprofilgurtes höchstens 120 mm beträgt;
- der Nennwert der Stahlkerndicke  $t$  des Trapezprofils mindestens 0,66 mm beträgt;
- der Abstand  $a$  oder  $(b - a)$  zwischen dem Verbindungsmittel und dem Zwangsdrehpunkt der Pfette (je nach Rotationsrichtung, siehe Bild 10.6) mindestens 25 mm beträgt.

(8) Wenn Profilverformungen zu berücksichtigen sind, siehe 10.1.5.1, darf  $C_{D,C}$  vernachlässigt werden, weil die Federsteifigkeit hauptsächlich durch den Wert  $C_{D,A}$  und die Profilverformungen beeinflusst wird.

(9) Alternativ kann  $C_{D,A}$  mit versuchsgestützter Berechnung ermittelt werden.

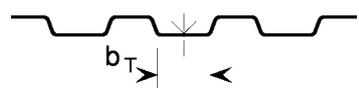
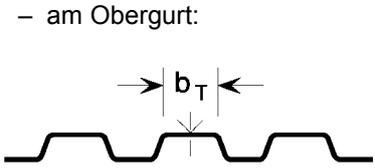
(10) Wenn der Wert von  $(1/K_A + 1/K_B)$  durch Versuche ermittelt wird (in mm/N nach A.5.3(3)), sollten die Werte  $C_{D,A}$  für Auflast und Windsog wie folgt ermittelt werden:

$$C_{D,A} = \frac{h^2 l_A}{(1/K_A + 1/K_B) - 4(1-\nu^2)h^2(h_d + b_{\text{mod}}) / (Et^3 l_B)} \quad (10.18)$$

wobei  $b_{\text{mod}}$ ,  $h$  und  $h_d$  nach 10.1.5.1(4) definiert sind und  $l_A$  die Modulbreite des Blechs und  $l_B$  die Länge des Versuchsträgers ist.

ANMERKUNG Zur Versuchsdurchführung siehe Anhang A.5.3(3).

Tabelle 10.3 — Drehfedersteifigkeit  $C_{100}$  für Trapezblechprofile

Lage der Profilbleche		Befestigung am		Abstand der Befestigungen		Scheibendurchmesser mm	$C_{100}$ kNm/m	$b_{T,max}$ mm
Positiv <sup>a</sup>	Negativ <sup>a</sup>	Untergurt	Obergurt	$e = b_R$	$e = 2b_R$			
Bei Auflast:								
×		×		×		22	5,2	40
×		×			×	22	3,1	40
	×		×	×		$K_a$	10,0	40
	×		×		×	$K_a$	5,2	40
	×	×		×		22	3,1	120
	×	×			×	22	2,0	120
Bei abhebender Last:								
×		×		×		16	2,6	40
×		×			×	16	1,7	40
Dabei ist $b_R$ der Rippenabstand; $b_T$ die Breite des an der Pfette angeschlossenen Untergurtes des Trapezblechprofils.								
$K_a$ steht für eine Stahlabdeckplatte mit $t \geq 0,75$ mm (siehe Darstellung)						Profilbefestigung – am Untergurt:  – am Obergurt: 		
Die angegebenen Werte gelten bei: – Schraubendurchmesser: $\varnothing = 6,3$ mm; – Unterlegscheibendicke: $t_w \geq 1,0$ mm.								
<sup>a</sup> Die Lage des Profilblechs ist positiv, wenn der schmalere Gurt auf der Pfette liegt, und negativ, wenn der breitere Gurt auf der Pfette liegt.								

### 10.1.6 Kräfte in den Blech/Pfetten-Verbindungen und Lagerkräfte

(1) Verbindungsmittel sollten für eine gleichzeitige Beanspruchung aus den Querkraften  $q_s$ ,  $e$  senkrecht zum Flansch und der Zugkraft  $q_t$   $e$  nachgewiesen werden, wobei  $q_s$  und  $q_t$  mit Tabelle 10.4 bestimmt werden können.  $e$  ist der Abstand der Verbindungsmittel. Querkraften, die durch Stabilitätseffekte hervorgerufen werden, sind in der Regel zu den planmäßigen Querkraften zu addieren, siehe EN1993-1-1. Weiterhin sind Querkraften parallel zum Flansch, die durch Scheibenwirkung der Profilbleche entstehen können, in der Regel vektoriell zu  $q_s$  zu addieren.

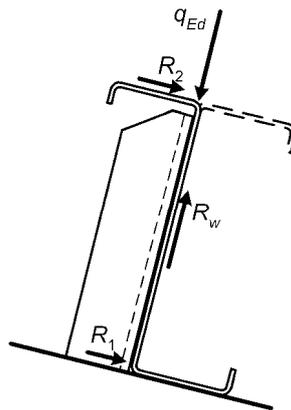
**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 10.4 — Querkräfte und Zugkräfte in den Verbindungsmitteln**

Profil und Belastung	Querkraft je Längeneinheit $q_s$	Zugkraft je Längeneinheit $q_t$
Z-Profil, Auflast	$(1 + \xi)k_h q_{Ed}$ , kann zu 0 gesetzt werden	0
Z-Profil, abhebende Last	$(1 + \xi)(k_h - a/h)q_{Ed}$	$ \xi k_h q_{Ed} h/a  + q_{Ed}$ ( $a \cong b/2$ )
C-Profil, Auflast	$(1 - \xi)k_h q_{Ed}$	$\xi k_h q_{Ed} h/a$
C-Profil, abhebende Last	$(1 - \xi)(k_h - a/h)q_{Ed}$	$\xi k_h q_{Ed} h/(b - a) + q_{Ed}$

(2) Die Verbindungsmittel, die die Pfetten mit deren Auflagern verbinden, sollten für die Lagerkräfte  $R_w$  in der Stegebene und für die Lagerkräfte  $R_1$  und  $R_2$  in den Gurtebenen nachgewiesen werden, siehe Bild 10.8. Die Kräfte  $R_1$  und  $R_2$  können mit Tabelle 10.5 bestimmt werden. In die Kraft  $R_2$  sollten auch Belastungskomponenten infolge der Dachneigung einbezogen werden. Ist  $R_1$  positiv, wird das Verbindungsmittel nicht auf Zug beansprucht.  $R_2$  sollte aus dem Trapezblech in den Pfettenoberflansch und von da über eine Auflagersteife, eine besondere Schubverbindung oder auch direkt weiter zum Dachriegel (Pfettenunterkonstruktion) geführt werden. Die Lagerkräfte an einem Zwischenauflager von Durchlaufpfetten können mit dem 2,2fachen der Werte in der Tabelle 10.5 angesetzt werden.

ANMERKUNG Bei geeigneten Dächern werden die vertikalen Lasten in Komponenten senkrecht und parallel zur Dachebene aufgeteilt.



**Bild 10.8 — Reaktionskräfte am Auflager**

**Tabelle 10.5 — Auflagerreaktionskräfte bei einfeldrigen Pfetten**

Profil und Belastung	Lagerreaktion $R_1$ am Unterflansch	Lagerreaktion $R_2$ am Oberflansch
Z-Profil, Auflast	$(1 - \varsigma)k_h q_{Ed} L/2$	$(1 + \varsigma)k_h q_{Ed} L/2$
Z-Profil, abhebende Last	$-(1 - \varsigma)k_h q_{Ed} L/2$	$-(1 + \varsigma)k_h q_{Ed} L/2$
C-Profil, Auflast	$\langle \text{AC} \rangle (1 - \varsigma)k_h q_{Ed} L/2 \langle \text{AC} \rangle$	$\langle \text{AC} \rangle -(1 - \varsigma)k_h q_{Ed} L/2 \langle \text{AC} \rangle$
C-Profil, abhebende Last	$\langle \text{AC} \rangle -(1 - \varsigma)k_h q_{Ed} L/2 \langle \text{AC} \rangle$	$\langle \text{AC} \rangle (1 - \varsigma)k_h q_{Ed} L/2 \langle \text{AC} \rangle$

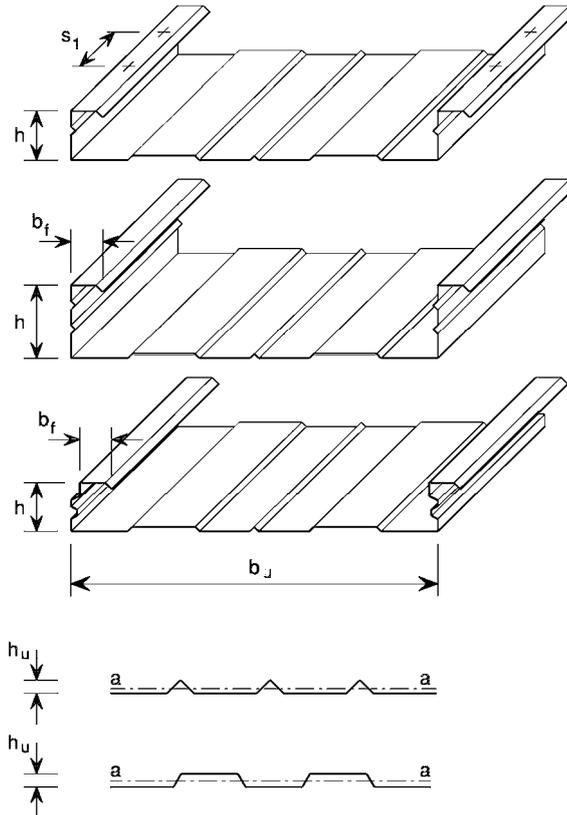
$\langle \text{AC} \rangle$

(3) Der Beiwert  $\varsigma$  kann mit  $\varsigma = 1 - \sqrt[3]{\kappa_R^2}$  angesetzt werden, wobei  $\kappa_R$  ein Korrekturbeiwert aus Tabelle 10.1 ist; der Beiwert  $\xi$  kann zu  $\xi = 1,5 \varsigma$  gesetzt werden.  $\langle \text{AC} \rangle$

## 10.2 Kassettenprofile mit Aussteifung durch Profilbleche

### 10.2.1 Allgemeines

(1) Als Kassettenprofile gelten trogförmige Querschnitte mit einem breiten Gurt und zwei Stegen mit zwei schmalen Gurten (siehe Bild 10.9). Die zwei schmalen Gurte sind  $\square AC$  durch angeschlossene Profilbleche oder durch Stahlpfetten oder ähnliche Bauteile  $\square AC$  ausgesteift.



**Bild 10.9 — Typische Gestaltung von Kassetten**

(2) Die Beanspruchbarkeit der Stege auf Querkraft und örtliche Lasteinleitung ergibt sich aus 6.1.5 bis 6.1.11, jedoch mit  $M_{c,Rd}$  nach (3) oder (4).

(3) Die Momenten Tragfähigkeit  $M_{c,Rd}$  von Kassettenprofilen darf nach 10.2.2 ermittelt werden, vorausgesetzt, dass

- die Maße in den Grenzen der Tabelle 10.6 liegen;
- die Sickentiefe  $h_u$  im breiten Gurt nicht das Maß  $h/8$  überschreitet, mit  $h$  als Gesamthöhe der Kassette.

(4) Alternativ darf die Momenten Tragfähigkeit durch Versuche ermittelt werden, vorausgesetzt, dass das örtliche Verhalten des Kassettenprofils nicht durch den Versuchsaufbau beeinflusst wird.

ANMERKUNG Geeignete Testverfahren sind in Anhang A angegeben.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 10.6 — Anwendungsgrenzen für 10.2.2**

0,75 mm	≤	$t_{\text{nom}}$	≤	1,5 mm
30 mm	≤	$b_f$	≤	60 mm
60 mm	≤	$h$	≤	200 mm
300 mm	≤	$b_u$	≤	600 mm
		$I_a / b_u$	≤	10 mm <sup>4</sup> /mm
		$s_1$	≤	1 000 mm

## 10.2.2 Momententragfähigkeit

### 10.2.2.1 Druckbeanspruchung im breiten Gurt

(1) Die Momententragfähigkeit des Kassettenprofils sollte bei Druckbeanspruchung im breiten Gurt durch eine schrittweise Berechnung (wie in Bild 10.10 dargestellt) ermittelt werden:

- **Schritt 1:** Bestimmung der wirksamen Flächen aller druckbeanspruchten Elemente des Querschnittes auf der Grundlage des Spannungsverhältnisses  $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ , das mit der wirksamen Fläche des Druckgurtes, aber der Bruttoquerschnittsfläche der Stege ermittelt wird;
- **Schritt 2:** Ermittlung der Lage der Schwerachse des wirksamen Querschnittes und Bestimmung des Grenzbiegemomentes  $M_{c,Rd}$ :

$$M_{c,Rd} = 0,8 W_{\text{eff,min}} f_{yb} / \gamma_{M0} \quad (10.19)$$

mit:

$$W_{\text{eff,min}} = I_{y,\text{eff}} / z_c \quad \text{jedoch} \quad W_{\text{eff,min}} \leq I_{y,\text{eff}} / z_t;$$

wobei  $z_c$  und  $z_t$  die Abschnitte in Bild 10.10 sind.

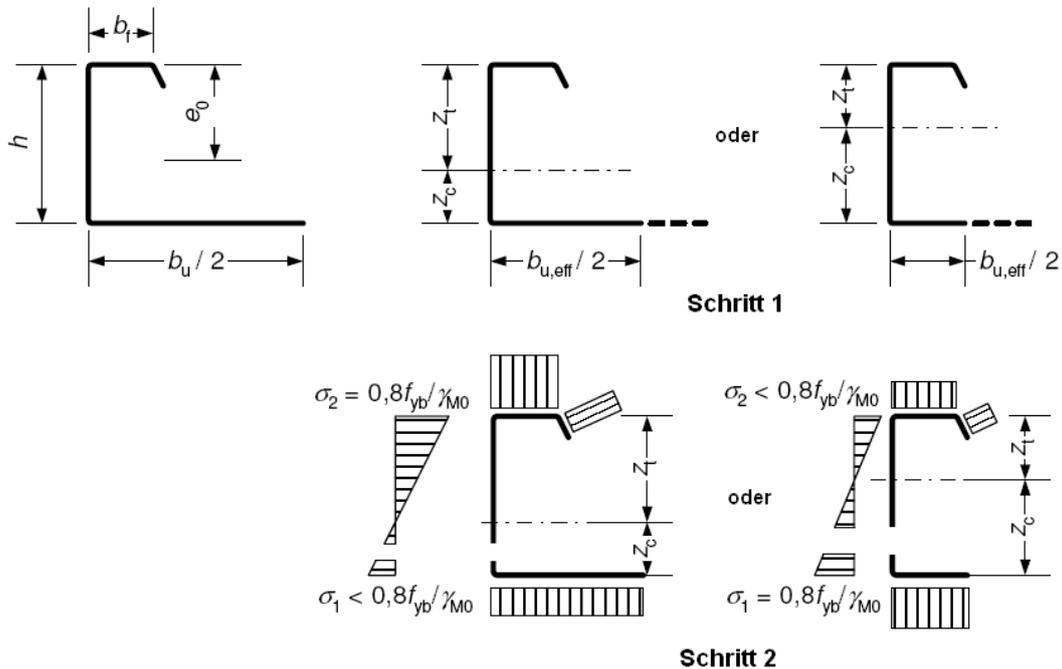


Bild 10.10 — Ermittlung der Momententragfähigkeit bei druckbeanspruchtem, breitem Gurt

### 10.2.2.2 Zugbeanspruchung im breiten Gurt

(1) Die Momententragfähigkeit des Kassettenprofils sollte bei Zugbeanspruchung im breiten Gurt durch schrittweise Berechnung (wie in Bild 10.11 dargestellt) ermittelt werden:

- **Schritt 1:** Bestimmung der Lage der Schwerachse des Bruttoquerschnittes;
- **Schritt 2:** Bestimmung der wirksamen Breite des breiten Gurtes  $b_{u,eff}$  unter Berücksichtigung der möglichen Eindrehung der Gurte mit:

$$b_{u,eff} = \frac{53,3 \cdot 10^{10} e_o^2 t^3 t_{eq}}{h L b_u^3} \quad (10.20)$$

Dabei ist

- $b_u$  die Gesamtbreite des breiten Gurtes;
  - $e_o$  der Abstand von der Schwerachse des Bruttoquerschnittes bis zur Schwerachse des schmalen Gurtes;
  - $h$  die Kassettenprofilhöhe;
  - $L$  die Spannweite des Kassettenprofils;
  - $t_{eq}$  die äquivalente Blechdicke des breiten Gurtes
- $$t_{eq} = (12 I_a / b_u)^{1/3}$$
- $I_a$  das Flächenmoment 2. Grades des breiten Gurtes um seine eigene Schwerachse, siehe Bild 10.9.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

- **Schritt 3:** Ermittlung der wirksamen Flächen aller druckbeanspruchten Teile des Querschnittes auf der Grundlage des Spannungsverhältnisses  $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ , das mit den wirksamen Flächen der Druckgurte, aber der Bruttoquerschnittsfläche der Stege ermittelt werden;
- **Schritt 4:** Nach Ermittlung der Lage der Schwerachse des wirksamen Querschnittes und Bestimmung des Momententragfähigkeit  $M_{b,Rd}$ :

$$M_{b,Rd} = 0,8 \beta_b W_{eff,com} f_{yb} / \gamma_{M0} \quad \text{jedoch} \quad M_{b,Rd} \leq 0,8 W_{eff,t} f_{yb} / \gamma_{M0} \quad (10.21)$$

mit:

$$W_{eff,com} = I_{y,eff} / z_c$$

$$W_{eff,t} = I_{y,eff} / z_t$$

wobei der Korrelationsfaktor  $\beta_b$  folgendermaßen bestimmt wird:

- wenn  $s_1 \leq 300$  mm:

$$\beta_b = 1,0$$

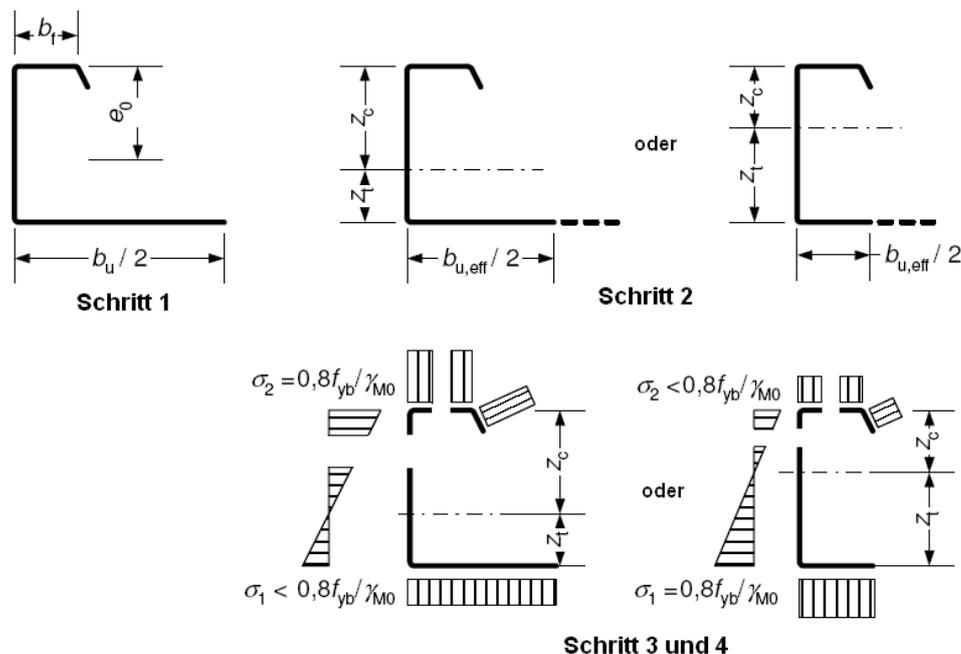
- wenn  $300$  mm  $\leq s_1 \leq 1\,000$  mm:

$$\beta_b = 1,15 - s_1 / 2\,000$$

wobei:

$s_1$  der Abstand der Verbindungsmittel in den schmalen Gurten ist, siehe Bild 10.9.

- (2) Die mitttragende Breite aus Schubverzerrung braucht nicht berücksichtigt zu werden, wenn  $L / b_{u,eff} \geq 25$ . Andernfalls ist ein reduzierter Wert  $\rho$  nach 6.1.4.3 zu berücksichtigen.



**Bild 10.11 — Momententragfähigkeit bei zugbeanspruchtem, breitem Gurt**

(3) Flanscheindrehungen brauchen bei der Bestimmung der Verformungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nicht berücksichtigt zu werden.

(4) Vereinfachend darf das Grenzbiegemoment von Kassettenprofilen mit unausgesteiftem, breitem Gurt bestimmt werden, indem beim breiten Gurt mit Zugbeanspruchung die gleiche wirksame Breite wie bei den beiden schmalen Gurten mit Druckbeanspruchung angesetzt wird.

### 10.3 Bemessung von Schubfeldern

#### 10.3.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt 10.3 beschreibt das planmäßige Zusammenwirken der Tragstruktur mit Profilblechfeldern als integriertes schubübertragendes System.

(2) Die in diesem Abschnitt angegebenen Regelungen gelten ausschließlich für Schubfelder aus Stahlblechen.

(3) Schubfelder können aus Profilblechen gebildet werden, die in Dach-, Wand- oder Deckenkonstruktionen verwendet werden. Schubfelder können auch durch Dach- oder Wandkonstruktionen gebildet werden, die Kassettenprofile enthalten.

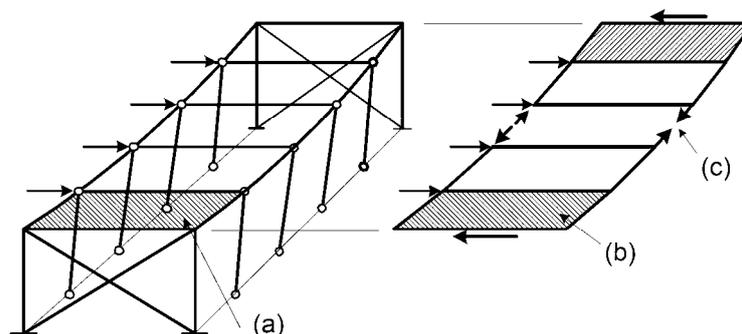
ANMERKUNG Umfassende Bemessungs- und Anwendungsregeln sind verfügbar in:  
 ECCS Publication No. 88 (1995): *European recommendations for the application of metal sheeting acting as a diaphragm.*

#### 10.3.2 Scheibenwirkung

(1) Bei der Schubfeldbemessung darf der Beitrag der Scheibenwirkung von Dach-, Wand- und Deckenkonstruktionen aus Profilblechen zur Steifigkeit und Tragfähigkeit des Gebäudetragwerks ausgenutzt werden.

(2) Dächer und Decken dürfen als gebäuelange, hohe Träger betrachtet werden, die in ihrer Ebene angreifende Kräfte an vertikale Endscheiben oder an zwischenliegende Rahmentragwerke oder Verbände weiterleiten. Die Profilbleche dürfen dabei als Stege zur Aufnahme der Querkräfte und die Randglieder als Gurte zur Aufnahme der Druck- und Zugkräfte aufgefasst werden, siehe Bilder 10.12 und 10.13.

(3) In ähnlicher Weise dürfen rechteckige Wandtafeln als Schubfelder zur Gebäudeaussteifung herangezogen werden.



#### Legende

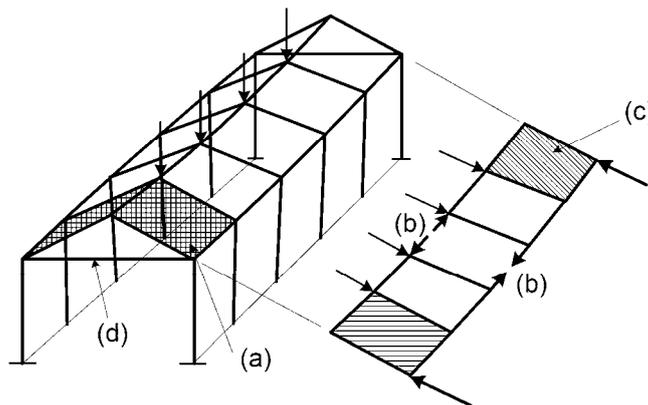
- (a) Profilbleche
- (b) Schubfeld aus Profilblechen
- (c) Gurtkräfte in den Randgliedern

**Bild 10.12 — Scheibenwirkung bei einem Flachdachgebäude**

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**10.3.3 Voraussetzungen**

- (1) Die Ausnutzung von Profilblechen für die Scheibenwirkung ist an folgende Voraussetzungen gebunden:
- das Blech wird neben seiner Hauptnutzung nur für die Bildung von Schubfeldern zur Lastabtragung in der Scheibenebene eingesetzt;
  - die Schubfelder haben längs laufende Randglieder zur Aufnahme der Gurtkräfte aus der Schubfeldwirkung;
  - die Scheibenkräfte in Dächern oder Decken werden über Verbände, weitere vertikale Schubfelder oder andere Tragwerke für Horizontalkräfte in die Fundamente weitergeleitet;
  - für die Schubübertragung aus dem Schubfeld in die als Gurte wirkenden Randglieder und ins Gebäude-tragwerk sind geeignete Verbindungen vorgesehen;
  - die Profilbleche gelten als Tragwerkskomponenten und dürfen nicht ohne ausreichenden Nachweis entfernt werden;
  - sowohl die Baubeschreibung als auch die Berechnungen und Zeichnungen müssen einen Warnvermerk enthalten, der auf die planmäßige Scheibenwirkung der Profilbleche hinweist;
  - bei Trapezblechen mit Sicken in Dachlängsrichtung dürfen die Gurtkräfte aus der Schubfeldwirkung von der Blechkonstruktion selbst übernommen werden.
- (2) Die Scheibenwirkung kann vorzugsweise in Gebäuden mit wenigen Geschossen oder in Decken und in Außenwänden von mehrgeschossigen Gebäuden herangezogen werden.
- (3) Die Scheibenwirkung kann vorzugsweise zur Abtragung von Wind- und Schneelasten sowie anderen Lasten ausgenutzt werden, die über die Profilbleche selbst eingeleitet werden. Die Scheibenwirkung darf auch zur Abtragung vorübergehender Lastzustände wie z. B. von Brems- und Stoßkräften von leichten Hebezeugen oder Kranbahnen angesetzt werden. Sie darf dagegen nicht zur Aufnahme permanenter Lasten aus dem Betrieb des Gebäudes herangezogen werden.



**Legende**

- (a) Profilbleche
- (b) Gurtkräfte in Randgliedern
- (c) Schubfeld aus Profilblechen
- (d) Giebelzugbandlager zur Aufnahme von Lagerkräften aus dem Dachscheiben

**Bild 10.13 — Scheibenwirkung bei einem Satteldach**

#### 10.3.4 Schubfelder aus Profilblechen

(1) Bei Schubfeldern aus Profilblechen, siehe Bild 10.14, werden beide Enden der Profiltafeln auf der Unterkonstruktion mit selbstfurchenden Schrauben, Setzbolzen, Schweißnähten, Schrauben mit Muttern oder anderen Verbindungsmitteln befestigt. Die Verbindungsmittel dürfen sich nicht lösen, aus der Unterlage herausgezogen werden oder durch Abscheren versagen, bevor die Blechkonstruktion einreißt. Die Befestigung der Profiltafeln auf der Unterkonstruktion erfolgt direkt z. B. durch die Untergurte der Profile. Bei anderer Verbindung sollte durch besondere Maßnahmen der beabsichtigte Krafffluss in die Unterkonstruktion sichergestellt werden.

(2) Die Längsstöße der Profiltafeln werden mit Hilfe von Nieten, Bohrschrauben, Schweißnähten oder anderen Verbindungsmitteln ausgeführt. Die Verbindungsmittel dürfen sich nicht lösen, herausgezogen werden oder primär durch Abscheren versagen, bevor die Blechkonstruktion einreißt. Der Abstand der Verbindungsmittel darf 500 mm nicht überschreiten.

(3) Die Rand- und Endabstände der Verbindungsmittel sollten so gewählt werden, dass kein vorzeitiges Blechversagen eintritt.

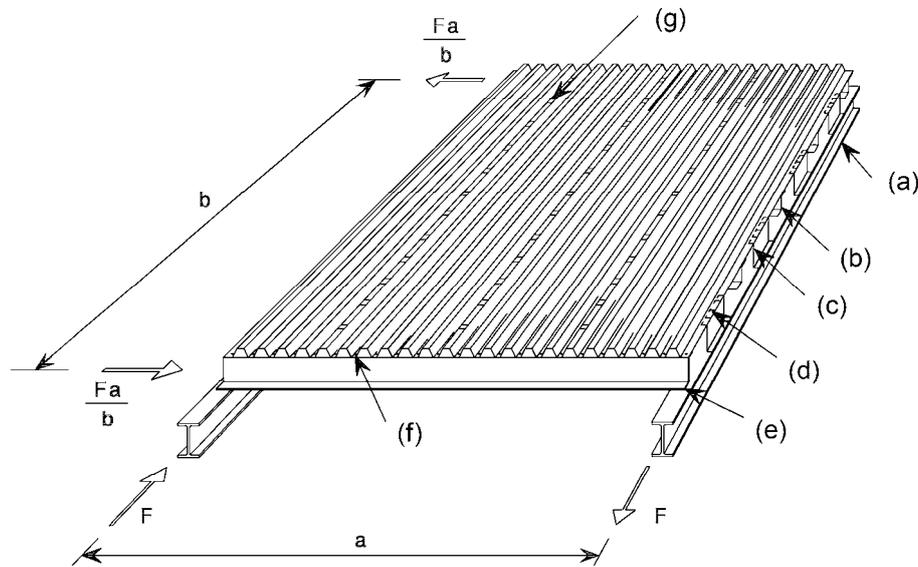
(4) Kleine, nicht systematisch angeordnete Öffnungen bis zu etwa 3 % der Gesamtfläche dürfen ohne besonderen Nachweis angeordnet werden, vorausgesetzt, dass die Gesamtanzahl der Verbindungsmittel nicht reduziert wird. Öffnungen bis zu 15 % der rechnerisch berücksichtigten Fläche sind zulässig, wenn ein entsprechender Nachweis geführt wird. Flächen, die größere Öffnungen haben, sind in kleinere Flächen mit voller Schubfeldwirkung zu unterteilen.

(5) Alle Profilbleche, die Teile eines Schubfeldes sind, sollten zunächst für ihre Hauptnutzung als Platte bemessen werden. Um sicherzustellen, dass sich evtl. Schädigungen des Profilblechs schon aus Biegewirkungen einstellen, bevor der Widerstand der Scheibenwirkung aktiviert wird, sollte nachgewiesen werden, dass die Schubbeanspruchung aus der Scheibenwirkung nicht größer ist als  $0,25 f_{yb} / \gamma_{M1}$ .

(6) Die Beanspruchbarkeit des Schubfeldes wird entweder durch die Lochleibungstragfähigkeit der Verbindungsmittel in den Längsstößen der Profilbleche oder – bei Schubfeldern, die nur an den Längsrändern befestigt sind – durch die Beanspruchbarkeit den Längsrändbefestigungen begrenzt. Die Beanspruchbarkeit der Verbindungsmittel bei anderen Versagensformen sollte um folgende Werte größer sein als die Lochleibungstragfähigkeit:

- bei Versagen der Profilblechbefestigungen mit den Pfetten infolge Scherkräften und Windsog mindestens 40 %;
- bei jedem anderen Versagenszustand mindestens 25 %.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**



**Legende**

- (a) Unterkonstruktion (z. B. Dachriegel)
- (b) Pfette
- (c) Schubknagge
- (d) Blech-Schubknaggen-Verbindung
- (e) Pfette
- (f) Blech-Pfetten-Verbindung
- (g) Überlappungsstoß der Profilbleche

**Bild 10.14 — Aufbau eines einzelnen Schubfeldes**

**10.3.5 Schubfelder aus Kassettenprofilen**

- (1) In Schubfeldern sollten Kassettenprofile ausgesteifte breite Gurte aufweisen.
- (2) In Schubfeldern sollten Kassettenprofile an den Stegen miteinander verbunden sein, wobei der Abstand  $e_s$  der Verbindungsmittel (in der Regel Blindniete) höchstens 300 mm und der Abstand  $e_u$  vom breiten Gurt höchstens 30 mm betragen darf (siehe Bild 10.15).
- (3) Eine Berechnung der Verformungen infolge der Beanspruchungen der Verbindungsmittel kann ähnlich wie bei Trapezprofilblechtafeln ausgeführt werden.
- (4) Der Schubfluss  $T_{v,Ed}$  im Grenzzustand der Tragfähigkeit sollte nicht größer sein als der Grenzscherfluss  $T_{v,Rd}$ .

$$T_{v,Rd} = 8,43 E \sqrt[4]{I_a (t/b_u)^9} \quad (10.22)$$

Dabei ist

- $I_a$  das Flächenmoment 2. Grades des breiten Gurtes um die eigene Schwerachse a–a, siehe Bild 10.9;
- $b_u$  die Gesamtbreite des breiten Gurtes.

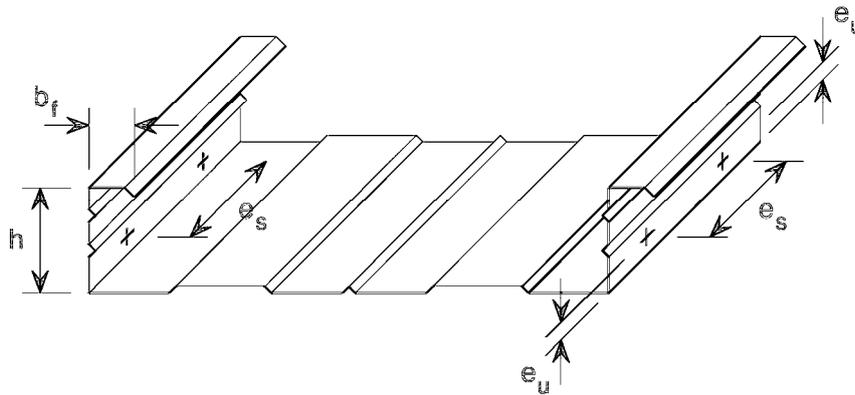


Bild 10.15 — Anordnung der Stegverbindungen

(5) Der Schubfluss  $T_{v,ser}$  unter Gebrauchslasten sollte nicht größer sein als  $T_{v,Cd}$ :

$$T_{v,Cd} = S_v / 375 \quad (10.23)$$

Dabei ist

$S_v$  die Steifigkeit des Schubfeldes je Längeneinheit in Richtung der Spannweite der Kassettenprofilbleche.

(6) Die Schubsteifigkeit  $S_v$  je Längeneinheit beträgt:

$$S_v = \frac{\alpha L b_u}{e_s (b - b_u)} \quad (10.24)$$

Dabei ist

$L$  die Gesamtlänge des Schubfeldes in Richtung der Spannweite der Kassettenprofilbleche;

$b$  die Gesamtbreite des Schubfeldes ( $b = \sum b_u$ );

$\alpha$  der Steifigkeitsbeiwert.

(7) Der Steifigkeitsfaktor  $\alpha$  darf auf der sicheren Seite liegend mit 2 000 N/mm angesetzt werden. Genauere Werte können durch Versuche bestimmt werden.

#### 10.4 Perforierte Profilbleche

(1) Perforierte Trapezprofile mit Lochanordnungen in Form gleichseitiger Dreiecke dürfen rechnerisch nachgewiesen werden, indem die Regeln für nicht-perforierte Profile mit einer wirksamen Blechdicke verwendet werden.

ANMERKUNG Diese Methode liefert auf der sicheren Seite liegende Werte. Wirtschaftlichere Werte werden durch eine versuchsgestützte Bemessung nach Abschnitt 9 erzielt.

(2) Im Rahmen der Bedingung  $0,2 \leq d/a \leq 0,9$  dürfen die Querschnittswerte des Bruttoquerschnittes nach  $\overline{AC} 5 \overline{AC}$  ermittelt werden, indem die Blechdicke  $t$  durch  $t_{a,eff}$  wie folgt ersetzt wird:

$$t_{a,eff} = 1,18 t \left( 1 - \frac{d}{0,9a} \right) \quad (10.25)$$

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

$d$  der Durchmesser der Perforierung;

$a$  der Abstand zwischen den Mittelpunkten der Perforierung.

(3) Im Rahmen der Bedingung  $0,2 \leq d/a \leq 0,9$  dürfen die Querschnittswerte des wirksamen Querschnittes nach Abschnitt 5 ermittelt werden, indem die Blechdicke  $t$  durch  $t_{b,eff}$  wie folgt ersetzt wird:

$$t_{b,eff} = t \sqrt[3]{1,18(1-d/a)} \quad (10.26)$$

(4) Die Beanspruchbarkeit eines einzelnen Steges für örtliche Lasteinleitung darf nach **AC** 6.1.7 **AC** ermittelt werden, indem die Blechdicke  $t$  durch  $t_{c,eff}$  wie folgt ersetzt wird:

$$t_{c,eff} = t \left[ 1 - (d/a)^2 s_{per} / s_w \right]^{3/2} \quad (10.27)$$

Dabei ist

$s_{per}$  die abgewickelte Länge der Perforation im Steg;

$s_w$  die abgewickelte Gesamtlänge des Steges.

## **Anhang A** **(normativ)**

### **Versuche**

#### **A.1 Allgemeines**

(1) Der Anhang A enthält festgelegte Versuchs- und Auswerteverfahren für einige bemessungsrelevante Versuche.

ANMERKUNG 1 Im Bereich kaltgeformter Bauteile und Bleche werden im Allgemeinen viele Standardprodukte verwendet, bei denen die rechnerische Bemessung nicht zu den erhofften wirtschaftlichen Lösungen führt. Deswegen wird häufig die versuchsgestützte Bemessung vorgezogen.

ANMERKUNG 2 Der nationale Anhang darf Näheres zur Versuchsdurchführung enthalten.

ANMERKUNG 3 Der nationale Anhang darf Übertragungsfunktionen zur Anpassung existierender Versuchsergebnisse an die Ergebnisse von Standardversuchen nach diesem Anhang enthalten.

(2) Der Anhang umfasst:

- Versuche an Profilblechen und Kassettenprofilen, siehe A.2;
- Versuche an kaltgeformten Bauteilen, siehe A.3;
- Versuche an Tragwerken oder Tragwerksteilen, siehe A.4;
- Versuche an drehfedergebeteten Biegeträgern, siehe A.5;
- Versuchsauswertung zur Ermittlung von Bemessungswerten, siehe A.6.

#### **A.2 Versuche an Profilblechen und Kassettenprofilen**

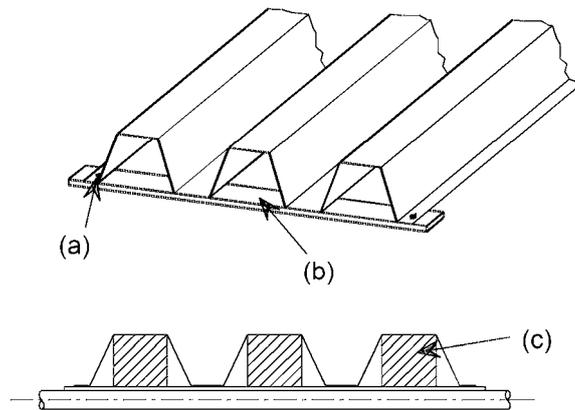
##### **A.2.1 Allgemeines**

(1) Die Versuchsgrundlagen sind für Trapezprofile dargestellt; sie gelten sinngemäß auch für Kassettenprofile und andere Blechtypen (z. B. Bleche in EN 508).

(2) Die Belastung darf, um eine gleichmäßig verteilte Belastung zu simulieren, durch Luftsäcke, Unterdruck oder durch Linienlasten über Querträger mit geeigneter Steifigkeit eingeleitet werden.

(3) Zur Erhaltung der Querschnittsform der Profilierung dürfen an den Auflagern und an den Stellen der Lasteinleitung Hilfskonstruktionen in Form von Querträgern und Holzklötzen vorgesehen werden, siehe Bild A.1.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**



**Legende**

- (a) Niet oder Schraube
- (b) Querzugband (Metallstreifen)
- (c) Holzklötze

**Bild A.1 — Beispiele für geeignete Hilfskonstruktionen zur Versuchsdurchführung**

(4) Bei Windsogversuchen sollte der Versuchsaufbau das tatsächliche Tragverhalten der Profilbleche widerspiegeln. Die Verbindungen zwischen dem Blech und der Unterkonstruktion sollten die gleichen wie in der praktischen Anwendung sein.

(5) Damit die Ergebnisse so allgemein gültig wie möglich sind, sollten gelenkige und horizontal verschiebliche Auflagerungen vorgesehen werden, damit Einflüsse aus Teileinspannungen an den Auflagern vermieden werden.

(6) Der Versuchsaufbau sollte so gestaltet werden, dass während des Versuches die Kraft richtungstreu, senkrecht zum Prüfkörper geführt wird.

(7) Um Auflagerverformungen zu erfassen, sollten die Verformungen an beiden Enden des Versuchskörpers gemessen werden.

(8) Als Versuchsgrenzlast gilt die Versagenslast oder die Laststufe unmittelbar vor dem Versagen.

**A.2.2 Versuche am Einfeldträger**

(1) Für die Ermittlung des Grenzbiegemoments in Feldmitte (ohne nennenswerte Schubkräfte) und der Biegesteifigkeit kann ein Versuchsaufbau nach Bild A.2 herangezogen werden.

(2) Die Stützweite sollte so gewählt werden, dass die Versuchsergebnisse als repräsentativ für die Biegemomentenbeanspruchbarkeit gelten können.

(3) Das Grenzbiegemoment ergibt sich aus dem Versuchsergebnis.

(4) Die Biegesteifigkeit ist aus der Last-Verformungskurve zu ermitteln.

**A.2.3 Versuche am Zweifeldträger**

(1) Für die Ermittlung der Beanspruchbarkeit eines Profilbleches als Zwei- oder Mehrfeldträger kann ein Versuchsaufbau nach Bild A.3 gewählt werden. Hieraus ergibt sich die Beanspruchbarkeit an der Zwischenstütze bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Querkraft bzw. von Biegemoment und Auflagerreaktion für eine gegebene Auflagerbreite.

(2) Die Belastung sollte vorzugsweise gleichmäßig verteilt sein (z. B. durch Luftsack oder Unterdruck).

(3) Alternativ dürfen mehrere Linienlasten rechtwinklig zur Profilierung zur Anwendung kommen, die angenähert die Wirkung einer gleichmäßig verteilten Belastung ergeben. Beispiele für derartige Belastungsanordnungen sind in Bild A.4 dargestellt.

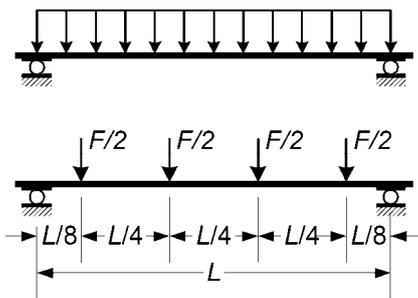
**A.2.4 Ersatzträger zur Prüfung der Zwischenstützung**

(1) Als Alternative zu A.2.3 darf bei Zwei- und Mehrfeldträgern ein Versuchsaufbau nach Bild A.5 gewählt werden, um die Beanspruchbarkeit an der Zwischenstütze bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Querkraft bzw. von Biegemoment und Auflagerreaktion für eine bestimmte Auflagerbreite zu ermitteln.

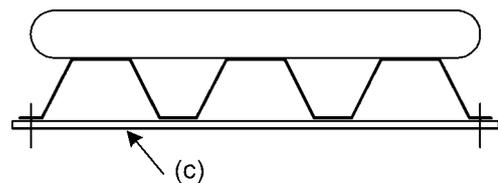
(2) Die Versuchsstützweite  $s$  sollte dem Abstand der Momentennullpunkte der Biegelinie zu beiden Seiten der Zwischenstütze beim Zweifeldträger mit gleichen Stützweiten  $L$  entsprechen und darf angesetzt werden mit:

$$s = 0,4L \tag{A.1}$$

(3) Wenn Momentenumlagerungen durch Plastizierung zu erwarten sind, sollte die Versuchsstützweite  $s$  entsprechend dem Verhältnis von Stützmoment und Querkraft reduziert werden.

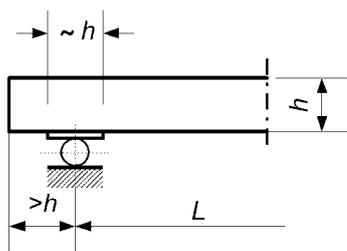


a) Gleichförmig verteilte Belastung und Beispiel für alternative Streckenlast

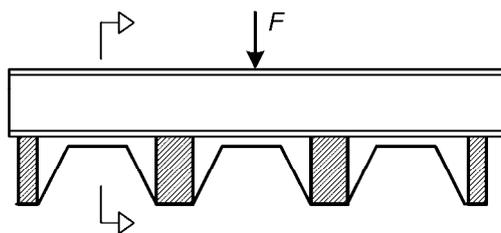
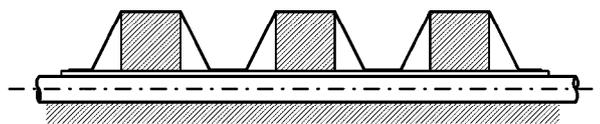


**Legende**  
(c) Querzugband

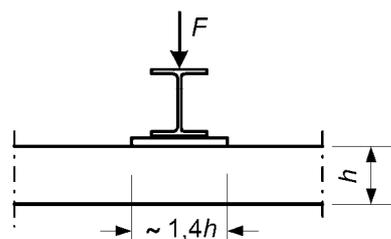
b) Verteilte Belastung eingetragen durch einen Luftsack (alternativ durch eine Unterdruckvorrichtung)



c) Beispielhafte Ausbildung der Auflager zur Vermeidung von Querschnittsverformungen

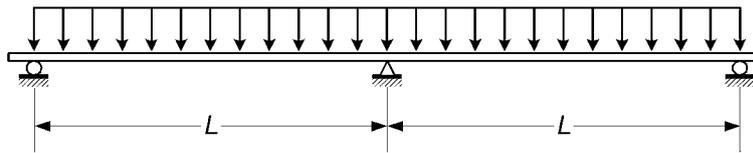


d) Beispielhafte Realisierung einer Streckenlast

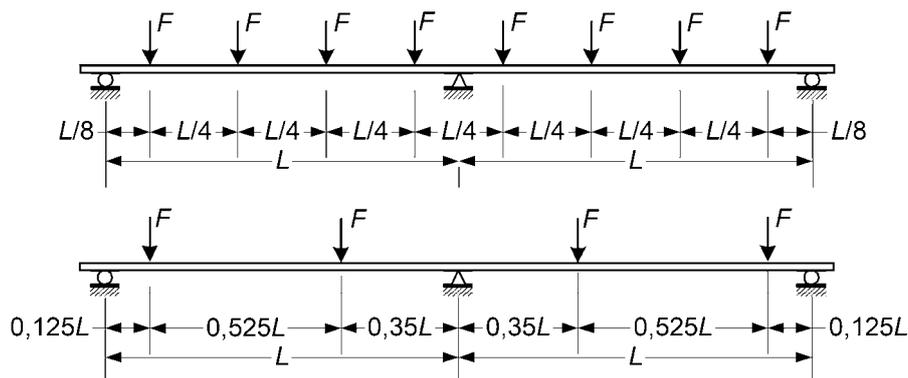


**Bild A.2 — Versuchsaufbau für Einfeldträgerversuche**

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**



**Bild A.3 — Versuchsaufbau für Zweifeldträgerversuche**



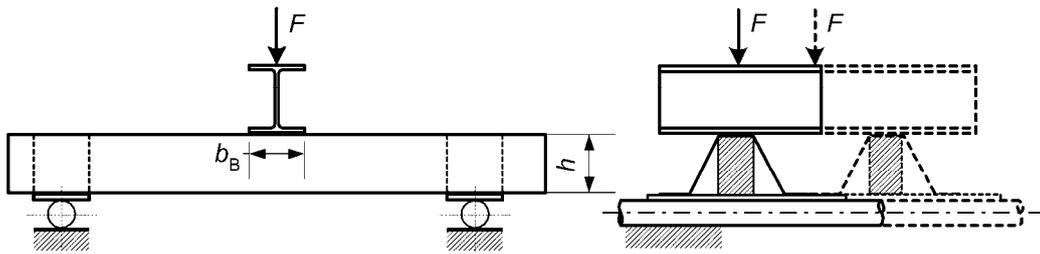
**Bild A.4 — Beispiele geeigneter Anordnungen alternativer Linienlasten**

- (4) Die Breite  $b_B$  des Lasteinleitungsträgers sollte der tatsächlichen Auflagerbreite entsprechen.
- (5) Für eine bestimmte Stützweite und Auflagerbreite ergibt sich als Versuchsergebnis die Beanspruchbarkeit bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Auflagerreaktion (oder Querkraft). Zur Ermittlung der Interaktion von Biegemoment und Auflagerreaktion sollten Versuche mit verschiedenen Stützweiten durchgeführt werden.
- (6) Zur Deutung der Versuchsergebnisse, siehe A.5.2.3.

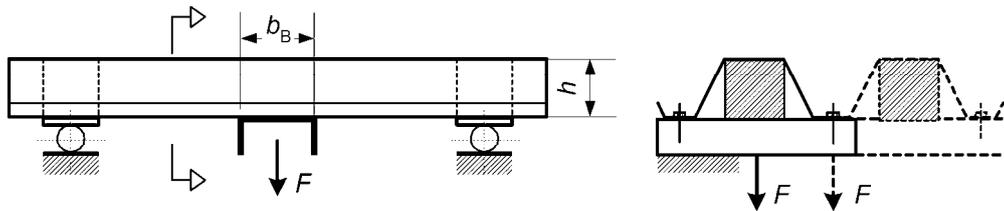
### A.2.5 Versuche am Endlager

- (1) Zur Bestimmung der Beanspruchbarkeit eines Profilbleches am Endauflager darf der Versuchsaufbau nach Bild A.6 verwendet werden.
- (2) Die Beanspruchbarkeit am Endauflager in Abhängigkeit vom Abstand  $u$  zwischen dem Schneidenaflager und dem Blechende sollte durch Versuche mit verschiedenen Abständen ermittelt werden, siehe Bild A.6.

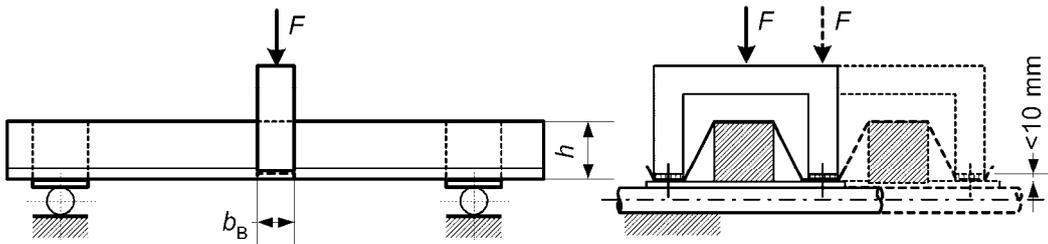
**ANMERKUNG** Während eines Biegeversuchs gemessene, maximale Lagerreaktionskräfte dürfen als untere Grenze der Tragfähigkeit sowohl für Schub als auch für örtliche Querlast herangezogen werden.



a) Ersatzträger zur Prüfung der Zwischenstützung eines Mehrfeldträgers unter Auflast

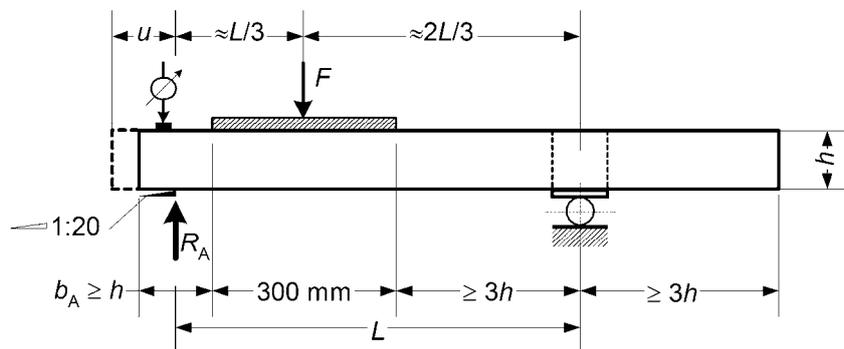


b) Ersatzträger zur Prüfung der Zwischenstützung eines Mehrfeldträgers unter abhebender Last



c) Ersatzträger zur Prüfung der Zwischenstützung eines Mehrfeldträgers mit der am Zugflansch angreifenden Belastung

**Bild A.5 — Versuchsaufbau für Ersatzträger zur Prüfung der Zwischenstützung bei Mehrfeldträgern**



**Legende:**

$b_A$  = Stützweite

$u$  = Abstand zwischen Innenkante Auflager und Ende des Blechs

**Bild A.6 — Aufbau zu Versuchen an Endauflagern**

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

### **A.3 Versuche an kaltgeformten Profilen**

#### **A.3.1 Allgemeines**

- (1) Jeder Prüfkörper sollte in jeder Hinsicht dem tatsächlichen Tragwerksteil entsprechen.
- (2) Der Versuchsaufbau sollte bezüglich der Auflagerbedingungen und Verbindungen so weit wie möglich dem tatsächlichen Bauteil oder Tragwerk entsprechen. Wenn dies nicht möglich ist, sollte eine Ausführung gewählt werden, die bezüglich der Beanspruchbarkeit oder Gebrauchstauglichkeit ungünstiger ist.
- (3) Die Lasteinleitung sollte derjenigen entsprechen, die tatsächlich zur Anwendung kommt. Es sollte sichergestellt werden, dass die Lasteinleitung keine Reduktion der Verformungen, verglichen mit denen der praktischen Nutzung, bewirkt und nicht in den Schnitten größter Beanspruchbarkeit erfolgt.
- (4) Bei gleichzeitiger Wirkung mehrerer Lasten sollte auf eine proportionale Laststeigerung geachtet werden.
- (5) Bei jeder Laststufe sollten die Verformungen oder Dehnungen an aussagefähigen Stellen des Prüfkörpers gemessen werden. Die Ablesung der Messinstrumente sollte nach dem Abklingen der Verformungen im Belastungsinkrement erfolgen.
- (6) Der Versagenszustand gilt als erreicht, wenn einer der folgenden Zustände eingetreten ist:
  - Bruch des Prüfkörpers;
  - Rissbildung in den für die Tragsicherheit wichtigen Bereichen;
  - exzessives Anwachsen der Verformungen.
- (7) Als Versuchsergebnis gilt die Versagenslast oder die Laststufe unmittelbar vor dem Versagen.
- (8) Die Messgenauigkeit sollte mit der Höhe der Belastung kompatibel sein; sie sollte in keinem Fall  $\pm 1\%$  der Versagenslast überschreiten. Die Bedingungen in (9) sind ebenfalls einzuhalten.
- (9) Die Messungen der geometrischen Kennwerte des Prüfkörpers sollten umfassen:
  - die Gesamtabmessungen (Länge, Breite und Höhe) mit einer Genauigkeit von  $\pm 1,0$  mm;
  - die Breite ebener Teilflächen des Querschnittes mit einer Genauigkeit von  $\pm 1,0$  mm;
  - Biegeradien mit einer Genauigkeit von  $\pm 1,0$  mm;
  - Neigungen ebener Teilflächen mit einer Genauigkeit von  $\pm 2,0^\circ$ ;
  - Winkel zwischen ebenen Teilflächen mit einer Genauigkeit von  $\pm 2,0^\circ$ ;
  - Lage und Abmessungen von Zwischensteifen mit einer Genauigkeit von  $\pm 1,0$  mm;
  - die Blechdicke mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,01$  mm;
  - als Mindestgenauigkeit darf die Abweichung aller Querschnittsmessungen den Wert  $0,5\%$  der Nennwerte nicht überschreiten.

(10) Alle anderen relevanten Parameter sollten ebenfalls überprüft werden, wie beispielsweise:

- die gegenseitige Lage der Komponenten des Bauteile;
- die Anordnung der Verbindungen;
- die Anzugsmomente der Schrauben usw.

### **A.3.2 Druckversuche am vollen Querschnitt**

#### **A.3.2.1 Kurzstabversuch**

(1) Kurzstabversuche an kaltgeformten Bauteilen dienen der Beurteilung der Auswirkungen örtlichen Beulverhaltens durch Ermittlung des Verhältnisses  $\beta_A = A_{\text{eff}} / A_g$  und der Lage der Schwerachse des wirk-samen Querschnittes.

(2) Wenn örtliches Beulen das Tragverhalten des Querschnittes bestimmt, sollte der Prüfkörper eine Mindestlänge von mindestens der dreifachen Breite der größten Querschnittsabmessung aufweisen.

(3) Prüfkörper mit Querschnittsschwächungen in Form von Löchern sollten mindestens 5 Löcher umfassen, wobei der Prüfkörper an beiden Enden mittig zwischen zwei Löchern abzuschneiden ist.

(4) Bei Querschnitten mit Rand- oder Zwischensteifen sollte sichergestellt werden, dass die Prüfkörperlänge nicht geringer ist als die erwartete Knicklänge der Steifen.

(5) Wenn die Gesamtlänge des Prüfkörpers größer ist als der zwanzigfache Wert des kleinsten Trägheitsradius  $i_{\text{min}}$  des Bruttoquerschnittes, sollten seitliche Halterungen mit einem Abstand von höchstens  $20 i_{\text{min}}$  angeordnet werden.

(6) Vor Versuchsbeginn sollte die Einhaltung der Toleranzen der Querschnittsabmessungen überprüft werden.

(7) Die Enden des Prüfkörpers sollte eben und rechtwinklig zur Längsachse ausgeführt werden.

(8) Die Druckkraft sollte an beiden Enden über mindestens 30 mm dicke Druckplatten mit 10 mm Überstand über dem Profilquerschnitt eingeleitet werden.

(9) Die Lasteinleitung in den Prüfkörper sollte über kugelförmige Gelenklager erfolgen. Die Druckplatten sind in der Regel mit Ausrundungen zur Aufnahme der Gelenklager zu versehen. Als Wirkungslinie der Last gilt die Schwerachse des berechneten wirk-samen Querschnittes. Falls sich die Lage als nicht korrekt erweist, erfolgt während der Versuchsserie eine Angleichung.

(10) Bei offenen Querschnitten dürfen federnde Rückstellverformungen berichtigt werden.

(11) Kurzstabversuche werden ausgeführt, um die Grenzdruckkraft des Querschnittes zu ermitteln. Bei der Auswertung der Versuchsergebnisse sind folgende Größen als Variable zu betrachten:

- die Materialdicke;
- der Verhältniswert  $b_p / t$ ;
- der Verhältniswert  $f_u / f_{yb}$ ;
- die Zugfestigkeit  $f_u$  und die Streckgrenze  $f_{yb}$ ;
- die Lage der Schwerachse des wirk-samen Querschnittes;

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

- Imperfektionen in den Teilflächen des Querschnittes;
- die Methode der Kaltumformung (z. B. Streckgrenzenerhöhung durch eine Formänderung, die in der Folge zurückgenommen wird).

**A.3.2.2 Knickstabversuch**

(1) Knickstabversuche dienen zur Ermittlung der Beanspruchbarkeit von gedrückten dünnwandigen Bauteilen unter Berücksichtigung globaler Instabilität (Biegeknicken, Drillknicken und Biegedrillknicken) und der Interaktion mit lokalem Beulen.

(2) Die Versuchsdurchführung entspricht derjenigen für Kurzstabversuche nach A.3.2.1.

(3) Zur Ermittlung einer Knickkurve für eine bestimmte Querschnittsform, eine bestimmte Stahlsorte oder einen besonderen Herstellungsprozess dürfen Versuche mit axial belasteten Prüfkörpern durchgeführt werden. Die bezogenen Schlankheitsgrade  $\bar{\lambda}$  und die zugehörige Mindestanzahl der Versuche  $n$  sind in Tabelle A.1 angegeben.

**Tabelle A.1 — Bezogener Schlankheitsgrad und Anzahl der Versuche**

$\bar{\lambda}$	0,2	0,5	0,7	1,0	1,3	1,6	2,0	3,0
$n$	3	5	5	5	5	5	5	5

(4) Ähnliche Versuche dürfen auch zur Ermittlung der Beanspruchbarkeit dünnwandiger gedrückter Bauteile mit Zwischenhalterungen eingesetzt werden.

(5) Zur Auswertung der Versuchsergebnisse sollten folgende Größen als Variable betrachtet werden:

- die bei den Kurzstabversuchen in A.3.2.1 (11) angegebenen Parameter;
- Stabvorverformungen, siehe (6);
- Arten von Randteileinspannungen oder Zwischenhalterungen (biege- und/ oder torsionssteif).

(6) Stabvorverformungen können folgendermaßen berücksichtigt werden:

- a) Ermittlung der kritischen Druckkraft  $F_{cr,bow,test}$  des Bauteils mit einem entsprechenden Berechnungsverfahren und mit Anfangsimperfektionen, die am Versuchskörper gemessen wurden.
- b) Ermittlung der kritischen Druckkraft  $F_{cr,bow,max,nom}$  wie a), jedoch mit der maximalen, nach Produktnorm zulässigen Anfangsimperfektion.
- c) Ermittlung des zusätzlichen Korrekturfaktors:  $F_{cr,bow,max,nom} / F_{cr,bow,test}$ .

**A.3.3 Zugversuch am vollen Querschnitt**

(1) Dieser Versuch dient der Ermittlung des durchschnittlichen Rechenwertes der infolge Kaltumformung erhöhten Streckgrenze  $f_{ya}$  des Gesamtquerschnittes.

(2) Die Mindestlänge des Prüfkörpers sollte mindestens der fünffachen Breite der größten Querschnitts-abmessung entsprechen.

(3) Um eine gleichförmige Zugspannungsverteilung zu erzeugen, sollte die Last über die Endlager eingebracht werden.

(4) Die Versagenszone sollte mindestens in einem Abstand zum Endauflager liegen, der der größten Querschnittsabmessung entspricht.

### **A.3.4 Biegeversuch am vollen Querschnitt**

(1) Dieser Versuch dient zur Ermittlung der Momentenbeanspruchbarkeit und der Rotationskapazität des Querschnittes.

(2) Der Prüfkörper sollte eine Mindestlänge von 15facher Querschnittshöhe aufweisen. Seitliche Abstützungen des Druckgurtes sollten denen der tatsächlichen Anwendung entsprechen.

(3) Zwei Einzellasten sollten so angeordnet werden, dass die Länge des Abschnittes mit konstantem Moment mindestens  $0,2 \times$  Stützweite, aber nicht mehr als  $0,33 \times$  Stützweite beträgt. Die Wirkungslinie dieser Lasten sollte durch den Schubmittelpunkt des Querschnittes verlaufen. An den Stellen der Lasteinleitung sollten Gabellagerungen vorgesehen werden. Falls erforderlich, ist örtliches Beulen an den Lasteinleitungsstellen zu verhindern, um das Versagen im Bereich des konstanten Biegemomentes zu erzwingen. Die Durchbiegungen sollten an den Lasteinleitungsstellen, in Stützweitenmitte und an den Enden des Prüfkörpers gemessen werden.

(4) Bei der Auswertung der Versuchsergebnisse sollten folgende Größen als Variable betrachtet werden:

- die Blechdicke;
- der Verhältnswert  $b_p / t$ ;
- der Verhältnswert  $f_u / f_{yb}$ ;
- die Zugfestigkeit  $f_u$  und die Streckgrenze  $f_{yb}$ ;
- Unterschiede zwischen den Einspannungen beim Versuch und in der tatsächlichen Anwendung;
- die Auflagerbedingungen.

## **A.4 Versuche an Tragwerken oder Tragwerksteilen**

### **A.4.1 Abnahmeversuch**

(1) Der Abnahmeversuch ist ein zerstörungsfreier Versuch zur Bestätigung des Verhaltens eines Tragwerks oder eines Tragwerksteils.

(2) Die Versuchslast sollte wie folgt zusammengesetzt werden:

- $1,0 \times$  (tatsächliche Eigenlast während des Versuches);
- $1,15 \times$  (übrige ständige Last);
- $1,25 \times$  (veränderliche Lasten),

aber nicht höher als der Mittelwert aus der Bemessungslast für den Nachweis des Grenzzustandes der Tragsicherheit und der Bemessungslast für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit mit der charakteristischen Lastkombination.

(3) Vor dem eigentlichen Abnahmeversuch darf zur Vermeidung von Setzungen eine Vorbelastung aufgebracht und wieder entfernt werden; diese Belastung darf den charakteristischen Wert der Last nicht überschreiten.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

- (4) Das Tragwerk sollte zuerst bis zur Höhe der gesamten charakteristischen Last belastet werden. Unter dieser Last sollte das Tragwerk ein ausgeprägtes elastisches Verhalten aufweisen. Bei der Entlastung darf die bleibende Verformung höchstens 20 % der gemessenen maximalen Verformung betragen, andernfalls wird der Belastungsvorgang wiederholt. Bei dieser Wiederholung sollte das Tragwerk ein ausgeprägtes, elastisches Verhalten bis zur Höhe der charakteristischen Last zeigen und die bleibende Verformung sollte nicht mehr als 10 % der maximalen gemessenen Verformung betragen.
- (5) Während des Abnahmeversuches sollte die Last in einer Anzahl gleicher Laststufen und Zeitabstände aufgebracht werden, und die Verformungen sollten bei jeder Laststufe registriert werden. Wenn die Verformungen deutlich nichtlinear werden, sollten die Laststufen vermindert werden.
- (6) Bei Erreichen der Last für den Abnahmeversuch sollte die Belastung konstant gehalten werden, um durch eine Reihe von Verformungsmessungen zu prüfen, ob das Tragwerk zeitabhängige Verformungen aufweist, wie etwa Verformungen in Verbindungen oder infolge Kriechens in der Zinkschicht.
- (7) Die Entlastung sollte in regelmäßigen Schritten begleitet durch Verformungsmessungen erfolgen.
- (8) Das Tragwerk sollte der Versuchslast ohne signifikante örtliche Verformungen oder Veränderungen, welche die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigen, standhalten.

#### **A.4.2 Zerstörungsfreier Festigkeitsversuch**

- (1) Dieser Tragfähigkeitsversuch dient zur Bestätigung der durch Berechnung ermittelten Tragfähigkeit eines Tragwerksteils oder des Gesamttragwerkes. Wenn eine Serie gleicher Bauteile nach einheitlichem Entwurf gebaut werden soll und ein oder mehrere Prototypen dieser Bauteile den Festigkeitsversuch bestanden haben, dann dürfen weitere Bauteile ohne Versuche abgenommen werden. Voraussetzung dafür ist, dass diese Bauteile bezüglich aller Eigenschaften den Prototypen entsprechen.
- (2) Vor der Ausführung der Festigkeitsversuche sollten die Versuchskörper zunächst einem Abnahmeversuch nach A.4.1 unterzogen werden.
- (3) Die Last sollte dann schrittweise bis zum Erreichen der beabsichtigten Versuchslast erhöht werden, und die Verformungen sind zu messen. Die Versuchslast sollte mindestens eine Stunde gehalten werden, und Verformungsmessungen sollten zeigen, ob Kriechen auftritt.
- (4) Die Entlastung sollte in regelmäßigen Schritten mit jeweiliger Messung der Verformungen erfolgen.
- (5) Die gesamte Versuchslast  $F_{str}$  (einschließlich der Eigenlast) sollte beim Festigkeitsversuch mit der durch Berechnung ermittelten Bemessungslast  $F_{Ed}$  für den Grenzzustand der Tragfähigkeit ermittelt werden, wobei gilt:

$$F_{str} = \gamma_{Mi} \mu_F F_{Ed} \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist  $\mu_F$  der Lastkorrekturbeiwert und  $\gamma_{Mi}$  der Teilsicherheitsbeiwert im Grenzzustand der Tragfähigkeit.

- (6) Der Lastkorrekturbeiwert  $\mu_F$  berücksichtigt Streuungen der Tragfähigkeit des Tragwerkes oder von Tragwerksteilen aufgrund von Abweichungen bei der Streckgrenze infolge örtlichen Beulens, der Beanspruchbarkeit beim Knicken oder anderer relevanter Einflussgrößen.
- (7) Wenn eine wirklichkeitsnahe Abschätzung der Tragfähigkeit mit den rechnerischen Bemessungsregeln in EN 1993-1-3 oder mit anderen anerkannten Berechnungsmethoden, die den Einfluss örtlichen Beulens erfassen, möglich ist, darf der Lastkorrekturbeiwert  $\mu_F$  mit dem Verhältnis der Versuchslast bezogen auf die durchschnittliche Basisstreckgrenze  $f_{ym}$  und dem entsprechenden Wert bezogen auf den Nennwert der Basisstreckgrenze  $f_{yb}$  gleichgesetzt werden.
- (8) Der Wert  $f_{ym}$  sollte aus den gemessenen Basisstreckgrenzen  $f_{yb,obs}$  der verschiedenen Tragwerkskomponenten oder Tragwerksteilen mit entsprechender Wichtung ermittelt werden.

- (9) Wenn wirklichkeitsnahe Bestimmungen der Tragfähigkeit nicht möglich sind, entspricht der Lastkorrekturbeiwert  $\mu_F$  dem Beiwert  $\mu_R$  nach A.6.2.
- (10) Unter der Versuchslast des Festigkeitsversuchs darf kein Versagen infolge Knicken oder Bruch in irgendeinem Teil des Versuchskörpers auftreten.
- (11) Bei der Entlastung sollte die Verformung um mindestens 20 % zurückgehen.

### **A.4.3 Tragfähigkeitsversuch bis zum Versagen**

- (1) Ein Tragfähigkeitsversuch bis zum Versagen dient zur Ermittlung der tatsächlichen Versagensform und der tatsächlichen Versagenslast eines Tragwerks oder eines Bauteils. Wenn der Prototyp nach Beendigung des Versuches nach A.4.2 keine weitere Verwendung findet, kann er für diesen Versuch genutzt werden.
- (2) Ein Tragfähigkeitsversuch bis zum Versagen kann auch durchgeführt werden, um den wirklichen Bemessungswert der Beanspruchbarkeit aus der Versagenslast abzuleiten. Da der Abnahmeversuch (A.4.1) und der Festigkeitsversuch (A.4.2) vorzugsweise zuerst durchgeführt werden, sollte zunächst der zu erwartende Bemessungswert der Beanspruchbarkeit als Grundlage für solche Versuche geschätzt werden.
- (3) Vor einem Tragfähigkeitsversuch bis zum Versagen sollte an dem Prüfkörper zuerst der Festigkeitsversuch nach A.4.2 durchgeführt werden. Der daraus geschätzte Bemessungswert der Beanspruchbarkeit kann dann als verbesserte Grundlage für den Tragfähigkeitsversuch dienen.
- (4) Bei einem Versuch bis zum Versagen erfolgt die Lastzunahme zunächst stufenweise bis zu der Versuchslast des Festigkeitsversuchs. Darauf folgende Laststufen sind auf der Grundlage der bis dahin ermittelten Last-Verformungskurve zu wählen.
- (5) Als Versagenslast gilt die Laststufe, bei der das Tragwerk oder das Bauteil keiner weiteren Lasterhöhung mehr standhalten kann.

ANMERKUNG An diesem Punkt treten wahrscheinlich große Querschnittsverformungen auf. Die großen Verformungen können zum Versuchsabbruch führen.

### **A.4.4 Kalibrationsversuch**

- (1) Ein Kalibrationsbestätigungsversuch wird durchgeführt, um:
- das Berechnungsmodell für das Tragverhalten zu prüfen;
  - bestimmte Parameter, die aus Berechnungsmodellen hergeleitet wurden, wie z. B. Tragfähigkeiten oder Steifigkeiten von Anschlüssen, zu quantifizieren.

## **A.5 Versuche an durch Profilbleche drehbehinderten Biegeträgern**

### **A.5.1 Allgemeines**

- (1) Die in diesem Abschnitt dargestellten Versuche gelten für Biegeträger, die durch Stahltrapezprofile oder andere geeignete flächenhafte Auflagen drehfedergebettet sind.
- (2) Die Versuche gelten für Pfetten, Wandriegel, Deckenträger und ähnliche Träger mit entsprechender Drehbehinderung.

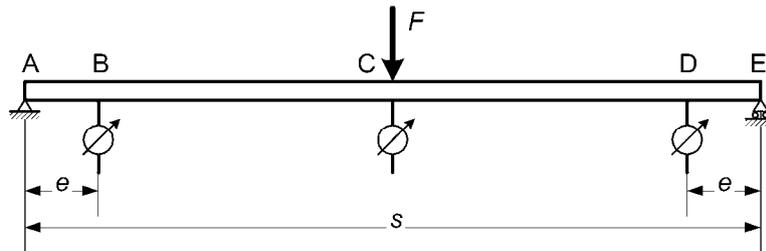
**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

## A.5.2 Versuch zur Prüfung der Innenstützung

### A.5.2.1 Versuchsaufbau

(1) Der Versuchsaufbau nach Bild A.7 dient zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Zwei- und Mehrfeldträgern im Bereich der Zwischenstütze bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment, Querkraft und Auflagerkraft.

ANMERKUNG Derselbe Versuchsaufbau gilt auch bei gekoppelten und gestoßenen Systemen.



**Bild A.7 — Versuchsaufbau für die Prüfung der Innenstützung**

(2) Die Auflager A und E sollten als Gelenklager bzw. Rollenlager ausgebildet werden. Eine Verdrehung um die Längsachse kann in geeigneter Weise, z. B. durch Klemmen, verhindert werden.

(3) Die Lasteintragung im Punkt C sollte der tatsächlichen Lasteinleitung des Gebrauchszustandes entsprechen.

ANMERKUNG In vielen Fällen bedeutet das, dass Horizontalverschiebungen der Gurte an der Stelle C zu behindern sind.

(4) In den Punkten B und D im Abstand  $e$  vom Auflager sollten die Verschiebungen gemessen werden, siehe Bild A.7, damit die Lagerverschiebungen bei der Ergebnisauswertung eliminiert werden können.

(5) Die Versuchstützweite  $s$  sollte so gewählt werden, dass die Kombination von Biegemoment und Querkraft im erwarteten Grenzzustand für die Bedingungen am tatsächlichen Bauteil repräsentativ ist.

(6) Bei Zweifeldträgern mit der Stützweite  $L$  und gleichmäßig verteilter Belastung ist in der Regel als Versuchsstützweite  $s = 0,4 L$  zu wählen. Wenn jedoch eine Momentenumlagerung infolge von Plastizierungen zu erwarten ist, dann sollte die Stützweite  $s$  im Hinblick auf das richtige Verhältnis von Moment zu Querkraft reduziert werden.

### A.5.2.2 Versuchsdurchführung

(1) Zusätzlich zu den allgemeinen Regeln für die Versuche ist Folgendes zu beachten.

(2) Der Versuch sollte nach Erreichen der Belastungsspitze fortgesetzt werden, und die Verformungen sollten gemessen und aufgezeichnet werden, bis die aufgebrachte Last sich um 10 % bis 15 % des Maximalwertes vermindert hat oder die Verformung den sechsfachen Betrag der elastischen Verformung erreicht hat.

### A.5.2.3 Interpretation der Versuchsergebnisse

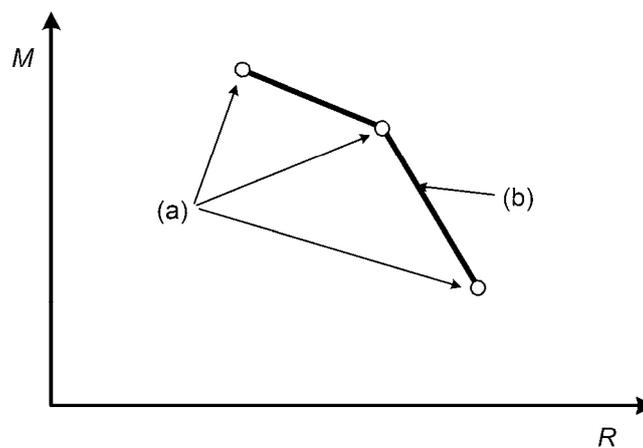
(1) Die Messwerte  $R_{\text{obs},i}$  sollten, wie in A.6.2 gezeigt, in Bezug auf die Nennwerte der Streckgrenze  $f_{y,b}$  und der Blechdicke  $t$  normiert werden, siehe 3.2.4. Die normierten Messwerte werden mit  $R_{\text{adj},i}$  bezeichnet.

(2) Für jede Versuchsstützweite  $s$  ergibt sich die Auflagerreaktion  $R$  als Mittelwert der ermittelten normierten Maximallast  $F_{\max}$ . Der zugehörige Wert des Stützmomentes  $M$  ist dann:

$$M = \frac{s R}{4} \quad (\text{A.3})$$

Im Allgemeinen ist der Eigengewichtsanteil bei der Berechnung des Moments  $M$  nach Gleichung (A.3) zu addieren.

(3) Die Wertepaare  $M$  und  $R$  sollten für jede Stützweite  $s$  entsprechend Bild 8 graphisch dargestellt werden. Wertepaare für zwischenliegende Kombinationen aus  $M$  und  $R$  dürfen durch lineare Interpolation ermittelt werden.



#### Legende

- (a) Versuchsergebnisse bei verschiedenen Stützweiten  $s$ ,  
 (b) lineare Interpolation

**Bild A.8 — Beziehung zwischen Stützmoment  $M$  und der Auflagerreaktionskraft  $R$**

(4) Die Durchbiegung (berichtigter Wert) an der Lasteinleitung C in Bild A.7 sollten aus der Differenz des Messwertes und des Mittelwertes der entsprechenden Durchbiegungsmessungen in B und D im Abstand  $e$  von den Auflagern A und E ermittelt werden, siehe Bild A.7.

(5) Bei jedem Versuch sollten die Last und die zugehörige Durchbiegung (berichtigter Wert) einander gegenübergestellt werden, siehe Bild A.9. Aus diesem Diagramm kann der Rotationswinkel  $\theta$  für eine bestimmte Lasthöhe wie folgt ermittelt werden:

$$\theta = \frac{2(\delta_{pl} - \delta_e - \delta_{el})}{0,5 s - e} \quad (\text{A.4a})$$

$$\theta = \frac{2(\delta_{pl} - \delta_e - \delta_{lin})}{0,5 s - e} \quad (\text{A.4b})$$

Dabei ist

$\delta_{el}$  die Durchbiegung (berichtigter Wert) bei einer bestimmten Belastung  $< F_{\max}$  auf dem ansteigenden Kurventeil;

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

$\delta_{pl}$  die Durchbiegung (berichtigter Wert) bei einer bestimmten Belastung  $> F_{max}$  auf dem abfallenden Kurventeil;

$\delta_{lin}$  die theoretische elastische Verformung für eine bestimmte Belastung bei linearem Verformungsverhalten, siehe Bild A.9;

$\delta_e$  der durchschnittliche Messwert der Verformung im Abstand  $e$  vom Auflager, siehe Bild A.7;

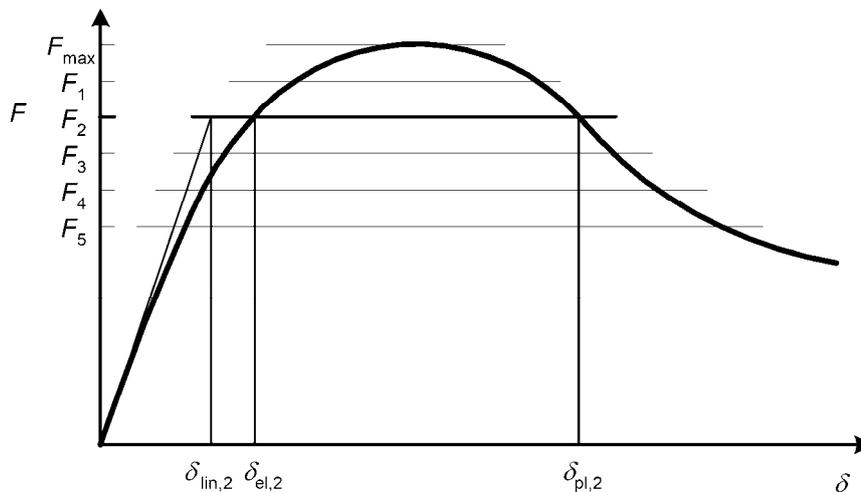
$s$  die Versuchsstützweite;

$e$  der Abstand zwischen dem Messpunkt und dem Auflager, siehe Bild A.7.

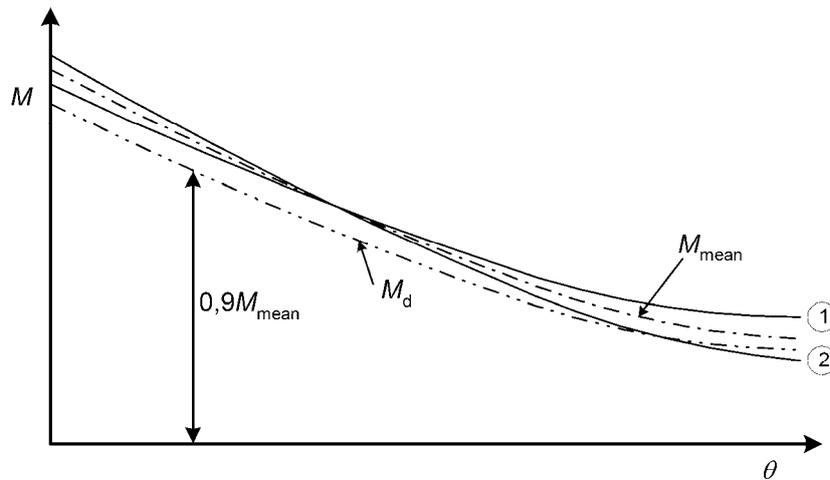
Die Gleichung (A.4a) wird verwendet, wenn die Berechnungen mit wirksamen Querschnitten durchgeführt werden. Die Gleichung (A.4b) gilt hingegen bei Berechnungen mit Bruttoquerschnitten.

(6) Die  $M-\theta$ -Beziehung sollte dann für jeden Versuch mit einer bestimmten Versuchsstützweite  $s$ , die einer bestimmten Trägerstützweite  $L$  entspricht, aufgetragen werden; siehe Bild A.10. Die für die Bemessung maßgebende  $M-\theta$ -Charakteristik des Trägers über der Zwischenstütze ist durch Multiplikation der Mittelwertkurve aus allen Versuchen mit 90 % zu bestimmen.

ANMERKUNG Kleinere Werte als 90 % sind in der Regel anzusetzen, wenn in den Versuchen auch die mögliche Wirkung von Biegedrillknicken und Ausknicken der freien Gurte im Bereich der Innenstützung miterfasst wird, siehe 10.1.3.2(4).



**Bild A.9 — Beziehung zwischen der Last  $F$  und der Verformung  $\delta$**

**Legende** $M_{\text{mean}}$  = Mittelwert, $M_d$  = Bemessungswert**Bild A.10 — Ableitung der Momenten-Rotationskurve-( $M$ - $\theta$ -)Charakteristik****A.5.3 Ermittlung der Drehbehinderung**

- (1) Der Versuchsaufbau nach Bild A.11 ist zur Ermittlung der Verdrehbehinderung durch am Obergurt des Trägers rechtwinklig zur Trägerstützweite befestigte Profiltafeln oder andere Bauteile vorgesehen.
- (2) Der Versuchsaufbau erfasst zwei verschiedene Beiträge zur gesamten Drehbehinderung:
  - a) die Seitensteifigkeit  $K_A$  je Längeneinheit entsprechend der Drehfedersteifigkeit der Verbindung zwischen Blech und Träger;
  - b) die Seitensteifigkeit  $K_B$  je Längeneinheit infolge der Querschnittsverformung der Pfette.
- (3) Die kombinierte Wegfedersteifigkeit darf wie folgt ermittelt werden:

$$\left( 1 / K_A + 1 / K_B \right) = \delta / F \quad (\text{A.5})$$

Dabei ist

$F$  die gleichförmig verteilte Streckenlast je Längeneinheit des Prüfkörpers, die eine Horizontalverschiebung von  $h/10$  erzeugt;

$h$  die Profilhöhe;

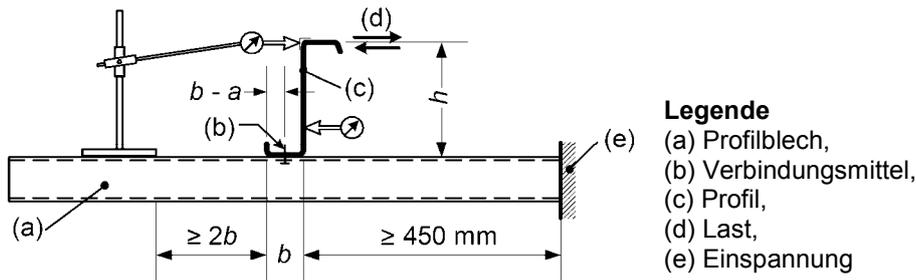
$\delta$  die Horizontalverschiebung des Obergurtes in Lastrichtung von  $F$ .

- (4) Bei der Auswertung der Versuchsergebnisse sollten folgende Größen als Variable betrachtet werden:

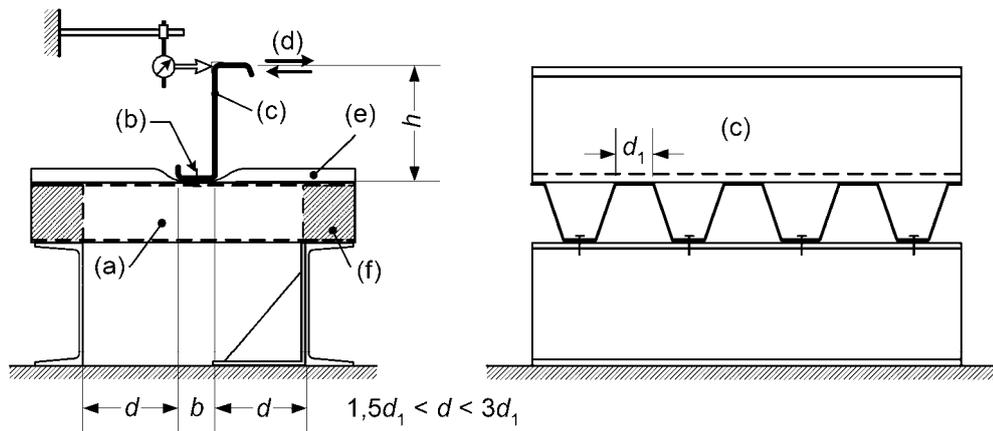
- die Anzahl der Verbindungsmittel je Längeneinheit des Prüfkörpers;
- die Art der Verbindungsmittel;
- die Biegesteifigkeit des Trägers im Verhältnis zur Blechdicke;

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

- die Biegesteifigkeit des Untergurtes des Profilblechs im Verhältnis zu Blechdicke;
- die Anordnung der Verbindungsmittel im Gurt des Profilblechs;
- der Abstand zwischen den Verbindungsmitteln und dem Rotationszentrum des Trägers;
- die Höhe  $h$  des Trägers;
- die mögliche Anordnung einer Isolierung zwischen Träger und Profilblech.



a) Alternative 1



- Legende**  
 (a) Profilblech,  
 (b) Verbindungsmittel,  
 (c) Profil,  
 (d) Last,  
 (e) Dämmung, falls vorhanden,  
 (f) Holzklötze

b) Alternative 2

**Bild A.11 — Experimentelle Bestimmung der Federsteifigkeiten  $K_A$  und  $K_B$**

## A.6 Auswertung der Versuchsergebnisse

### A.6.1 Allgemeines

(1) Ein Versagen eines Prüfkörpers liegt vor, wenn entweder das Lastmaximum oder die spezifizierten Verformungsgrenzen erreicht werden.

(2) Die Gesamtverformungen der Bauteile müssen in der Regel folgende Grenzen einhalten:

$$\delta \leq L/50 \quad (\text{A.6})$$

$$\phi \leq 1/50 \quad (\text{A.7})$$

Dabei ist

$\delta$  die maximale Durchbiegung des Trägers mit der Stützweite  $L$ ;

$\phi$  der maximale Verschiebungswinkel des Tragwerks.

(3) Bei Versuchen an Verbindungen oder Komponenten, bei denen große Verformungen für die Tragwerksnachweise erforderlich sind (z. B. für die Auswertung der Momenten-Rotations-Charakteristik von Überlappungsstößen), braucht eine Begrenzung der Gesamtverformungen im Versuch nicht vorgenommen zu werden.

(4) Zwischen dem duktilen Versagen und einem möglicherweise spröden Versagen sollte ein angemessener Sicherheitsabstand bestehen. Da ein sprödes Versagen bei Bauteilversuchen üblicherweise kaum vorkommt, können ergänzende Detailversuche von Bedeutung sein.

ANMERKUNG Dies gilt häufig für Verbindungen.

### A.6.2 Normierung der Versuchsergebnisse

(1) Die Versuchsergebnisse sollten wegen der Abweichungen zwischen den tatsächlichen Kennwerten und deren Nennwerten normiert werden.

(2) Die gemessene Streckgrenze des Grundmaterials  $f_{yb,obs}$  sollte um nicht mehr als –25 % vom Nennwert  $f_{yb}$  abweichen, d. h.  $f_{yb,obs} \geq 0,75 f_{yb}$ .

(3) Die vorhandene Blechdicke  $t_{obs}$  sollte den Nennwert der Blechdicke  $t_{nom}$  (s. 3.2.4) um nicht mehr als 12 % überschreiten.

(4) Die Normierung der Versuchsergebnisse bezüglich der Blechdicke  $t_{obs,cor}$  und der Streckgrenze  $f_{yb,obs}$  sollte bei allen Versuchsergebnissen vorgenommen werden, außer wenn die Versuche zur Kalibration von Bemessungsregeln herangezogen werden.

(5) Die normierten Werte  $R_{adj,i}$  der Versuchsergebnisse ergeben sich aus den gemessenen Werten  $R_{obs,i}$  mit:

$$R_{adj,i} = R_{obs,i} / \mu_R \quad (\text{A.8})$$

wobei der Korrekturbeiwert  $\mu_R$  folgendermaßen ermittelt wird:

$$\mu_R = \left( \frac{f_{yb,obs}}{f_{yb}} \right)^\alpha \left( \frac{t_{obs,cor}}{t_{cor}} \right)^\beta \quad (\text{A.9})$$

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

(6) Der Exponent  $\alpha$  in Formel (A.9) lautet:

- wenn  $f_{yb,obs} \leq f_{yb}$ :  $\alpha = 0$
- wenn  $f_{yb,obs} > f_{yb}$ :  $\alpha = 1$

Bei Profilblechen oder Kassettenprofilen, bei denen druckbeanspruchte Elemente große  $b_p / t$ -Werte aufweisen, so dass örtliches Beulen die Versagensform ist:

$$\alpha = 0,5.$$

(7) Der Exponent  $\beta$  in Gleichung (A.9) lautet:

- wenn  $t_{obs,cor} \leq t_{cor}$ :  $\beta = 1$
- wenn  $t_{obs,cor} > t_{cor}$ :
  - bei Versuchen mit Profilblechen oder Kassettenprofilen:  $\beta = 2$
  - bei Versuchen an Bauteilen, Tragwerken und Tragwerksteilen:
    - wenn  $b_p / t \leq (b_p / t)_{lim}$ :  $\beta = 1$
    - wenn  $b_p / t > 1,5(b_p / t)_{lim}$ :  $\beta = 2$
    - wenn  $(b_p / t)_{lim} < b_p / t < 1,5(b_p / t)_{lim}$ : lineare Interpolation von  $\beta$ .

Dabei lautet der Grenzwert  $(b_p / t)_{lim}$ :

$$(b_p / t)_{lim} = 0,64 \sqrt{\frac{E k_\sigma}{f_{yb}}} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb} / \gamma_{M1}}{\sigma_{com,Ed}}} \cong 19,1 \varepsilon \sqrt{k_\sigma} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb} / \gamma_{M1}}{\sigma_{com,Ed}}} \quad (\text{A.10})$$

Dabei ist

- $b_p$  die fiktive Breite einer ebenen Teilfläche;
- $k_\sigma$  der Beulwert nach EN 1993-1-5, Tabelle 4.1 oder 4.2;
- $\sigma_{com,Ed}$  die größte berechnete Druckspannung im Grenzzustand der Tragfähigkeit.

**ANMERKUNG** Liegen Auswertungen aufgrund von früheren Blechversuchen mit  $t_{obs,cor} / t_{cor} \leq 1,06$  vor, darf auf eine erneute Normierung bereits bekannt gemachter Bemessungsgrößen verzichtet werden, wenn diese das 1,02fache des  $R_{adj,i}$ -Wertes nach A.6.2 nicht überschreiten.

**AC** Für die Korrektur des Flächenmoments 2. Grades sollten, wo im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit lineares Verformungsverhalten zu beobachten ist, die Exponenten in Formel (A.9) wie folgt angesetzt werden:  $\alpha = 0,0$  und  $\beta = 1,0$ . **AC**

### A.6.3 Charakteristische Werte

#### A.6.3.1 Allgemeines

(1) Charakteristische Werte dürfen statistisch ermittelt werden, wenn mindestens 4 Versuchsergebnisse vorliegen.

ANMERKUNG Grundsätzlich ist eine größere Stichprobe vorzuziehen, besonders bei großer Streuung.

(2) Bei 3 oder weniger Versuchsergebnissen darf nach A.6.3.3 verfahren werden.

(3) Die Bestimmung des charakteristischen Wertes ist im Folgenden dargestellt. Wenn der charakteristische Wert als Maximalwert oder als Mittelwert verlangt wird, ist sinngemäß zu verfahren.

(4) Der charakteristische Wert  $R_k$  wird aus mindestens 4 Versuchsergebnissen wie folgt bestimmt:

$$R_k = R_m \pm k s \quad (\text{A.11})$$

Dabei ist

$s$  die Standardabweichung;

$k$  der stichprobenabhängige Beiwert nach Tabelle A.2 zur Erlangung der 5%-Fraktile;

$R_m$  der Mittelwert der normierten Versuchsergebnisse  $R_{\text{adj},i}$ .

Das Vorzeichen „+“ oder „-“ richtet sich nach dem betrachteten Maximal- oder Mindest-Wert.

ANMERKUNG Als allgemeine Regel gilt, dass für einen charakteristischen Wert der Beanspruchbarkeit das Vorzeichen „-“ gilt und z. B. für den charakteristischen Wert der Rotation beide Vorzeichen beachtet werden.

(5) Die Standardabweichung  $s$  erhält man mit:

$$s = \left[ \sum_{i=1}^n (R_{\text{adj},i} - R_m)^2 / (n-1) \right]^{0,5} \equiv \left[ \left[ \sum_{i=1}^n (R_{\text{adj},i})^2 - (1/n) \left( \sum_{i=1}^n R_{\text{adj},i} \right)^2 \right] / (n-1) \right]^{0,5} \quad (\text{A.12})$$

Dabei ist

$R_{\text{adj},i}$  das normierte Ergebnis für den  $i$ -ten Versuch ;

$n$  die Anzahl der Versuchsergebnisse.

**Tabelle A.2 — Koeffizient  $k$**

$N$	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$k$	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

## DIN EN 1993-1-3:2010-12 EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)

### A.6.3.2 Charakteristische Werte für Testreihen

(1) Wird eine Serie von Testreihen mit ähnlichen Tragwerken, Teilen von Tragwerken, einzelnen Bauteilen oder Profilblechen durchgeführt, bei denen ein oder mehrere Parameter variiert werden, so darf diese als eine einzige Testreihe betrachtet werden, vorausgesetzt, dass alle Prüfkörper die gleiche Versagensart aufweisen. Die variierenden Parameter können Querschnittsabmessungen, Stützweiten, Blechdicken oder Festigkeitswerte sein.

(2) Die charakteristischen Werte der Beanspruchbarkeiten der jeweiligen Testreihen der Serie dürfen auf der Grundlage einer Bemessungsgleichung ermittelt werden, die die maßgebenden Parameter mit den Versuchsergebnissen verknüpft. Diese Bemessungsgleichung darf entweder auf der Grundlage der Mechanik oder empirisch hergeleitet sein.

(3) Die Bemessungsgleichung sollte den Mittelwert des im Versuch ermittelten Widerstandes so genau wie möglich vorhersagen, indem der Koeffizient zur Optimierung der Korrelation mittelwertkorrigiert wird.

ANMERKUNG Näheres zu diesem Vorgehen enthält EN 1990, Anhang D.

(4) Bei der Bestimmung der Standardabweichung  $s$  wird jedes Versuchsergebnis zunächst durch Division mit dem entsprechenden Wert der Bemessungsgleichung normiert. Wenn die Bemessungsgleichung wie in (3) angegeben mittelwertkorrigiert wurde, ist der Mittelwert der normierten Versuchsergebnisse gleich eins. Die Anzahl der Versuche  $n$  ist gleich der Gesamtanzahl der Versuche in der Testreihe.

(5) Für eine Testserie von mindestens vier Versuchen ergibt sich der charakteristische Widerstand  $R_k$  aus Gleichung (A.11), indem für  $R_m$  der Wert der Bemessungsgleichung eingesetzt wird und der Wert  $k$  aus Tabelle A.2 entsprechend der Gesamtanzahl  $n$  der Versuche der Testserie entnommen wird.

### A.6.3.3 Charakteristische Werte bei kleiner Stichprobenanzahl

(1) Falls nur ein Versuch durchgeführt wird, sollte die charakteristische Beanspruchbarkeit  $R_k$  aus diesem Versuch mit dem normierten Wert  $R_{adj}$  wie folgt ermittelt werden:

$$R_k = 0,9 \eta_k R_{adj} \quad (\text{A.13})$$

Hierbei wird  $\eta_k$  in Abhängigkeit von der Versagensform angepasst:

- Fließen:  $\eta_k = 0,9$ ;
- Gesamtverformungen:  $\eta_k = 0,9$ ;
- lokales Beulen:  $\eta_k = 0,8$  bis  $0,9$ , abhängig von der Art des globalen Versuchsverhaltens;
- globale Instabilität:  $\eta_k = 0,7$ .

(2) Bei einer Testreihe von zwei oder drei Versuchen sollte der charakteristische Widerstand  $R_k$  wie folgt ermittelt werden, vorausgesetzt, dass jedes normierte Versuchsergebnis  $R_{adj,i}$  innerhalb von  $\pm 10\%$  des Mittelwertes  $R_m$  der normierten Versuchsergebnisse liegt:

$$R_k = \eta_k R_m \quad (\text{A.14})$$

(3) Der charakteristische Wert einer Steifigkeit (wie beispielsweise der Biege- oder Rotationssteifigkeit) darf als Mittelwert der Steifigkeiten aus mindestens zwei Versuchen angenommen werden, sofern alle Versuchsergebnisse im Rahmen von  $\pm 10\%$  des Mittelwertes liegen.

(4) Im Falle eines einzigen Versuches wird die Steifigkeit mit dem Faktor  $0,95$  bei günstiger Wirkung und mit dem Faktor  $1,05$  bei ungünstiger Wirkung multipliziert.

#### A.6.4 Bemessungswerte

(1) Die Bemessungswerte der Beanspruchbarkeit  $R_d$  sollten aus den charakteristischen Werten  $R_k$  der Versuchsergebnisse wie folgt bestimmt werden:

$$R_d = \eta_{\text{sys}} \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (\text{A.15})$$

Dabei ist

$\gamma_M$  der Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit;

$\eta_{\text{sys}}$  ein Umrechnungsfaktor zur Berücksichtigung der Unterschiede des Tragverhaltens unter Versuchsbedingungen und in der tatsächlichen Anwendung.

(2) Der entsprechende Wert  $\eta_{\text{sys}}$  richtet sich nach der Versuchsgestaltung.

(3) Bei Profilblechen und bei anderen definierten standardisierten Versuchen (einschließlich A.3.2.1 Kurzstabversuche, A.3.3 Zugversuche und A.3.4 Biegeversuche) darf  $\eta_{\text{sys}} = 1,0$  gesetzt werden. Bei Versuchen an drehfederbehinderten Trägern nach A.5 darf ebenfalls  $\eta_{\text{sys}} = 1,0$  gelten.

(4) Bei anderen Versuchen, bei denen mögliche Instabilitätsphänomene oder das Trag- und Verformungsverhalten des Tragwerks oder einzelner Tragwerksteile nicht zuverlässig durch Versuche erfasst werden können, sollte der Wert  $\eta_{\text{sys}}$  unter Berücksichtigung der Versuchssituation festgelegt werden, um eine zuverlässige Aussage zu erhalten.

**ANMERKUNG** Der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  darf im nationalen Anhang enthalten sein. Es wird empfohlen,  $\gamma_M$ -Werte wie für die rechnerische Bemessung aus Abschnitt 2 oder 8 anzusetzen, wenn sich nicht andere Werte mit Anhang D von EN 1990 ergeben.

#### A.6.5 Gebrauchstauglichkeit

(1) Es gelten die Regelungen des Abschnitts 7.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

## Anhang B (informativ)

### Dauerhaftigkeit von Verbindungsmitteln

(1) Für die Konstruktionsklassen I, II und III darf Tabelle B.1 angewendet werden.

**Tabelle B.1 — Werkstoff von Verbindungsmitteln in Hinsicht auf Umwelteinflüsse (und Blechwerkstoffe nur zur Information). Es wird nur die Korrosionsanfälligkeit betrachtet. Umweltklassen nach EN ISO 12944-2**

Umwelt- klasse	Blech- werkstoff	Werkstoff des Verbindungsmittels					
		Aluminium	Galvanisierter Stahl; Dicke des Überzuges > 7 µm	Feuerverzinkter Stahl <sup>b</sup> ; Dicke des Überzuges > 45 µm	Nichtrostender Stahl, gehärtet 1.4006 <sup>d</sup>	Nicht- rostender Stahl 1.4301 <sup>d</sup> 1.4436 <sup>d</sup>	Monel <sup>a</sup>
C1	A, B, C	X	X	X	X	X	X
	D, E, S	X	X	X	X	X	X
C2	A	X	-	X	X	X	X
	C, D, E	X	-	X	X	X	X
	S	X	-	X	X	X	X
C3	A	X	-	X	-	X	X
	C, E	X	-	X	(X) <sup>c</sup>	(X) <sup>c</sup>	-
	D	X	-	X	-	(X) <sup>c</sup>	X
	S	-	-	X	X	X	X
C4	A	X	-	(X) <sup>c</sup>	-	(X) <sup>c</sup>	-
	D	-	-	X	-	(X) <sup>c</sup>	-
	E	X	-	X	-	(X) <sup>c</sup>	-
	S	-	-	X	-	X	X
C5-I	A	X	-	-	-	(X) <sup>c</sup>	-
	D <sup>f</sup>	-	-	X	-	(X) <sup>c</sup>	-
	S	-	-	-	-	X	-
C5-M	A	X	-	-	-	(X) <sup>c</sup>	-
	D <sup>f</sup>	-	-	X	-	(X) <sup>c</sup>	-
	S	-	-	-	-	X	-
ANMERKUNG Unbeschichtete Verbindungsmittel aus Stahl dürfen in der Korrosionsschutzklasse C1 eingesetzt werden.							
A	Aluminium ohne Angabe zur Oberfläche			-	Werkstofftyp wird nicht als Korrosionsschutzsicht empfohlen		
B	Nichtbeschichtetes Stahlblech			-	Werkstofftyp wird nicht als Korrosionsschutzsicht empfohlen		
C	Feuerverzinktes (Z275) oder Aluzink-beschichtetes (AZ150) Stahlblech			a	Bezieht sich ausschließlich auf Nieten		
				b	Bezieht sich ausschließlich auf Schrauben und Muttern		
D	Feuerverzinktes Stahlblech + Farb- oder Kunststoffbeschichtung			c	Isolierscheiben aus alterungsbeständigem Material zwischen Blech und Verbindungsmittel		
E	Aluzink-beschichtetes (AZ185) Stahlblech			c	Isolierscheiben aus alterungsbeständigem Material zwischen Blech und Verbindungsmittel		
S	Nichtrostender Stahl			c	Isolierscheiben aus alterungsbeständigem Material zwischen Blech und Verbindungsmittel		
X	Werkstofftyp wird aus Korrosionsschutzsicht empfohlen			d	Nichtrostender Stahl EN 10088		
(X)	Werkstofftyp wird aus Korrosionsschutzsicht nur unter bestimmten Umständen empfohlen			e	Neigung zur Farbänderung.		
				f	Immer mit dem Hersteller abzustimmen		

(2) Die Umweltklassen nach EN ISO 12944-2 sind in Tabelle B.2 angegeben.

**Tabelle B.2 — Kategorien atmosphärischer Korrosivität nach EN ISO 12944-2 und Beispiele für typische Umweltbedingungen**

Korro- sivitäts- kategorie	Grad der Korro- sivität	Beispiele typischer Umweltbedingungen in gemäßigttem Klima (informativ)	
		Außen	Innen
C1	sehr niedrig	–	Beheizte Gebäude mit sauberer Luft, z. B. Büros, Geschäfte, Schulen und Hotels.
C2	niedrig	Gegenden mit niedriger Luftverschmutzung. Überwiegend ländliche Gebiete.	Unbeheizte Gebäude mit Kondenswasserausfall, z. B. Lager, Sporthallen.
C3	mittel	Städtische und industrielle Gegenden, mäßige Verschmutzung durch Schwefeldioxid. Küstennahe Gegenden mit niedrigem Salzgehalt.	Produktionsstätten mit hoher Feuchtigkeit und geringer Luftverschmutzung, z. B. in der Nahrungsmittelindustrie, Wäschereien, Brauereien und Molkereien.
C4	hoch	Industrielle Gegenden und Küstengebiete mit mäßigem Salzgehalt.	Chemiewerke, Schwimmbäder, küstennahe Werften.
C5-I	sehr hoch (Indus- trie)	Industrielle Gegenden mit hoher Luftfeuchtigkeit und aggressiven Luftverhältnissen.	Gebäude oder Bereiche mit fast ständigem Kondenswasserausfall und hoher Verschmutzung.
C5-M	sehr hoch (See- klima)	Küstengebiete und Offshore- Standorte mit hohem Salzgehalt.	Gebäude oder Bereiche mit fast ständigem Kondenswasserausfall und hoher Verschmutzung.

## Anhang C (informativ)

### Querschnittswerte für dünnwandige Querschnitte

#### C.1 Offene Querschnitte

(1) Unterteilung des Querschnitts in  $n$  Teilstücke. Durchnummerierung der Teilstücke von 1 bis  $n$ .

Einfügen von Knoten 0 bis  $n$  zwischen den Teilstücken.

Teilstück  $i$  wird somit durch die Knoten  $i-1$  und  $i$  definiert.

Angabe von Knoten, Koordinaten und (wirksamen) Dicken.

Knoten und Teilstücken  $j=0..n \quad i=1..n$

Fläche eines Querschnittsteils

$$dA_i = \left[ t_i \sqrt{(y_i - y_{i-1})^2 + (z_i - z_{i-1})^2} \right]$$

Querschnittsfläche:

$$A = \sum_{i=1}^n dA_i$$

Flächenmoment ersten Grades bezogen auf die  $y$ -Achse und Koordinaten des Schwerpunkts:

$$S_{y0} = \sum_{i=1}^n (z_i + z_{i-1}) \frac{dA_i}{2} \quad z_{gc} = \frac{S_{y0}}{A}$$

Flächenmoment 2. Grades mit Bezug bezogen auf die ursprüngliche  $y$ -Achse und die neue  $y$ -Achse durch den Schwerpunkt:

$$I_{y0} = \sum_{i=1}^n \left[ (z_i)^2 + (z_{i-1})^2 + z_i \cdot z_{i-1} \right] \cdot \frac{dA_i}{3} \quad I_y = I_{y0} - A \cdot z_{gc}^2$$

Flächenmoment ersten Grades bezogen auf die  $z$ -Achse und den Schwerpunkt:

$$S_{z0} = \sum_{i=1}^n (y_i + y_{i-1}) \cdot \frac{dA_i}{2} \quad y_{gc} = \frac{S_{z0}}{A}$$

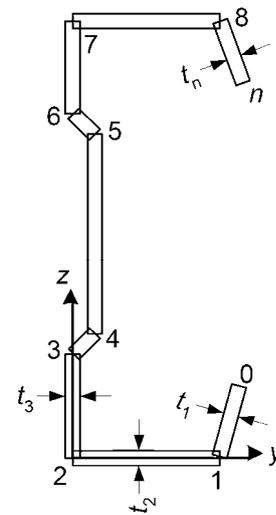


Bild C.1 — Knoten zwischen Querschnittsteilen

Flächenmoment 2. Grades bezogen auf die ursprüngliche z-Achse und die neue z-Achse durch den Schwerpunkt:

$$I_{z0} = \sum_{i=1}^n \left[ (y_i)^2 + (y_{i-1})^2 + y_i \cdot y_{i-1} \right] \cdot \frac{dA_i}{3} \quad I_z = I_{z0} - A \cdot y_{gc}^2$$

Deviationsmoment zum Ursprungskoordinatensystem und zum Schwerpunkt:

$$I_{yz0} = \sum_{i=1}^n \left( 2 \cdot y_{i-1} \cdot z_{i-1} + 2 \cdot y_i \cdot z_i + y_{i-1} \cdot z_i + y_i \cdot z_{i-1} \right) \cdot \frac{dA_i}{6} \quad I_{yz} = I_{yz0} - \frac{S_{y0} \cdot S_{z0}}{A}$$

Hauptachsen:

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctan \left( \frac{2I_{yz}}{I_z - I_y} \right) \text{ wenn } (I_z - I_y) \neq 0 \text{ sonst } \alpha = 0$$

$$I_\xi = \frac{1}{2} \cdot \left[ I_y + I_z + \sqrt{(I_z - I_y)^2 + 4 \cdot I_{yz}^2} \right]$$

$$I_\eta = \frac{1}{2} \cdot \left[ I_y + I_z - \sqrt{(I_z - I_y)^2 + 4 \cdot I_{yz}^2} \right]$$

Wölbkoordinaten der Teilstücke in Bezug auf das Ursprungskoordinatensystem:

$$\omega_0 = 0 \quad \omega_{0i} = y_{i-1} \cdot z_i - y_i \cdot z_{i-1} \quad \omega_i = \omega_{i-1} + \omega_{0i}$$

Mittelwert der Wölbkoordinaten mit Bezug auf das Ursprungskoordinatensystem:

$$I_\omega = \sum_{i=1}^n (\omega_{i-1} + \omega_i) \cdot \frac{dA_i}{2} \quad \omega_{mean} = \frac{I_\omega}{A}$$

Wölbflächenmomente:

$$I_{y\omega} = \sum_{i=1}^n \left( 2 \cdot y_{i-1} \cdot \omega_{i-1} + 2 \cdot y_i \cdot \omega_i + y_{i-1} \cdot \omega_i + y_i \cdot \omega_{i-1} \right) \cdot \frac{dA_i}{6} \quad I_{y\omega} = I_{y\omega} - \frac{S_{z0} \cdot I_\omega}{A}$$

$$I_{z\omega} = \sum_{i=1}^n \left( 2 \cdot \omega_{i-1} \cdot z_{i-1} + 2 \cdot \omega_i \cdot z_i + \omega_{i-1} \cdot z_i + \omega_i \cdot z_{i-1} \right) \cdot \frac{dA_i}{6} \quad I_{z\omega} = I_{z\omega} - \frac{S_{y0} \cdot I_\omega}{A}$$

$$I_{\omega\omega} = \sum_{i=1}^n \left[ (\omega_i)^2 + (\omega_{i-1})^2 + \omega_i \cdot \omega_{i-1} \right] \cdot \frac{dA_i}{3} \quad I_{\omega\omega} = I_{\omega\omega} - \frac{I_\omega^2}{A}$$

Schubmittelpunkt:

$$y_{sc} = \frac{I_{z\omega} I_z - I_{y\omega} I_{yz}}{I_y \cdot I_z - I_{yz}^2} \quad z_{sc} = \frac{-I_{y\omega} I_y + I_{z\omega} I_{yz}}{I_y \cdot I_z - I_{yz}^2} \quad (I_y I_z - I_{yz}^2 \neq 0)$$

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

Wöblflächenmoment 2. Grades:

$$I_w = I_{\omega\omega} + z_{sc} \cdot I_{y\omega} - y_{sc} \cdot I_{z\omega}$$

Torsionsflächenmoment 2. Grades und Torsionswiderstand (St. Venant):

$$I_t = \sum_{i=1}^n dA_i \cdot \frac{(t_i)^2}{3} \quad W_t = \frac{I_t}{\min(t)}$$

Wölbkoordinate mit Bezug auf den Schubmittelpunkt:

$$\omega_{s_j} = \omega_j - \omega_{mean} + z_{sc} \cdot (y_j - y_{gc}) - y_{sc} \cdot (z_j - z_{gc})$$

Maximale Wölbkoordinate und Wölbwiderstandsmoment:

$$\omega_{max} = \max(|\omega_s|) \quad W_w = \frac{I_w}{\omega_{max}}$$

Abstand zwischen Schubmittelpunkt und Schwerpunkt:

$$y_s = y_{sc} - y_{gc} \quad z_s = z_{sc} - z_{gc}$$

Polares Flächenmoment bezogen auf den Schubmittelpunkt:

$$I_p = I_y + I_z + A(y_s^2 + z_s^2)$$

Faktoren  $z_j$  und  $y_j$  für unsymmetrisches Verhalten.

$$z_j = z_s - \frac{0.5}{I_y} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ (z_{c_i})^3 + z_{c_i} \cdot \left[ \frac{(z_i - z_{i-1})^2}{4} + (y_{c_i})^2 + \frac{(y_i - y_{i-1})^2}{12} \right] + y_{c_i} \cdot \frac{(y_i - y_{i-1}) \cdot (z_i - z_{i-1})}{6} \right] \cdot dA_i$$

$$y_j = y_s - \frac{0.5}{I_z} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ (y_{c_i})^3 + y_{c_i} \cdot \left[ \frac{(y_i - y_{i-1})^2}{4} + (z_{c_i})^2 + \frac{(z_i - z_{i-1})^2}{12} \right] + z_{c_i} \cdot \frac{(z_i - z_{i-1}) \cdot (y_i - y_{i-1})}{6} \right] \cdot dA_i$$

Die Koordinaten des Teilstückschwerpunkte bezogen auf den Schubmittelpunkt sind:

$$y_{c_i} = \frac{y_i + y_{i-1}}{2} - y_{gc} \quad z_{c_i} = \frac{z_i + z_{i-1}}{2} - z_{gc}$$

ANMERKUNG  $z_j = 0$  ( $y_j = 0$ ) bei Querschnitten, in denen die  $y$ -Achse ( $z$ -Achse) Symmetrieachse ist, siehe Bild C.1.

### C.2 Querschnittswerte für offene, verzweigte Querschnitte

(1) Bei verzweigten Querschnitten gilt die Gleichung in C.1. Jedoch verläuft die Integrationsrichtung bei Querschnittsabzweigungen entgegengesetzt (mit der Dicke  $t = 0$ ), siehe Abzweig 3 – 4 – 5 und 6 – 7 in Bild C.2. Ein verzweigter Querschnitt hat Punkte, an denen mehr als zwei Querschnittsteile aneinandergrenzen.

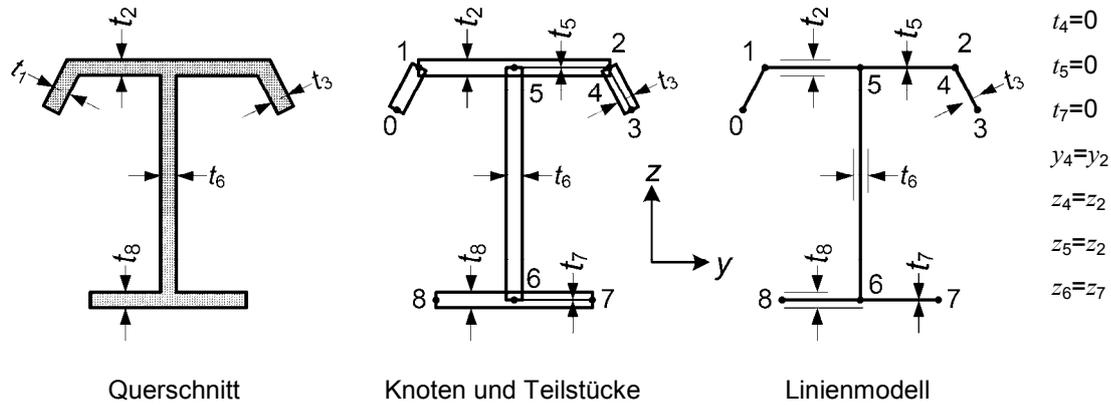


Bild C.2 — Knoten und Teilstücke bei verzweigten Querschnitten

### C.3 Torsionssteifigkeit von Querschnitten mit geschlossenem Querschnittsteil

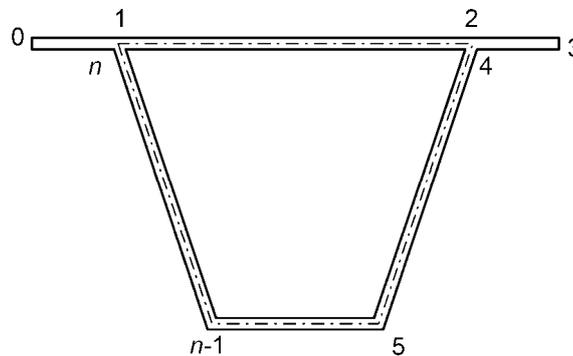


Bild C.3 — Querschnitt mit einem geschlossenen Teil

(1) Bei symmetrischen oder nicht symmetrischen Querschnitten mit einem geschlossenen Teil, Bild C.3, erhält man den Torsionswiderstand und das Torsionswiderstandsmoment mit:

$$I_t = \frac{4A_t^2}{S_t} \quad \text{und} \quad W_t = 2 A_t \min(t_i)$$

wobei

$$A_t = 0,5 \sum_{i=2}^n (y_i - y_{i-1})(z_i + z_{i-1}) \quad S_t = \sum_{i=2}^n \frac{\sqrt{(y_i - y_{i-1})^2 + (z_i - z_{i-1})^2}}{t_i} \quad (t_i \neq 0)$$

## **Anhang D** **(informativ)**

### **Gemischte Anwendung von wirksamen Breiten und wirksamen Dicken bei einseitig gestützten Querschnittsteilen**

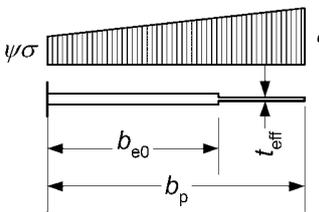
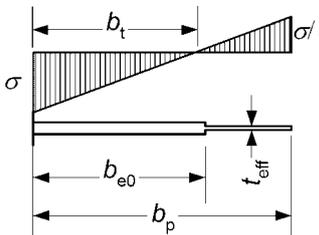
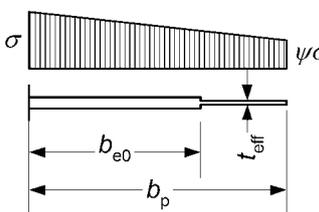
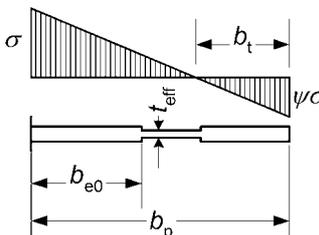
(1) Dieser Anhang enthält eine Alternative zur Methode der wirksamen Breiten in 5.5.2 für einseitig druckbeanspruchte gestützte Querschnittsteile. Die wirksame Fläche setzt sich aus der Teilflächendicke multipliziert mit der wirksamen Breite  $b_{e0}$  und einer wirksamen Dicke  $t_{eff}$  multipliziert mit der übrigen Elementbreite  $b_p$  zusammen. Siehe Tabelle D.1.

Der Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_p$  und der Abminderungsbeiwert  $\rho$  werden nach 5.5.2 zur Ermittlung des Beulfaktors  $k_\sigma$  in Tabelle D.1 berechnet.

Das Spannungsverhältnis  $\psi$  zur Bestimmung von  $k_\sigma$  darf mit den Bruttoquerschnittswerten ermittelt werden.

(2) Der Beanspruchbarkeit des Querschnitts liegt eine elastische Spannungsverteilung über den Querschnitt zugrunde.

Tabelle D.1 — Einseitig gestützte druckbeanspruchte Teilflächen

Maximale Druckbeanspruchung am freien Rand		
Spannungsverteilung	Wirksame Breite und Dicke	ideeller Beulwert
	$1 \geq \psi \geq 0$ $b_{e0} = 0,42b_p$ $t_{eff} = (1,75\rho - 0,75)t$	$1 \geq \psi \geq -2$ $k_\sigma = \frac{1,7}{3 + \psi}$
	$\psi < 0$ $b_{e0} = \frac{0,42b_p}{(1 - \psi)} + b_t < b_p$ $b_t = \frac{\psi b_p}{(\psi - 1)}$ $t_{eff} = (1,75\rho - 0,75 - 0,15\psi)t$	$-2 > \psi \geq -3$ $k_\sigma = 3,3(1 + \psi) + 1,25\psi^2$
		$\psi < -3$ $k_\sigma = 0,29(1 - \psi)^2$
Maximale Druckbeanspruchung am gestützten Rand		
Spannungsverteilung	Wirksame Breite und Dicke	ideeller Beulwert
	$1 \geq \psi \geq 0$ $b_{e0} = 0,42b_p$ $t_{eff} = (1,75\rho - 0,75)t$	$1 \geq \psi \geq 0$ $k_\sigma = \frac{1,7}{1 + 3\psi}$
	$\psi < 0$ $b_{e0} = \frac{0,42b_p}{(1 - \psi)}$ $b_t = \frac{\psi b_p}{(\psi - 1)}$ $t_{eff} = (1,75\rho - 0,75)t$	$0 \geq \psi \geq -1$ $k_\sigma = 1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$
		$\psi < -1$ $k_\sigma = 5,98(1 - \psi)^2$

## Anhang E (informativ)

### Vereinfachte Pfettenbemessung

(1) Pfetten mit C-, Z- und  $\Sigma$ -Querschnitt mit oder ohne zusätzlichen Aussteifungen in Steg oder Flansch dürfen nach (2) bis (4) bemessen werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- die Querschnittsmaße liegen innerhalb der Grenzen von Tabelle E.1;
- die Pfetten sind durch Trapezbleche horizontal gehalten, wobei die horizontale Halterung die Bedingungsgleichung (10.1a) erfüllt;
- die Pfetten sind gegen Verdrehung durch Trapezbleche gehalten, und die Bedingungen der Tabelle AC 10.3 AC sind erfüllt;
- die Pfetten haben gleiche Stützweiten und sind gleichförmig belastet.

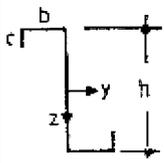
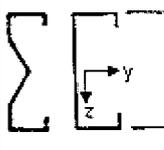
Diese Methode ist nicht zu verwenden bei:

- Systemen mit Schlaudern;
- gekoppelten und gestoßenen Durchlaufsystemen;
- bei einer Normalkraftbeanspruchung  $N_{Ed}$ .

ANMERKUNG Einschränkungen und Gültigkeit dieses Verfahrens dürfen im nationalen Anhang angegeben sein.

**Tabelle E.1 — Anwendungsgrenzen für das vereinfachte Verfahren und von Tabelle 5.1 und Abschnitt 5.2 abweichende Grenzen**

(die Achsen  $y$  und  $z$  liegen parallel bzw. rechtwinklig zum Obergurt)

Pfetten	t in mm	b/t	h/t	h/b	c/t	b/c	L/h
	$\geq 1,25$	$\leq 55$	$\leq 160$	$\leq 3,43$	$\leq 20$	$\leq 4,0$	$\geq 15$
	$\geq 1,25$	$\leq 55$	$\leq 160$	$\leq 3,43$	$\leq 20$	$\leq 4,0$	$\geq 15$

(2) Für den Bemessungswert des Biegemoments  $M_{Ed}$  gilt

$$\frac{M_{Ed}}{M_{LT,Rd}} \leq 1 \quad (\text{E.1})$$

Dabei ist

$$M_{LT,Rd} = \left( \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \right) W_{\text{eff},y} \frac{\chi_{LT}}{k_d} \quad (\text{E.2})$$

$W_{\text{eff},y}$  das wirksame Widerstandsmoment mit Bezug auf die y-Achse;

$\chi_{LT}$  der Abminderungsbeiwert für Biegedrillknicken in Abhängigkeit von  $\bar{\lambda}_{LT}$  nach 6.2.3, wobei  $\alpha_{LT}$  durch  $\alpha_{LT,\text{eff}}$  ersetzt wird;

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{\text{eff},y} f_y}{M_{cr}}} \quad (\text{E.3})$$

$$\alpha_{LT,\text{eff}} = \alpha_{LT} \sqrt{\frac{W_{\text{el},y}}{W_{\text{eff},y}}} \quad (\text{E.4})$$

$\alpha_{LT}$  der Imperfektionsbeiwert nach 6.2.3;

$W_{\text{el},y}$  das Widerstandsmoment des Bruttoquerschnitts mit Bezug auf die y-y-Achse;

$k_d$  der Koeffizient zur Berücksichtigung des nicht gehaltenen Pfettenteils nach Gleichung (E.5) und Tabelle E.2;

$$k_d = \left( a_1 - a_2 \frac{L}{h} \right), \text{ jedoch } \geq 1,0 \quad (\text{E.5})$$

$a_1, a_2$  Koeffizienten aus Tabelle E.2;

$L$  Stützweite der Pfette;

$h$  Gesamthöhe der Pfette.

**DIN EN 1993-1-3:2010-12**  
**EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 (D)**

**Tabelle E.2 — Beiwerte  $a_1, a_2$  für Gleichung (E.5)**

System	Z-Pfetten		C-Pfetten		Σ-Pfetten	
	$a_1$	$a_2$	$a_1$	$a_2$	$a_1$	$a_2$
Einfeldträger mit Auflast	1.0	0	1.1	0.002	1.1	0.002
Einfeldträger mit abhebender Last	1.3	0	3.5	0.050	1.9	0.020
Durchlaufträger mit Auflast	1.0	0	1.6	0.020	1.6	0.020
Durchlaufträger mit abhebender Last	1.4	0.010	2.7	0.040	1.0	0

(3) Der Abminderungsbeiwert  $\chi_{LT}$  ergibt sich nach Gleichung (E.6), wenn ein Einfeldträger unter Auflast vorliegt oder wenn Gleichung (E.7) erfüllt ist.

$$\chi_{LT} = 1,0 \tag{E.6}$$

$$C_D \geq \frac{M_{el,u}^2}{EI_v} k_g \tag{E.7}$$

Dabei ist

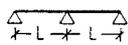
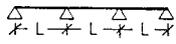
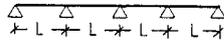
$$M_{el,u} = W_{el,u} f_y \text{ die elastische Momententragfähigkeit des Bruttoquerschnitts mit Bezug zur starken Hauptachse } u-u; \tag{E.8}$$

$I_v$  Trägheitsmoment des Bruttoquerschnitts mit Bezug zur schwachen Hauptachse v-v;

$k_g$  Beiwert zur Berücksichtigung des statischen Systems der Pfette nach Tabelle E.3.

ANMERKUNG Bei C-Pfetten und Σ-Pfetten mit gleich großen Flanschen gilt  $I_v = I_z, W_u = W_y$  und  $M_{el,u} = M_{el,y}$ . Die Bezeichnungen der Querschnittsachsen sind in Bild 1.7 und **AC** 1.5.4 **AC** dargestellt.

**Tabelle E.3 — Beiwerte  $k_g$**

Statisches System	Auflast	abhebende Last
	–	0.210
	0.07	0.029
	0.15	0.066
	0.10	0.053

(4) In Fällen, die durch (3) nicht abgedeckt sind, sollte der Abminderungsbeiwert  $\chi_{LT}$  nach 6.2.4 mit  $\bar{\lambda}_{LT}$  und  $\alpha_{LT,eff}$  berechnet werden. Das ideal-kritische Verzweigungsmoment für Biegedrillknicken  $M_{cr}$  darf mit Gleichung (E.9) bestimmt werden:

$$M_{cr} = \frac{k}{L} \sqrt{G I_t^* E I_v} \tag{E.9}$$

Dabei ist

$I_t^*$  der fiktive St. Venant'sche Torsionswiderstand unter Berücksichtigung der wirksamen Drehbettung nach den Gleichungen (E.10) und (E.11):

$$I_t^* = I_t + C_D \frac{L^2}{\pi^2 G} \tag{E.10}$$

$I_t$  der St. Venant'sche Torsionswiderstand der Pfette;

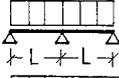
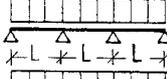
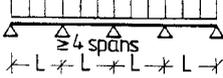
$$1 / C_D = \frac{1}{C_{D,A}} + \frac{1}{C_{D,B}} + \frac{1}{C_{D,C}} \tag{E.11}$$

$C_{D,A}, C_{D,C}$  Drehsteifigkeiten nach 10.1.5.2;

$C_{D,B}$  Drehsteifigkeit infolge Querschnittsverformung der Pfette nach 10.1.5.1,  $C_{D,B} = K_B h^2$ , wobei  $h$  = Querschnittshöhe der Pfette und  $K_B$  nach 10.1.5.1 ist;

$k$  Beiwert für Biegedrillknicken nach Tabelle E.4.

**Tabelle E.4 — Beiwerte  $k$  für Biegedrillknicken von am Oberflansch seitlich gehaltenen Pfetten**

Statisches System	Auflast	abhebende Last
	$\infty$	10.3
	17.7	27.7
	12.2	18.3
	14.6	20.5



**DIN EN 1993-1-3/NA**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatzvermerk  
siehe unten

**Nationaler Anhang –  
National festgelegte Parameter –  
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –  
Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte  
dünnwandige Bauteile und Bleche**

National Annex –  
Nationally determined parameters –  
Eurocode 3: Design of steel structures –  
Part 1-3: General rules – Supplementary rules for cold-formed members and sheeting

Annexe Nationale –  
Paramètres déterminés au plan national –  
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –  
Partie 1-3: Règles générales – Règles supplémentaires pour les profilés et  
plaques formés à froid

**Ersatzvermerk**

Mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-3:2010-12,  
DIN EN 1993-1-5:2010-12, DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-8:2010-12,  
DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-9:2010-12, DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12,  
DIN EN 1993-1-10:2010-12, DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-11:2010-12 und  
DIN EN 1993-1-11/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18800-1:2008-11;  
mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-3:2010-12,  
DIN EN 1993-1-5:2010-12 und DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18800-2:2008-11;  
mit DIN EN 1993-1-3:2010-12, DIN EN 1993-1-5:2010-12 und DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12 Ersatz für  
DIN 18800-3:2008-11;  
teilweiser Ersatz für DIN 18807-1:1987-06, DIN 18807-1/A1:2001-05, DIN 18807-2:1987-06 und  
DIN 18807-2/A1:2001-05

Gesamtumfang 10 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

**DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12****Vorwort**

Dieses Dokument wurde vom NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1993-1-3:2010-12, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Allgemeine Regeln — Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche*.

Die Europäische Norm EN 1993-1-3 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: Nationally determined parameters, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1. Darüber hinaus enthält dieser nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-3:2010-12 (en: non-contradictory complementary information, NCI).

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1993-1-3:2010-12.

DIN EN 1993-1-3:2010-12 und dieser Nationale Anhang DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12 ersetzen:

- zusammen mit zusammen mit DIN EN 1993-1-1, DIN EN 1993-1-1/NA, DIN EN 1993-1-5, DIN EN 1993-1-5/NA, DIN EN 1993-1-8, DIN EN 1993-1-8/NA, DIN EN 1993-1-9, DIN EN 1993-1-9/NA, DIN EN 1993-1-10, DIN EN 1993-1-10/NA, DIN EN 1993-1-11 und DIN EN 1993-1-11/NA die nationale Norm DIN 18800-1:2008-11;
- zusammen mit DIN EN 1993-1-1, DIN EN 1993-1-1/NA, DIN EN 1993-1-5 und DIN EN 1993-1-5/NA die nationale Norm DIN 18800-2:2008-11;
- zusammen mit DIN EN 1993-1-5 und DIN EN 1993-1-5/NA die Nationale Norm DIN 18800-3:2008-11;
- teilweise die nationalen Normen DIN 18807-1:1987-06 (einschließlich DIN 18807-1/A1:2001-05) und DIN 18807-2:1987-06 (einschließlich DIN 18807-2/A1:2001-05).

**Änderungen**

Gegenüber DIN 18800-1:2008-11, DIN 18800-2:2008-11, DIN 18800-3:2008-11, DIN 18807-1:1987-06, DIN 18807-1/A1:2001-05, DIN 18807-2:1987-06 und DIN 18807-2/A1:2001-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) nationale Festlegungen zu DIN EN 1993-1-3:2010-12 aufgenommen.

**Frühere Ausgaben**

DIN 1050: 1934-08, 1937xxxx-07, 1946-10, 1957x-12, 1968-06  
 DIN 1073: 1928-04, 1931-09, 1941-01, 1974-07  
 DIN 1079: 1938-01, 1938-11, 1970-09  
 DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934xxxx-08, 1956-12, 1968-12  
 DIN 4101: 1937xxx-07, 1974-07  
 Beiblatt zu DIN 1073: 1974-07  
 DIN 18800-1: 1981-03, 1990-11  
 DIN 18800-1/A1: 1996-02  
 DIN 4114-1: 1952xx-07  
 DIN 4114-2: 1952-07, 1953x-02  
 DIN 18800-2: 1990-11  
 DIN 18800-2/A1: 1996-02  
 DIN 18800-3: 1990-11  
 DIN 18800-3/A1: 1996-02  
 DIN 18807-1: 1987-06  
 DIN 18807-1/A1: 2001-05  
 DIN 18807-2: 1987-06  
 DIN 18807-2/A1: 2001-05

## NA 1 Anwendungsbereich

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für Nachweisverfahren mit Berechnungen und mit durch Versuche gestützten Berechnungen, die bei der Anwendung von DIN EN 1993-1-3:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1993-1-3:2010-12.

## NA 2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-3:2010-12

### NA 2.1 Allgemeines

DIN EN 1993-1-3:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus. Diese sind durch ein vorangestelltes „NDP“ (en: Nationally determined parameters) gekennzeichnet.

- |                                       |                         |                        |
|---------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| — 2(3)P;                              | — 8.3(13), Tabelle 8.2; | — 10.1.1(1);           |
| — 2(5);                               | — 8.3(13), Tabelle 8.3; | — 10.1.4.2(1);         |
| — 3.1(3) Anmerkung 1 und Anmerkung 2; | — 8.3(13), Tabelle 8.4; | — A.1(1), Anmerkung 2; |
| — 3.2.4(1);                           | — 8.4(5);               | — A.1(1), Anmerkung 3; |
| — 5.3(4);                             | — 8.5.1(4);             | — A.6.4(4);            |
| — 8.3(5);                             | — 9(2), Anmerkung 1;    | — E(1).                |
| — 8.3(13), Tabelle 8.1;               |                         |                        |

Darüber hinaus enthält NA 2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-3:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ (en: non-contradictory complementary information) gekennzeichnet.

- 1.2
- 10.1.5.2 (2)
- 10.1.5.2(6)
- 10.3.1
- Tabelle 10.3
- Literaturhinweise

### NA 2.2 Nationale Festlegungen

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1993-1-3:2010-12.

#### NCI zu 1.2 Normative Verweisungen

NA DIN 18807-2, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile; Durchführung und Auswertung von Tragfähigkeitsversuchen*

NA DIN 18807-2/A1, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile — Durchführung und Auswertung von Tragfähigkeitsversuchen; Änderung A1*

**DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12**

NA DIN 18807-3:1987-06, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile — Festigkeitsnachweis und konstruktive Ausbildung*

NA DIN EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

NA DIN EN 13162, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) — Spezifikation*

NA DIN EN 13164, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) — Spezifikation*

**NDP zu 2(3)P Grundlagen der Bemessung**

Es gelten die folgenden Zahlenwerte für  $\gamma_{Mj}$ :

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

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

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

Abweichend von den Regeln in DIN EN 1993-1-1 wurden hier  $\gamma_{M0}$  und  $\gamma_{M1}$  zu 1,1 festgelegt, um die Besonderheiten von dünnwandigen Blechkonstruktionen zu berücksichtigen.

**NDP zu 2(5) Grundlagen der Bemessung**

Es gelten die Empfehlungen.

**NDP zu 3.1(3) Anmerkung 1**

Für die charakteristischen Werte dürfen die in DIN EN 1993-1-3:2010-12, Tabelle 3.1a angegebenen 1,0fachen Werte verwendet werden.

**NDP zu 3.1(3) Anmerkung 2**

Neben den Stahlsorten nach Tabelle 3.1a sind nur die Stahlsorten nach DIN EN 1993-1-3:2010-12, Tabelle 3.1b zulässig.

**NDP zu 3.2.4(1) Materialdicken und Materialdickentoleranzen**

Es gelten die folgenden Werte für die Kerndickengrenze  $t_{cor}$  für Blechkonstruktionen und Bauteile:

— Bleche und Bauteile  $0,45 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 3 \text{ mm};$

— Anschlüsse  $0,45 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 3 \text{ mm}.$

**NDP zu 5.3(4) Tragwerksmodellierung für die Berechnung**

Die Imperfektionen sind nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, Tabelle 5.1 für die Biegedrillknickkurve b nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, 6.3.2.2 unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Faktors  $k$  nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, 5.3.4(3) anzusetzen.

**NDP zu 8.3(5) Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln**

Es gelten die Empfehlungen.

**NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.1**

Die durch Versuche ermittelten Werte sind einem bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis zu entnehmen.

**NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.2**

Die durch Versuche ermittelten Werte sind einem bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis zu entnehmen.

**NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.3**

Die durch Versuche ermittelten Werte sind einem bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis zu entnehmen.

**NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.4**

Die durch Versuche ermittelten Werte sind einem bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis zu entnehmen.

**NDP zu 8.4(5) Punktschweißungen**

Es gelten die Empfehlungen.

**NDP zu 8.5.1(4) Überlappungsstöße**

Es gelten die Empfehlungen.

**NDP zu 9(2), Anmerkung 1**

Die Verwendung von Versuchsergebnissen nach Anhang A bedarf eines entsprechenden bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises.

Die in DIN EN 1993-1-3:2010-12, A.2 beschriebene Versuchsdurchführung gilt nur für Trapezprofile, Wellprofile und Kassettenprofile. Für die Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung sind zusätzlich DIN 18807-2 und DIN 18807-2/A1 zu berücksichtigen.

**NDP zu 10.1.1(1) Träger mit Drehbettung durch Bleche**

Die Verwendung von Versuchsergebnissen bedarf eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises.

**NDP zu 10.1.4.2(1) Knickbeanspruchbarkeit des freien Gurtes**

Es gelten die Empfehlungen.

**NCI zu 10.1.5.2(2)**

Für Sandwichelemente mit Stahldeckschichten, die die Auflast auf den gestützten Träger übertragen, ergibt sich  $C_{D,A}$  aus der in Bild NA.1 angegebenen Momenten-Verdrehungsbeziehung mit Gleichung (NA.1) sowie den Hilfwerten nach Tabelle NA.1 und NA.2.

## DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12

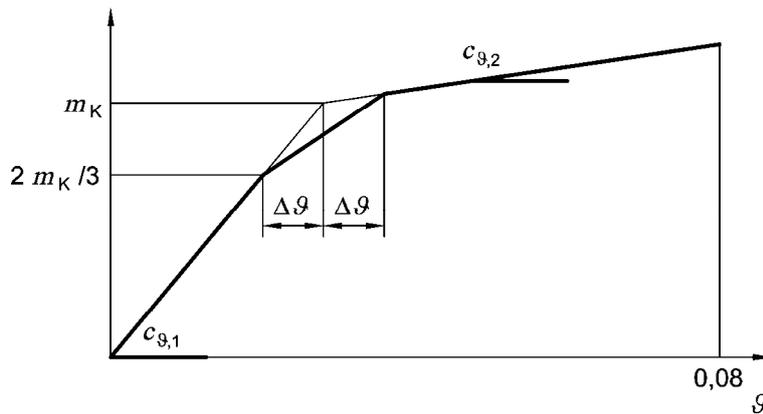


Bild NA.1 — Momenten-Verdrehungsbeziehung für Sandwichelemente

$$C_{D,A} = \frac{m_K}{g(m_K)} \quad (\text{NA.1})$$

Tabelle NA.1 — Kennwerte der Momenten-Verdrehungsbeziehung für Sandwichelemente

	doppelsymmetrische Träger 60 mm ≤ vorh b ≤ 100 mm		Z- oder U-Profile 60 mm ≤ vorh b ≤ 80 mm	
$c_{g1} =$	$c_1 \cdot E_s \cdot \frac{\text{vorh } b}{82}$	(NA.x2)	$c_1 \cdot E_s$	(NA.x5)
$c_{g2} =$	$\zeta \cdot c_2 \cdot E_s \cdot t_K \cdot \frac{\text{vorh } b}{82}$	(NA.x3)	0	(NA.x6)
$m_K =$	$q_d \cdot \frac{\text{vorh } b}{2}$	(NA.x4)	$q_d \cdot \text{vorh } b$	(NA.x7)
$2,0 \text{ N/mm}^2 \leq E_s \leq 6,0 \text{ N/mm}^2$	Elastizitätsmodul der Sandwich-Kernschicht			
$0,42 \text{ mm} \leq t_K \leq 0,67 \text{ mm}$	Kernblechdicke der oberen Deckschicht			
vorh b in mm	vorhandene Breite des Gurtes des gestützten Trägers			
$q_d$	Bemessungswert der vom Sandwichelement auf den Träger längs des Obergurtes übertragenen Auflast			
$c_1, c_2$	Faktoren nach Tabelle NA.2			
$\zeta$	Faktor zur Berücksichtigung der Befestigungsart, siehe Bild NA.2:			
	$\zeta = 1$	alternierende Anordnung		
	$\zeta = 1,5$	einseitige Anordnung (ungünstige Drehrichtung ausgeschlossen)		
	$\zeta = 0$	verdeckte Anordnung		

Tabelle NA.2 — Faktoren  $c_1$  und  $c_2$  für Gleichungen (NA.2), (NA.3) und (NA.5)

Zeile	Kernschicht	Einsatzbereich	schraubkopfseitige Deckschicht	$c_1$	$c_2$
1	PUR	Dach	trapezprofilert	1,44	0,22
2		Wand	quasi-eben	1,20	0,38
3	Mineralwolle	Dach	trapezprofilert	0,99	0,18
4		Wand	quasi-eben	0,48	0,16

## NCI zu 10.1.5.2(6) Steifigkeit der Drehbettung

- a) Für Stahltrapezprofile in Negativlage mit Wärmedämmung zwischen Pfettenobergurt und Profilblech darf die Steifigkeit der Drehbettung  $C_{100}$  bei Auflast nach Tabelle NA.3 angenommen werden.

Tabelle NA.3 — Steifigkeit der Drehbettung  $C_{100}$  bei Auflast für Stahltrapezprofile mit Wärmedämmung,  $t_{\text{nom}} \geq 0,75$  mm

Zeile	Dämmung	Art der Befestigung			
		Obergurt $e = b_R$	Obergurt $e = 2b_R$	Untergurt $e = b_R$	Untergurt $e = 2b_R$
1	Extrudiertes Polystyrol nach DIN EN 13164 $d = 60$ mm	5,0	3,2	4,7	2,9
2	Extrudiertes Polystyrol nach DIN EN 13164 $d = 100$ mm	5,6	3,5	4,8	3,4
3	Mineralwolle nach DIN EN 13162 $d = 80$ mm mit Distanzleiste	5,9	3,3	4,9	2,9
4	Mineralwolle nach DIN EN 13162 $d = 80$ mm ohne Distanzleiste	2,1	0,85	2,4	0,97

- b) Für Faserzementplatten darf die Steifigkeit der Drehbettung  $C_{100}$  bei Auflast mit  $C_{100} = 5,3$  kNm/m, bei Sog mit  $C_{100} = 2,6$  kNm/m angesetzt werden.
- c) Bei a) und b) darf  $C_{D,A}$  aus  $C_{100}$  nach Gleichung (10.17) bestimmt werden, jedoch sind die Faktoren  $k_t$ ,  $k_{bR}$ ,  $k_A$  und  $k_{bT}$  jeweils mit 1,0 zu setzen.
- d) Für Stahltrapezprofile mit  $t = 0,75$  mm oder  $t = 1,00$  mm und Befestigung durch Setzbolzen X-ENP-19L15 entsprechend europäischer technischer Zulassung ETA-04/0101 dürfen bei Auflast die Werte  $C_{100}$  der Tabelle 10.3 verwendet werden, jedoch ist für den Fall „Lage positiv, Befestigung am Untergurt,  $e = b_R$ “ der Zahlenwert 5,2 durch den Zahlenwert 4,0 zu ersetzen

Die Steifigkeit der Drehbettung  $C_{D,A}$  darf nach Gleichung (10.17) bestimmt werden, jedoch mit den folgenden Änderungen für

$$k_{ba} = (b_a/100)^2 \quad \text{wenn } (b_a/100) \leq 1,15$$

$$k_{ba} = 1,15 (b_a/100) \quad \text{wenn } 1,15 \leq (b_a/100) \leq 1,6$$

$$k_t = (t_{\text{nom}} / 0,75) \quad \text{wenn } t_{\text{nom}} > 0,75 \text{ mm, positive Lage}$$

$$k_{bR} = 1,0$$

$$k_A = 1,0 + (A - 1,0) 0,16 \quad \text{wenn } t = 0,75 \text{ mm}$$

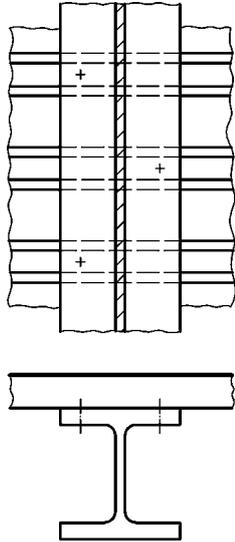
$$k_A = 1,0 + (A - 1,0) 0,095 \quad \text{wenn } t = 1,00 \text{ mm}$$

$$k_{bT} = 1,0$$

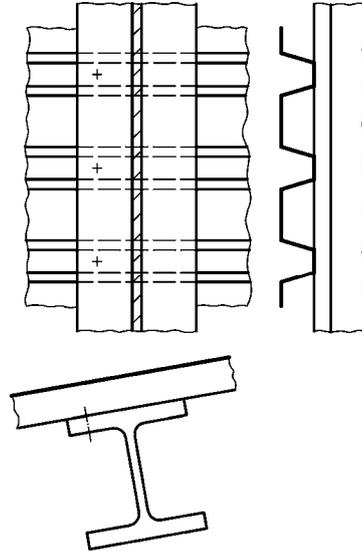
**DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12**

**NCI zu Tabelle 10.3**

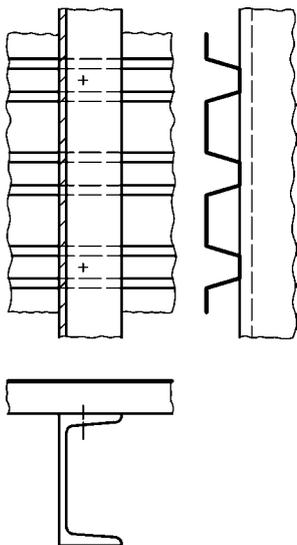
Die Angaben in Tabelle 10.3 haben zur Voraussetzung, dass die Schraubenanordnung analog zu Bild NA.2 vorhanden ist.



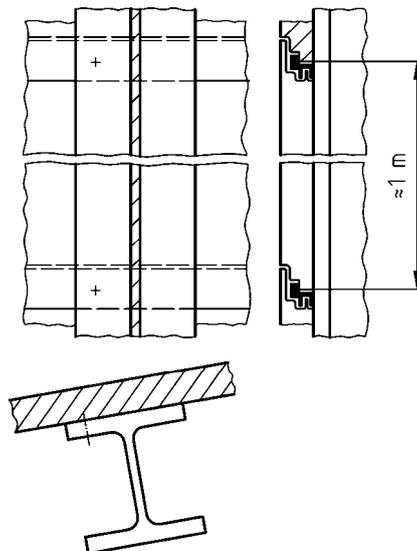
a) I-Profil bei alternierender Anordnung



b) I-Profil bei einseitiger Anordnung, nur bei geneigtem Dach zulässig



c) U-Profil



d) Verdeckte Anordnung, nur bei Sandwichelementen möglich und nur bei geneigtem Dach zulässig

**Bild NA.2 — Beispiele für die Schraubenanordnung bei Trapezprofilen und Sandwichelementen, gelten auch für entsprechende Kaltprofile**

**NCI zu 10.3.1, Anmerkung**

Weitere Regeln für die Bemessung von Schubfeldern sind [4], [5], [6] und DIN 18807-3 zu entnehmen.

**NDP zu A.1(1), Anmerkung 2**

Die in DIN EN 1993-1-3:2010-12, A.2 beschriebene Versuchsdurchführung gilt nur für Trapezprofile, Wellprofile und Kassettenprofile. Für die Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung sind zusätzlich DIN 18807-2 mit DIN 18807-2/A1 zu berücksichtigen.

Die Verwendung von Versuchsergebnissen nach Anhang A bedarf eines entsprechenden bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises.

Versuche nach DIN EN 1993-1-3:2010-12, A.5.3 sind in der Regel mit dem in [1], [2] und [3] beschriebenen Versuchsaufbau durchzuführen.

**NDP zu A.1(1), Anmerkung 3**

Übertragungsfunktionen zur Anpassung existierender Versuchsergebnisse sind im Einzelfall bauaufsichtlich zu bewerten.

**NDP zu A.6.4(4)**

Werden  $\gamma_M$  Werte nach DIN EN 1990 ermittelt, so sind diese im bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis festzulegen.

**NDP zu E(1) Vereinfachte Pfettenbemessung**

Es gelten die Empfehlungen.

**DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12**

**NCI**

**Literaturhinweise**

- [1] Lindner, J., Gregull, T.: Drehbettungswerte für Dachdeckungen mit untergelegter Wärmedämmung. Stahlbau 58 (1989), S. 173–179, 383
- [2] Lindner, J., Groeschel, F.: Drehbettungswerte für die Profilblechbefestigung mit Setzbolzen bei unterschiedlich großen Auflasten. Stahlbau 65 (1996), S. 218–224
- [3] Dürr, M., Podleschny, F., Saal, H.: Untersuchungen zur Drehbettung von biegedrillknickgefährdeten Trägern durch Sandwichelemente. Stahlbau 76(2007), S. 401–407
- [4] Schardt, R., Strehl, C.: Theoretische Grundlagen für die Bestimmung der Schubsteifigkeit von Trapezblechscheiben – Vergleich mit anderen Berechnungsansätzen und Versuchsergebnissen. Der Stahlbau 45 (1976), S. 97–108
- [5] Schardt, R., Strehl, C.: Stand der Theorie zur Bemessung von Trapezblechscheiben. Der Stahlbau 49 (1980), S. 325–334.
- [6] Baehre, R., Wolfram, R.: Zur Schubfeldberechnung von Trapezblechen. Der Stahlbau 55 (1986), S. 175–179