

Niedersächsisches Ministerialblatt

60. (65.) Jahrgang

Hannover, den 22. 10. 2010

Nummer 39 b

2 . A N L A G E N B A N D

zur

**Liste der Technischen Baubestimmungen
— Fassung August 2010 —**

DIN 18800-1

DIN 18800-2

DIN 18800-3

DIN 18800-4

DIN 18800-7

Die hier abgedruckten Technischen Baubestimmungen sind nur in Verbindung mit dem RdErl. des MS vom 30. 9. 2010 (Nds. MBl. S. 987) zu verwenden.

— DIN 18800-1: Stahlbauten; Teil 1: Bemessung und Konstruktion	1
— DIN 18800-2: Stahlbauten; Teil 2: Stabilitätsfälle – Knicken von Stäben + Stabwerken.	105
— DIN 18800-3: Stahlbauten; Teil 3: Stabilitätsfälle – Plattenbeulen.	197
— DIN 18800-4: Stahlbauten; Teil 4: Stabilitätsfälle – Schalenbeulen	233
— DIN 18800-7: Stahlbauten; Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation.	285

DIN 18800-1

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN 18800-1:1990-11 und
DIN 18800-1/A1:1996-02

**Stahlbauten –
Teil 1: Bemessung und Konstruktion**

Steel structures –
Part 1: Design and construction

Constructions métalliques –
Partie 1: Calcul et construction

Gesamtumfang 104 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 18800-1:2008-11**Inhalt**

Seite

Vorwort	4
1 Allgemeines	5
1.1 Anwendungsbereich	5
1.2 Normative Verweisungen	5
2 Bautechnische Unterlagen	8
3 Begriffe und Formelzeichen	9
3.1 Grundbegriffe	9
3.2 Weitere Begriffe	11
3.3 Häufig verwendete Formelzeichen	11
4 Werkstoffe	14
4.1 Bauteile	14
4.2 Verbindungsmittel	19
4.2.1 Schrauben, Niete, Kopf- und Gewindebolzen	19
4.2.2 Schweißzusätze, Schweißhilfsstoffe	21
4.3 Hochfeste Zugglieder	21
4.3.1 Drähte von Seilen	21
4.3.2 End- und Zwischenverankerungen	21
4.3.3 Zugglieder aus Spannstählen	22
4.3.4 Qualitätskontrolle	22
4.3.5 Charakteristische Werte für mechanische Eigenschaften von hochfesten Zuggliedern	22
5 Grundsätze für die Konstruktion	24
5.1 Allgemeine Grundsätze	24
5.2 Verbindungen	25
5.2.1 Allgemeines	25
5.2.2 Schrauben- und Nietverbindungen	26
5.2.3 Schweißverbindungen	30
5.3 Hochfeste Zugglieder	32
5.3.1 Querschnitte	32
5.3.2 Verankerungen	33
5.3.3 Umlenkklager und Schellen für Spiralseile	35
5.3.4 Umlenkklager und Schellen für Zugglieder aus Spannstählen	36
6 Annahmen für die Einwirkungen	36
7 Nachweise	37
7.1 Erforderliche Nachweise	37
7.2 Berechnung der Beanspruchungen aus den Einwirkungen	39
7.2.1 Einwirkungen	39
7.2.2 Beanspruchungen beim Nachweis der Tragsicherheit	39
7.2.3 Beanspruchungen beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	42
7.3 Berechnung der Beanspruchbarkeiten aus den Widerstandsgrößen	42
7.3.1 Widerstandsgrößen	42
7.3.2 Beanspruchbarkeiten	43
7.4 Nachweisverfahren	44
7.5 Verfahren beim Tragsicherheitsnachweis	49
7.5.1 Abgrenzungskriterien und Detailregelungen	49
7.5.2 Nachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch	54
7.5.3 Nachweis nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch	60
7.5.4 Nachweis nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch	64
7.6 Nachweis der Lagesicherheit	67
7.7 Nachweis der Dauerhaftigkeit	69

8	Beanspruchungen und Beanspruchbarkeiten der Verbindungen	71
8.1	Allgemeine Regeln	71
8.2	Verbindungen mit Schrauben oder Nieten	71
8.2.1	Nachweise der Tragsicherheit	71
8.2.2	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	77
8.2.3	Verformungen	77
8.3	Augenstäbe und Bolzen.....	77
8.4	Verbindungen mit Schweißnähten	80
8.4.1	Verbindungen mit Lichtbogenschweißen	80
8.4.2	Andere Schweißverfahren	90
8.5	Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel	90
8.6	Druckübertragung durch Kontakt.....	91
9	Beanspruchbarkeit hochfester Zugglieder beim Nachweis der Tragsicherheit	91
9.1	Allgemeines	91
9.2	Hochfeste Zugglieder und ihre Verankerungen	92
9.2.1	Tragsicherheitsnachweise.....	92
9.2.2	Beanspruchbarkeit von hochfesten Zuggliedern	92
9.2.3	Beanspruchbarkeit von Verankerungsköpfen.....	94
9.3	Umlenklager, Klemmen und Schellen	96
9.3.1	Grenzquerpressung und Teilsicherheitsbeiwert.....	96
9.3.2	Gleiten.....	97
Anhang A (normativ) Regelungen.....		98
A.1	Sonderregelung für die Stahlsorte St 52-3	98
A.2	Bescheinigungen.....	98
A.3	Kennzeichnung der Erzeugnisse	98
A.4	entfällt	98
	entfällt	98
A.5	98	
A.6	Ausführungen	98
A.7	Nachweis der Nahtgüte.....	98
A.8	Fertigungsbeschichtungen	98
Anhang B (informativ) Liste der zurückgezogenen oder ersetzten Normen und technischen Regelwerke soweit sie in Bezug genommen werden		99
Literaturhinweise		104

DIN 18800-1:2008-11

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Bauwesen (NABau), NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ erarbeitet. Sie enthält die vom Arbeitsausschuss verabschiedeten Änderungen aus dem Entwurf E DIN 18800-1/A2:2007-06. Die Änderungen zu DIN 18800-1:1990-11 sind mit einem senkrechten Strich am linken Seitenrand gekennzeichnet.

In DIN 18800-1:1990-11 wurde neben der üblichen, allgemein bekannten Gliederung in Abschnitte und Unterabschnitte der gesamte Text in überschaubare, (abschnittsweise) durchgehend benummerte, so genannte „Elemente“ gegliedert, deren jedes eine in sich geschlossene Aussage enthält und damit auch bei Übernahme in eine andere Norm verständlich bleibt. Diese Gliederung in Elemente wurde beibehalten, obwohl dadurch eine Anpassung an die neuen Gestaltungsregeln nach DIN 820 nicht vollständig erfolgen konnte. Die Abschnitte 1 (Anwendungsbereich) und 2 (Normative Verweisungen) wurden hier in Abschnitt 1 zusammengefasst. Dadurch konnte die alte Struktur der Norm beibehalten werden.

Änderungen

Gegenüber DIN 18800-1:1990-11 und DIN 18800-1/A1:1996-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an Nachfolgenormen von zurückgezogenen Normen und Aktualisierung der in der Norm zitierten normativen Verweisungen;
- b) Übernahme der Regelungen der 3. Auflage der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (Oktober 1998) und der Änderungen und Ergänzungen der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (Dezember 2001);
- c) Aktualisierung der Stahlsorten;
- d) der Anhang B, der mit DIN 18800-1/A1:1996-02 eingeführt wurde, entfällt.

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

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(101) Anwendungsbereich

Diese Norm ist anzuwenden für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten.

(102) Mitgeltende Normen

Die anderen Grundnormen der Reihe DIN 18800 sind zu beachten. Für die verschiedenen Anwendungsgebiete sind die entsprechenden Fachnormen zu beachten. In ihnen können zusätzliche oder abweichende Festlegungen getroffen sein.

ANMERKUNG Soweit Fachnormen noch nicht an das in dieser Grundnorm verwendete Bemessungskonzept angepasst sind, ist die Anpassungsrichtlinie Stahlbau, DIBt-Mitteilungen Sonderheft 11/2 und die Änderung und Ergänzung der Anpassungsrichtlinie Stahlbau, DIBt-Mitteilungen 1/2002 zu beachten.

(103) Anforderungen

Stahlbauten müssen standsicher und gebrauchstauglich sein. Ausreichende räumliche Steifigkeit und Stabilität sind sicherzustellen.

ANMERKUNG Standsicherheit wird hier als Oberbegriff für Trag- und Lagesicherheit verwendet.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 124, *Halbrundniete; Nenndurchmesser 10 bis 36 mm*

DIN 302, *Senkniete; Nenndurchmesser 10 bis 36 mm*

DIN 1055-3:2006-03, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten*

DIN 1055-100, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessung*

DIN 3091, *Kauschen – Vollkauschen für Drahtseile*

DIN 4132, *Kranbahnen; Stahltragwerke; Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchbildung und Ausführung*

DIN V 4141-1:2003-05, *Lager im Bauwesen - Teil 1: Allgemeine Regelungen*

DIN 18800 (alle Teile), *Stahlbauten*

DIN 18800-2:2008-11, *Stahlbauten – Teil 2: Stabilitätsfälle – Knicken von Stäben und Stabwerken*

DIN 18800-3:2008-11, *Stahlbauten – Teil 3: Stabilitätsfälle – Plattenbeulen*

DIN 18800-7:2008-11, *Stahlbauten – Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation*

DIN EN 1369, *Gießereiwesen – Magnetpulverprüfung*

DIN 18800-1:2008-11

DIN EN 1371-1, *Gießereiwesen – Eindringprüfung – Teil 1: Sand-, Schwerkraftkokillen- und Niederdruckkokillengußstücke*

DIN EN 1559-1, *Gießereiwesen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Allgemeines*

DIN EN 1559-2, *Gießereiwesen – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Zusätzliche Anforderungen an Stahlgussstücke*

DIN EN 1563, *Gusseisen mit Kugelgraphit*

DIN EN 1993-1-9, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung*

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

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

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

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

DIN EN 10028-3, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht*

DIN EN 10083-1, *Vergütungsstähle – Teil 1: Technische Lieferbedingungen für Edelstähle*

DIN EN 10083-2, *Vergütungsstähle – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Qualitätsstähle*

DIN EN 10204, *Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen*

DIN EN 10210 (alle Teile), *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen*

DIN EN 10219 (alle Teile), *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen*

DIN EN 10222-4, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 4: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit hoher Dehngrenze*

DIN EN 10250-2, *Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung – Teil 2: Unlegierte Qualitäts- und Edelstähle*

DIN EN 10264 (alle Teile), *Stahldraht und Drahterzeugnisse – Stahldraht für Seile*

DIN EN 10293, *Gießereiwesen – Stahlguss für allgemeine Anwendungen*

DIN EN 12385, *Drahtseile aus Stahldraht – Sicherheit*

DIN EN 12454, *Gießereiwesen – Visuelle Bestimmung von Oberflächenfehlern - Stahlsandgußstücke*

DIN EN 12680-1, *Gießereiwesen – Ultraschallprüfung – Teil 1: Stahlgussstücke für allgemeine Verwendung*

DIN EN 12680-3, *Gießereiwesen – Ultraschallprüfung – Teil 3: Gussstücke aus Gusseisen mit Kugelgraphit*

DIN EN 13411-1, *Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht – Sicherheit – Teil 1: Kauschen für Anschlagseile aus Drahtseilen*

DIN EN 13411-3, *Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht – Sicherheit – Teil 3: Pressklemmen und Verpressen*

DIN EN 13411-4, *Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht – Sicherheit – Teil 4: Vergießen mit Metall oder Kunstharz*

DIN EN 13411-5, *Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht – Sicherheit – Teil 5: Drahtseilklemmen mit U-förmigem Klemmbügel*

DIN EN 20898-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen – Teil 2: Muttern mit festgelegten Prüfkraften – Regelgewinde*

DIN EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Teil 1: Schrauben*

DIN EN ISO 12944-3, *Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung*

DIN EN ISO 13918, *Schweißen – Bolzen und Keramikringe zum Lichtbogenbolzenschweißen*

SEW 520¹⁾, *Hochfester Stahlguss mit guter Schweißbarkeit – Technische Lieferbedingungen*

DAST-Richtlinie 009²⁾, *Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten*

DAST-Richtlinie 011²⁾, *Hochfeste schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze von 460 und 690 N/mm²*

DAST-Richtlinie 016²⁾, *Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen*

Anpassungsrichtlinie Stahlbau, DIBT-Sonderheft 11/2³⁾ *Berechnungen von Bauwerksteilen nach unterschiedlichem Sicherheitskonzept, Beanspruchungen nach der Plastizitätstheorie, Anpassung der Fachnormen (DIN 18801, 18914, 18808, 4132, 4119-1, -2, DAST-Richtlinie 016, DIN 4118, 4024-1, -2, 4178, 4421, 4112, DIN 18807-1, -2, -3)*

1) Zu beziehen durch: Verlag Stahleisen GmbH, Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf.

2) Zu beziehen durch: Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf.

3) Zu beziehen durch: Deutsches Institut für Bautechnik, Kolonnenstr. 30L, 10829 Berlin

DIN 18800-1:2008-11

2 Bautechnische Unterlagen

(201) Nutzungsbedingungen

Die bautechnischen Unterlagen müssen Angaben zu den maßgeblichen Nutzungsbedingungen in einer allgemein verständlichen Form enthalten.

(202) Inhalt

Die bautechnischen Unterlagen müssen den Nachweis ausreichender Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der baulichen Anlage während des Bau- und Nutzungszeitraumes enthalten.

ANMERKUNG Zu den bautechnischen Unterlagen gehören unter anderem die Baubeschreibung, die Statische Berechnung einschließlich der Positionspläne, gegebenenfalls Versuchsberichte zu experimentellen Nachweisen, Zeichnungen mit allen für die Prüfung, Nutzung und Dauerhaftigkeit wesentlichen Angaben, Montage- und Schweißfolgepläne und gegebenenfalls bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise.

(203) Baubeschreibung

Alle für die Prüfung der Statischen Berechnungen und Zeichnungen wichtigen Angaben sind in die Baubeschreibung aufzunehmen, insbesondere auch solche, die für die Bauausführung wesentlich sind und aus den Nachweisen und Zeichnungen nicht unmittelbar oder nicht vollständig entnommen werden können. Hierzu gehören auch Angaben zum Korrosionsschutz.

(204) Statische Berechnung

In der Statischen Berechnung sind Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit vollständig, übersichtlich und prüfbar für alle Bauteile und Verbindungen nachzuweisen. Der Nachweis muss in sich geschlossen sein und eindeutige Angaben für die Ausführungszeichnungen enthalten.

(205) Quellenangaben und Herleitungen

Die Herkunft außergewöhnlicher Gleichungen und Berechnungsverfahren ist anzugeben. Sofern Gleichungen und Berechnungsverfahren nicht veröffentlicht sind, sind Voraussetzungen und Ableitungen soweit anzugeben, dass ihre Eignung geprüft werden kann.

(206) Elektronische Rechenprogramme

Für die Verwendung von Rechenprogrammen ist die „Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise“ zu beachten.

(207) Versuchsberichte

Versuchsberichte müssen Angaben über das Versuchsziel, die Planung, Einrichtung, Durchführung und Auswertung der Versuche in einer Form enthalten, die eine Beurteilung erlaubt und die eine unabhängige Wiederholung der Versuche ermöglicht.

Sofern die Bemessung von Stahlbauten auf der Grundlage von Versuchen erfolgt, müssen hierfür entsprechende bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise vorliegen.

ANMERKUNG Als bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise gelten:

- a) europäische technische Zulassungen,
- b) allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen,
- c) die Zustimmung im Einzelfall,
- d) das allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnis.

(208) Zeichnungen

In den Zeichnungen sind alle für die Prüfung von bautechnischen Unterlagen sowie für die Bauausführung und -abnahme wichtigen Bauteile eindeutig, vollständig und übersichtlich darzustellen.

ANMERKUNG Zur eindeutigen und vollständigen Beschreibung der Bauteile gehören unter anderem

- Werkstoffangaben, wie z. B. Stahlsorte von Bauteilen und Festigkeitsklasse von Schrauben,
- Darstellung und Bemaßung der Systeme und Querschnitte,
- Darstellung der Anschlüsse, z. B. durch Angabe der Lage der Schwerachsen von Stäben zueinander, der Anordnung der Verbindungsmittel und der Stoßteile sowie Angaben zum Lochspiel von Verbindungsmitteln,
- Angaben zur Ausführung, z. B. Vorspannung von Schrauben und Nahtvorbereitung von Schweißnähten,
- Angaben über Besonderheiten, die bei der Montage zu beachten sind und
- Angaben zum Korrosionsschutz.

3 Begriffe und Formelzeichen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Grundbegriffe

3.1.1

(301) Einwirkungen, Einwirkungsgrößen

Einwirkungen sind Ursachen von Kraft- und Verformungsgrößen im Tragwerk. Einwirkungsgrößen sind die zur Beschreibung der Einwirkungen verwendeten Größen.

ANMERKUNG Einwirkungen sind z. B. Schwerkraft, Wind, Verkehrslast, Temperatur und Stützensenkungen. Siehe hierzu auch Abschnitt 7.2.1, Element 706.

3.1.2

(302) Widerstand, Widerstandsgrößen

Unter Widerstand wird hier der Widerstand eines Tragwerkes, seiner Bauteile und Verbindungen gegen Einwirkungen verstanden.

Widerstandsgrößen sind aus geometrischen Größen und Werkstoffkennwerten abgeleitete Größen; ihre Streuungen sind zu berücksichtigen.

In dieser Norm sind Festigkeiten und Steifigkeiten Widerstandsgrößen.

ANMERKUNG 1 Vereinfachend werden alle Streuungen des Widerstandes den Festigkeiten und Steifigkeiten zugeordnet, sofern in anderen Normen der Reihe DIN 18800 nichts anderes geregelt ist.

ANMERKUNG 2 Werkstoffkennwerte sind z. B. die obere Streckgrenze R_{eH} und die Zugfestigkeit R_m .

ANMERKUNG 3 Festigkeiten und Steifigkeiten beinhalten Werkstoffkennwerte und Querschnittswerte. Die charakteristischen Werte von Festigkeiten sind auf die Nennwerte der Querschnittswerte bezogene Festigkeiten. Die wichtigsten Festigkeiten sind die Streckgrenze f_y und die Zugfestigkeit f_u , denen die Werkstoffkennwerte obere Streckgrenze R_{eH} und die Zugfestigkeit R_m zugeordnet sind. Ein Beispiel für eine Steifigkeit ist die Biegesteifigkeit ($E \cdot I$). Sie beinhaltet die streuende Werkstoffkenngröße Elastizitätsmodul und die streuende geometrische Größe Flächenmoment 2. Grades.

3.1.3

(303) Bemessungswerte

Bemessungswerte sind diejenigen Werte der Einwirkungsgrößen und Widerstandsgrößen, die für die Nachweise anzunehmen sind. Sie beschreiben einen Fall ungünstiger Einwirkungen auf Tragwerke mit ungünstigen Eigenschaften. Ungünstigere Fälle sind in der Realität nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit zu erwarten.

DIN 18800-1:2008-11

Bemessungswerte werden im Allgemeinen durch den Index d gekennzeichnet.

ANMERKUNG 1 Die Bemessungswerte dieser Norm sind so festgelegt, dass die Nachweise zu der angestrebten Versagenswahrscheinlichkeit führen.

ANMERKUNG 2 Für statische Berechnungen ist es wichtig, Bemessungswerte von charakteristischen Werten (siehe Element 304) zu unterscheiden, z. B. durch Verwendung der Indizes d (Bemessungswerte) und k (charakteristische Werte).

3.1.4**(304) Charakteristische Werte**

Die charakteristischen Werte für Einwirkungsgrößen und Widerstandsgrößen sind die Bezugsgrößen für die Bemessungswerte der Einwirkungsgrößen und Widerstandsgrößen.

Charakteristische Werte werden durch den Index k gekennzeichnet.

ANMERKUNG Charakteristische Werte der als streuend anzunehmenden Größen der Einwirkung und des Widerstandes sind nach der dieser Norm zugrundeliegenden Sicherheitstheorie als p %-Fraktile der Verteilungsfunktionen dieser Größen festzulegen, z. B. als 5 %-Fraktile. Damit ließe die Sicherheitstheorie die Berechnung der für die angestrebte Versagenswahrscheinlichkeit erforderlichen Teilsicherheitsbeiwerte zu. Da aus praktischen Gründen zuerst Teilsicherheitsbeiwerte vereinbart wurden, ergeben sich unterschiedliche und von [1] abweichende Werte für p . Aufgrund nicht ausreichender Kenntnisse (Daten) über Einwirkungen und Widerstände sind diese Werte für p teilweise nur angenähert bekannt. Die Absicherung der Festlegungen dieser Norm stützt sich diesbezüglich auf globale Kalibrierung an der bisherigen Erfahrung.

3.1.5**(305) Teilsicherheitsbeiwerte**

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F und γ_M sind die Sicherheitselemente, die die Streuungen der Einwirkungen **F** und Widerstandsgrößen **M** berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Der Teilsicherheitsbeiwert γ_F setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

$$\gamma_F = \gamma_f \cdot \gamma_{f, \text{sys}}$$

γ_F bezieht sich ausschließlich auf die Einwirkung und sichert z. B. ihre räumliche und zeitliche Streuung ab.

$\gamma_{f, \text{sys}}$ berücksichtigt Unsicherheiten im mechanischen und stochastischen Modell und dient z. B. der Erfassung besonderer Systemempfindlichkeiten.

| Angaben zur Bestimmung von γ_F können z. B. DIN 1055-100 oder DIN EN 1990 entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Der Teilsicherheitsbeiwert γ_M setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

$$\gamma_M = \gamma_m \cdot \gamma_{m, \text{sys}}$$

γ_m berücksichtigt die Streuung der jeweiligen Widerstandsgröße.

$\gamma_{m, \text{sys}}$ deckt Ungenauigkeiten im mechanischen Modell zur Berechnung der Beanspruchbarkeiten und Systemempfindlichkeiten ab.

| Angaben zur Bestimmung von γ_M können z. B. DIN 1055-100 oder DIN EN 1990 entnommen werden.

3.1.6**(306) Kombinationsbeiwerte**

Die Kombinationsbeiwerte ψ sind die Sicherheitselemente, die die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens veränderlicher Einwirkungen berücksichtigen.

3.1.7**(307) Beanspruchungen**

Beanspruchungen S_d sind die von den Bemessungswerten der Einwirkungen F_d verursachten Zustandsgrößen im Tragwerk. Sie werden auch als vorhandene Größen bezeichnet. Wenn zur Vermeidung von Verwechslungen Beanspruchungen gekennzeichnet werden müssen, ist dafür der Index S,d zu verwenden. Hier wird im Folgenden auf eine solche Kennzeichnung der Beanspruchungen verzichtet.

ANMERKUNG Beanspruchungen sind z. B. Spannungen, Schnittgrößen, Scherkräfte von Schrauben, Dehnungen und Durchbiegungen.

3.1.8**(308) Grenzzustände**

Grenzzustände sind Zustände des Tragwerkes, die den Bereich der Beanspruchung, in dem das Tragwerk tragsicher bzw. gebrauchstauglich ist, begrenzen. Grenzzustände können auch auf Bauteile, Querschnitte, Werkstoffe und Verbindungsmittel bezogen sein.

3.1.9**(309) Beanspruchbarkeiten**

Beanspruchbarkeiten R_d sind die zu Grenzzuständen gehörenden Zustandsgrößen des Tragwerkes. Sie sind mit den Bemessungswerten der Widerstandsgrößen M_d zu berechnen und werden auch als Grenzgrößen bezeichnet. Wenn zur Vermeidung von Verwechslungen Beanspruchbarkeiten zu kennzeichnen sind, ist dafür im Allgemeinen der Index R,d zu verwenden.

Wenn keine Verwechslungen mit Beanspruchungen möglich sind, darf der Index R entfallen.

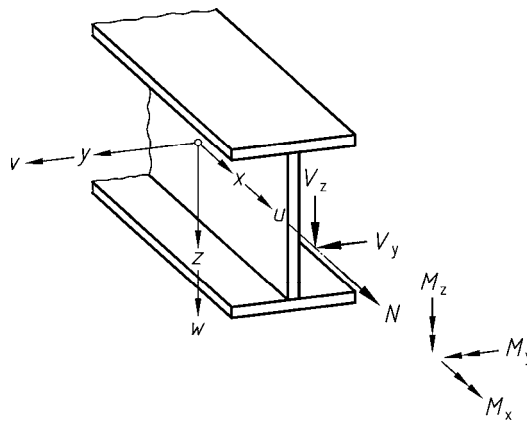
ANMERKUNG Beanspruchbarkeiten sind z. B. Grenzspannungen, Grenzschnittgrößen, Grenzabscherkräfte von Schrauben und Grenzdehnungen.

3.2 Weitere Begriffe

(310) Weitere Begriffe werden im Normtext erläutert.

3.3 Häufig verwendete Formelzeichen**(311) Koordinaten, Verschiebungs- und Schnittgrößen, Spannungen sowie Imperfektionen**

x	Stabachse;
y, z	Hauptachsen des Querschnitts; die Zeichen sind bei einteiligen Stäben so gewählt, dass $I_y \geq I_z$ ist;
u, v, w	Verschiebungen in Richtung der Achsen x, y, z ;
N	Normalkraft, als Zug positiv;
M_y, M_z	Biegemomente;
M_x	Torsionsmoment;
V_y, V_z	Querkräfte;
σ	Normalspannung;
τ	Schubspannung;
$\Delta\sigma$	Spannungsschwingbreite;
φ_0	Stabdrehwinkel des vorverformten (imperfekten) Tragwerks im einwirkungslosen Zustand.

DIN 18800-1:2008-11**Bild 1 — Koordinaten, Verschiebungs- und Schnittgrößen**

ANMERKUNG Das Formelzeichen V für Querkraft anstelle von Q wird in Übereinstimmung mit internationalen Regelwerken, z. B. ISO 3898:1987, gewählt.

(312) Physikalische Kenngrößen, Festigkeiten

- E Elastizitätsmodul (E -Modul);
- G Schubmodul;
- α_T lineare Temperaturdehnzahl;
- f_y Streckgrenze;
- f_u Zugfestigkeit;
- μ Reibungszahl.

(313) Querschnittsgrößen

- t Erzeugnisdicke, Blechdicke
- b Breite von Querschnittsteilen
- A Querschnittsfläche
- A_{Steg} Stegfläche, nach Abschnitt 7.5.2, Element 752;
- S Statisches Moment;
- I Flächenmoment 2. Grades (früher: Trägheitsmoment);
- W elastisches Widerstandsmoment;
- N_{pl} Normalkraft im vollplastischen Zustand;
- M_{pl} Biegemoment im vollplastischen Zustand;
- M_{el} Biegemoment, bei dem die Spannung σ_x an der ungünstigsten Stelle des Querschnitts f_y erreicht;

α_{pl}	$= \frac{M_{pl}}{M_{el}}$ plastischer Formbeiwert;
V_{pl}	Querkraft im vollplastischen Zustand;
d	Durchmesser;
d_L	Lochdurchmesser;
d_{Sch}	Schaftdurchmesser;
Δd	Nennlochspiel;
a	rechnerische Schweißnahtdicke.

ANMERKUNG Die Benennung „vollplastischer Zustand“ bezieht sich auf die volle Ausnutzung der Plastizität. In Sonderfällen (z. B. Winkel-, U-Profile) können hierbei elastische Restquerschnitte vorhanden sein, vergleiche z. B. [7].

(314) Systemgrößen

l	Systemlänge eines Stabes;
N_{Ki}	Normalkraft unter der kleinsten Verzweigungslast nach der Elastizitätstheorie, als Druck positiv;
s_K	$= \sqrt{\frac{\pi^2(E \cdot I)}{N_{Ki}}}$ zu N_{Ki} gehörende Knicklänge eines Stabes.

(315) Einwirkungen, Widerstandsgrößen und Sicherheitselemente

F	Einwirkung (allgemeines Formelzeichen);
G	ständige Einwirkung;
Q	veränderliche Einwirkung;
F_A	außergewöhnliche Einwirkung;
F_E	Erddruck;
M	Widerstandsgröße (allgemeines Formelzeichen);
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen;
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert für die Widerstandsgrößen;
ψ	Kombinationsbeiwert für Einwirkungen;
S_d	Beanspruchung (allgemeines Formelzeichen);
R_d	Beanspruchbarkeit (allgemeines Formelzeichen).

ANMERKUNG Die Formelzeichen sind zum Teil aus der englischen Sprache abgeleitet: z. B. **F**orce, **S**tress, **R**esistance, **d**esign.

DIN 18800-1:2008-11**(316) Nebenzeichen**

Index k charakteristischer Wert einer Größe;

Index d Bemessungswert einer Größe;

Index R,d Beanspruchbarkeit;

Index S,d Beanspruchung;

Index w Schweißen;

Index b Schrauben, Niete, Bolzen;

vers vorangestelltes Nebenzeichen zur Kennzeichnung eines Versuchswertes.

ANMERKUNG 1 Nebenzeichen sind zum Teil aus der englischen Sprache abgeleitet: z. B. **weld**, **bolt**.

ANMERKUNG 2 Diese Nebenzeichen sind zu verwenden, wenn die Gefahr von Verwechslungen besteht.

ANMERKUNG 3 Es ist z. B. $f_{u,b}$ die Zugfestigkeit eines Schraubenwerkstoffes.

4 Werkstoffe**4.1 Bauteile****(401) Übliche Stahlsorten**

Es sind folgende Werkstoffe für Bauteile zu verwenden:

- 1) Die Stahlsorten S235, S275, S355, S450 der unlegierten Baustähle nach DIN EN 10025-2 und die entsprechenden Stahlsorten für kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile nach DIN EN 10219-1 sowie für warmgefertigte Hohlprofile nach DIN EN 10210-1.
- 2) Die Stahlsorten S275N, S275NL, S355N, S355NL, S420N, S420NL, S460N, S460NL der normalgeglühten/normalisierend gewalzten, schweißgeeigneten Feinkornbaustähle nach DIN EN 10025-3 und die entsprechenden Stahlsorten für Hohlprofile nach DIN EN 10219-1 und DIN EN 10210-1 sowie die Stahlsorten P275NH, P275NL1, P275NL2, P355N, P355NH, P355NL1 und P355NL2 nach DIN EN 10028-3.
- 3) Die Stahlsorten S275M, S275ML, S355M, S355ML, S420M, S420ML, S460M, S460ML der thermomechanisch gewalzten, schweißgeeigneten Feinkornbaustähle nach DIN EN 10025-4 und die entsprechenden Stahlsorten für Hohlprofile nach DIN EN 10219-1.
- 4) Die Stahlsorten S235...W, S355...WP, S355...W der wetterfesten Baustähle nach DIN EN 10025-5.
- 5) Die Stahlsorten S235JRG2, S235J2G3, S355J2G3 der unlegierten Baustähle für Schmiedestücke nach DIN EN 10250-2 und P355NH und P355QH1 der schweißgeeigneten Feinkornbaustähle für Schmiedestücke nach DIN EN 10222-4.
- 6) Die Vergütungsstähle C35+N und C45+N nach DIN EN 10083-2 nur für stählerne Lager, Gelenke und spezielle Verbindungselemente (z. B. Raumfachwerkknoten, Bolzen).
- 7) Die Stahlgussorten GS200, GS240, G17Mn5, G20Mn5, GE200 und GE240 nach DIN EN 10293 und die Gusseisensorten EN-GJS-400-15, EN-GJS-400-18, EN-GJS-400-18-LT, EN-GJS-400-18-RT nach DIN EN 1563 (Gusseisen mit Kugelgraphit) nur für spezielle Formstücke wie z. B. Verankerungsbauteile für Rundstäbe mit Gewinde.

Für die Werkstoffe nach den Ziffern 6 und 7 ist nur das Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch nach 7.5.2 zulässig. Die Tragsicherheitsnachweise nach DIN 18800-2, DIN 18800-3 und DIN 18800-4 sind nicht zulässig.

(402) entfällt

(403) Güteanforderungen an Walz- und Gusserzeugnisse

Die Stahlsorten für Walzprodukte und geschmiedete Erzeugnisse sind entsprechend dem vorgesehenen Verwendungszweck und ihrer Schweißeignung auszuwählen. Für die Auswahl der Stahlsorten einschließlich ihrer Gütegruppen gilt DAST-Richtlinie 009. Für zusätzliche Anforderungen an die Stahlprodukte gelten die Angaben in DIN 18800-7.

Für Bauteile aus Stahlguss und Gusseisen mit Kugelgraphit sind Anforderungen an die innere und äußere Beschaffenheit entsprechend dem Verwendungszweck festzulegen. In Tabelle 0 sind für vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Beanspruchungszonen H (hoch), M (mittel) und N (niedrig) die erforderlichen Gütestufen angegeben. Bezüglich der Kriterien für die verschiedenen Beanspruchungszonen gilt, dass jeweils jedes einzelne Kriterium maßgebend wird. Die Beanspruchungszonen eines Gussstückes oder die entsprechende einheitliche Klassifizierung bei kleinen Gussstücken sind in den Bauteilzeichnungen zu definieren. Wegen des Korrosionsschutzes können bezüglich der Oberflächenbeschaffenheit höhere Anforderungen erforderlich sein als in Tabelle 0 angegeben. Der Nachweis der Gütestufen gilt als erbracht, wenn die Prüfung einer Stichprobe von 10 % der Gussstücke einer Produktionseinheit keine unzulässigen Befunde ergab. Bei Bauteilen, deren Versagen die Standsicherheit wesentlicher Teile einer baulichen Anlage gefährdet, ist eine umfassendere Prüfung erforderlich.

Fertigungsschweißungen an Gussstücken nach DIN EN 1559-1 und DIN EN 1559-2 sind zulässig, wenn die dafür erforderliche Herstellerqualifikation nach DIN 18800-7 vorliegt.

Für den Nachweis ausreichender Zähigkeit gilt für Stahlguss DAST-Richtlinie 009 entsprechend. Dabei ist zusätzlich eine Temperaturverschiebung $\Delta T_G = -10 \text{ K}$ zu berücksichtigen, und für die Bauteildicke ist der Maximalwert in einem 50 mm breiten Bereich beiderseits der Schweißnaht anzusetzen. Die Zuordnung zu den Walzstahlsorten ist hinsichtlich der Festigkeit entsprechend Tabelle 21 vorzunehmen. Für Stahlguss ist DAST-Richtlinie 014 nicht anzuwenden.

Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Kennwerte von Gussstücken ist in Abhängigkeit von der für den Verwendungsfall erforderlichen Zuverlässigkeit eine Probe zu gießen, deren Abmessungen Abkühlbedingungen sicherstellt, die den Verhältnissen an den höchstbeanspruchten Stellen des Gussstückes entsprechen.

DIN 18800-1:2008-11**Tabelle 0 — Anforderungen an die innere und äußere Beschaffenheit von vorwiegend ruhend beanspruchten Bauteilen aus Stahlguss oder Gusseisen mit Kugelgraphit**

Beanspruchungszonen		Gütestufen	
	Kriterien ^f	der inneren Beschaffenheit (Volumen) Ultraschallprüfung nach DIN EN 12680-1 ^b oder DIN EN 12680-3 ^c	der äußeren Beschaffenheit (Oberfläche) ^a Eindringprüfung nach DIN EN 1371-1 oder Magnet- pulverprüfung nach DIN EN 1369
H	$1,00 \geq \eta_{\text{Zug}} > 0,75$ Wanddicke $t \leq 30 \text{ mm}^b$ Wanddicke $t \leq 20 \text{ mm}^c$ Schweißflanken Bereiche von Krafteinleitungen (z. B. Sacklochgewinde) Druckkegel von vorgespannten Schrauben	1 ^d	SP2 oder SM2 (Einzelanzeigen)
M	$0,75 \geq \eta_{\text{Zug}} > 0,30$ $1,00 \geq \eta_{\text{Druck}} > 0,75$ Wanddicke $30 \text{ mm} < t \leq 50 \text{ mm}^b$ Wanddicke $20 \text{ mm} < t \leq 30 \text{ mm}^c$	2 ^e	LP2b oder LM2b (lineare Anzeigen)
N	$0,30 \geq \eta_{\text{Zug}}$ $0,75 \geq \eta_{\text{Druck}}$ Wanddicke $t > 50 \text{ mm}^b$ Wanddicke $t > 30 \text{ mm}^c$	3 ^e	AP2b oder AM2b (Anzeigen in Reihe)
^a Zur visuellen Bestimmung der Oberfläche kann auch DIN EN 12454 vereinbart werden. ^b Für Stahlguss. ^c Für Gusseisen mit Kugelgraphit. ^d Oberflächenrisse mit Tiefen über 3 mm sind unzulässig. ^e Innerhalb einer Bezugsfläche dürfen nicht gleichzeitig Reflektoren im Rand und Kern auftreten. ^f Für den Ausnutzungsgrad gilt $\eta = S_d/R_d$.			

(404) Bescheinigungen

Für die Bescheinigungen und den Aufschweißbiegeversuch gelten die Angaben in DIN 18800-7:2008-11, 5.1.5.

(405) Charakteristische Werte für Walzstahl und Stahlguss

Bei der Ermittlung von Beanspruchungen und Beanspruchbarkeiten sind für die Stahlsorten im gewalzten Zustand und die Gusswerkstoffe die in Tabelle 1 angegebenen charakteristischen Werte zu verwenden. Für die maximalen Erzeugnisdicken von Hohlprofilen gelten abweichend von Tabelle 1, Spalte 2 die Angaben in den Technischen Lieferbedingungen DIN EN 10219 und DIN EN 10210. Für Stähle im geschmiedeten Zustand gelten als charakteristische Werte für die entsprechenden Wanddickenbereiche die unteren Grenzwerte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit in den jeweiligen Technischen Lieferbedingungen.

Bei Erzeugnisdicken, die größer sind als die in Tabelle 1, Spalte 2 angegebenen, jedoch kleiner oder gleich den in den jeweiligen Technischen Lieferbedingungen angegebenen, sowie bei anderen Stahlsorten nach Element 402, erster Spiegelstrich, dürfen als charakteristische Werte für die entsprechenden Wanddickenbereiche die unteren Grenzwerte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit nach den jeweiligen Technischen Lieferbedingungen verwendet werden.

Bauteile aus Vergütungsstählen oder Gusswerkstoffen, deren Wanddicken größer als 160 mm sind, gehören nicht zum Anwendungsbereich der Norm.

ANMERKUNG Die Erzeugnisdicken sind auch durch die Anforderungen nach Element (403) begrenzt.

Die temperaturabhängige Veränderung der charakteristischen Werte ist bei Temperaturen über 100 °C zu berücksichtigen.

DIN 18800-1:2008-11**Tabelle 1 — Als charakteristische Werte für Walzstahl und Gusswerkstoffe festgelegte Werte**

	1	2	3	4	5	6	7
		Erzeugnis- dicke t mm	Streck- grenze $f_{y,k}$ N/mm ²	Zug- festigkeit $f_{u,k}$ N/mm ²	E-Modul E N/mm ²	Schub- modul G N/mm ²	Temperatur- dehnzahl α_T K ⁻¹
	Baustahl				210 000	81 000	12 × 10 ⁻⁶
1	S235	$t \leq 40$	240	360			
2		$40 < t \leq 100$	215				
3	S275	$t \leq 40$	275	410			
4		$40 < t \leq 80$	255				
5	S355	$t \leq 40$	360	470			
6		$40 < t \leq 80$	335				
7	S450	$t \leq 40$	440	550			
8		$40 < t \leq 80$	410				
	Feinkornbaustahl						
9	S275N u. NL, M u. ML	$t \leq 40$	275	370			
10	P275NH, NL1 u. NL2	$40 < t \leq 80$	255				
11	S355N u. NL	$t \leq 40$	360	470			
12	P355N, NH, NL1 u. NL2, QH1	$40 < t \leq 80$	335				
13	S355M u. ML	$t \leq 40$	360	450			
14		$40 < t \leq 80$	335				
15	S420N u. NL	$t \leq 40$	420	520			
16		$40 < t \leq 80$	390				
17	S420M u. ML	$t \leq 40$	420	520			
18		$40 < t \leq 80$	390	500			
19	S460N u. NL	$t \leq 40$	460	550			
20		$40 < t \leq 80$	430				
21	S460M u. ML	$t \leq 40$	460	530			
22		$40 < t \leq 80$	430				
	Vergütungsstahl						
23	C35+N	$t \leq 16$	300	550			
24		$16 < t \leq 100$	270	520			
25	C45+N	$t \leq 16$	340	620			
26		$16 < t \leq 100$	305	580			
	Gusswerkstoffe						
27	GS200	$t \leq 100$	200	380			
28	GS240		240	450			
29	GE200	$t \leq 160$	200	380			
30	GE240		240	450			
31	G17Mn5+QT	$t \leq 50$	240	450			
32	G20Mn5+N	$t \leq 30$	300	480			
33	G20Mn5+QT	$t \leq 100$	300	500			
34	EN-GJS-400-15	$t \leq 60$	250	390	169 000	46 000	12,5 × 10 ⁻⁶
35	EN-GJS-400-18		250				
36	EN-GJS-400-18-LT		230				
37	EN-GJS-400-18-RT		250				

ANMERKUNG Siehe hierzu auch 7.3.1, Element 718.

4.2 Verbindungsmittel

4.2.1 Schrauben, Niete, Kopf- und Gewindebolzen

(406) Schrauben, Muttern, Scheiben

Es sind Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 und 10.9 nach DIN EN ISO 898-1, zugehörige Muttern der Festigkeitsklassen 4, 5, 8 und 10 nach DIN EN 20898-2 und Scheiben, die mindestens die Festigkeit der Schrauben haben, zu verwenden.

Es dürfen auch andere Bauteile aus Stahl mit metrischem Außen- oder Innengewinde verwendet werden, wenn sie einer der Festigkeitsklassen der Schrauben nach Tabelle 2 oder einer der in Tabelle 1 genannten Stahlsorten zugeordnet werden können.

(407) Verzinkte Schrauben

Es sind nur komplette Garnituren (Schrauben, Muttern und Scheiben) eines Herstellers zu verwenden.

Feuerverzinkte Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 sowie zugehörige Muttern und Scheiben dürfen nur verwendet werden, wenn sie vom Schraubenhersteller im Eigenbetrieb oder unter seiner Verantwortung im Fremdbetrieb verzinkt wurden.

Andere metallische Korrosionsschutzüberzüge dürfen verwendet werden, wenn

- die Verträglichkeit mit dem Stahl gesichert ist und
- eine wasserstoffinduzierte Versprödung vermieden wird und
- ein adäquates Anziehverhalten nachgewiesen wird.

Galvanisch verzinkte Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 dürfen nicht verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Ein anderer metallischer Korrosionsschutzüberzug ist z. B. die galvanische Verzinkung. Die galvanische Verzinkung bei Schrauben reicht als Korrosionsschutz alleine nur in trockenen Innenräumen (Korrosionskategorie C1 nach DIN EN ISO 12944-2) aus.

ANMERKUNG 2 Zur Vermeidung wasserstoffinduzierter Versprödung siehe auch DIN 267-9.

(408) Charakteristische Werte für Schraubenwerkstoffe

Bei der Ermittlung der Beanspruchbarkeiten von Schraubenverbindungen sind für die Schraubenwerkstoffe die in Tabelle 2 angegebenen charakteristischen Werte zu verwenden.

DIN 18800-1:2008-11**Tabelle 2 — Als charakteristische Werte für Schraubenwerkstoffe festgelegte Werte**

	1	2	3
	Festigkeitsklasse	Streckgrenze $f_{y,b,k}$ N/mm ²	Zugfestigkeit $f_{u,b,k}$ N/mm ²
1	4.6	240	400
2	5.6	300	500
3	8.8	640	800
4	10.9	900	1 000

ANMERKUNG 1 Vergleiche hierzu auch 7.3.1, Element 718.

Für Erzeugnisdicken t im Bereich $40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$ sind als charakteristische Werte die in den jeweiligen Technischen Lieferbedingungen angegebenen unteren Grenzwerte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit zu verwenden, sofern sie die Werte nach Tabelle 2 nicht überschreiten. Andernfalls gelten die Werte in Tabelle 2.

ANMERKUNG 2 Rundstäbe mit Gewinde und sonstige Gewindeteile der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 und 10.9 werden in der Regel aus Erzeugnissen aus den Stahlsorten S235 (4.6) und S355 (5.6) nach DIN EN 10025-2 oder aus Erzeugnissen aus den Vergütungsstählen 42CrMo4+QT (8.8), 34CrNiMo6+QT (10.9) und 30CrNiMo8+QT (10.9) nach DIN EN 10083-1 hergestellt. Streckgrenze und Zugfestigkeit sind nach DIN EN ISO 898-1 zu ermitteln.

(409) Niete

Angaben zu den einsetzbaren Nietwerkstoffen sind den Produktnormen zu entnehmen.

(410) Charakteristische Werte für Nietwerkstoffe

Angaben zu den charakteristischen Werten für die einsetzbaren Nietwerkstoffe sind den Produktnormen zu entnehmen.

Tabelle 3 — entfällt

(411) Kopf- und Gewindebolzen

Es sind Kopf- und Gewindebolzen nach Tabelle 4 zu verwenden.

Bei der Ermittlung der Beanspruchbarkeiten von Verbindungen mit Kopf- und Gewindebolzen sind für die Bolzenwerkstoffe die in Tabelle 4 angegebenen charakteristischen Werte zu verwenden.

Tabelle 4 — Als charakteristische Werte für Werkstoffe von Kopf- und Gewindebolzen festgelegte Werte

	1	2	3	4
	Bolzen	nach	Streckgrenze $f_{y,b,k}$ N/mm ²	Zugfestigkeit $f_{u,b,k}$ N/mm ²
1	Festigkeitsklasse 4.8	DIN EN ISO 13918	340	420
2	S235J2+C450	DIN EN ISO 13918	350	450
3	S235JR, S235J0, S235J2, S355J0, S355J2	DIN EN 10025-2	Werte nach Tabelle 1	

ANMERKUNG Vergleiche hierzu auch 7.3.1, Element 718.

(412) Bescheinigungen über Schrauben, Niete und Bolzen

Für die Bescheinigungen gelten die Angaben in DIN 18800-7.

(413) Andere dornartige Verbindungsmittel

Für Bolzen, die aus Stahlsorten entsprechend den Ziffern 1 bis 5 nach Element 401 oder aus Schraubenwerkstoffen nach Element 408 hergestellt werden und in Gelenkbolzenverbindungen nach 8.3 verwendet werden (z. B. für Gabelköpfe), gelten hinsichtlich der Erzeugnisdicken und ihrer charakteristischen Werte die Festlegungen von Element 405 und 408 sinngemäß.

4.2.2 Schweißzusätze, Schweißhilfsstoffe

(414) Für die Schweißzusätze und Schweißhilfsstoffe gilt DIN 18800-7.

4.3 Hochfeste Zugglieder

4.3.1 Drähte von Seilen

(415) Für Drähte von Seilen sind korrosionsgeschützte Drähte aus Stählen nach den Normen der Reihen DIN EN 10264 und DIN EN 12385 zu verwenden.

4.3.2 End- und Zwischenverankerungen

(416) Verankerungsköpfe

Für Verankerungsköpfe sind Gussteile aus Stahlguss G20Mn5 oder G26CrMo4 nach DIN EN 10293 oder G18NiMoCr36 nach SEW 520 sowie Schmiedeteile aus Vergütungsstahl 34CrNiMo6+QT oder 42CrMo4+QT nach DIN EN 10083-1 zu verwenden. Für die Stahlsorten, die in Tabelle 1 nicht aufgeführt sind, dürfen als charakteristische Werte für die entsprechenden Wanddickenbereiche die unteren Grenzwerte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit nach den jeweiligen Technischen Lieferbedingungen verwendet werden.

(417) Verankerungen mit Verguss

Für Vergussverankerungen gilt DIN EN 13411-4.

(418) entfällt

DIN 18800-1:2008-11**(419) Kauschen**

Für Kauschen sind die in DIN EN 13411-1 und DIN 3091 angegebenen Werkstoffe zu verwenden.

(420) Reibschluss-Verankerungen

Für reibschlüssige Verbindungen sind Drahtseilklemmen mit U-förmigem Klemmbügel nach DIN EN 13411-5 oder Pressklemmen nach DIN EN 13411-3 zu verwenden.

4.3.3 Zugglieder aus Spannstählen

(421) Für Spanndrähte, Spannlitzen und Spannstähle sind die in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen genannten Werkstoffe zu verwenden.

4.3.4 Qualitätskontrolle**(422) Bescheinigung**

Die Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe sind mindestens durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen.

(423) Verankerungsköpfe aus Stahlguss

Für die innere und äußere Beschaffenheit gilt Element 403 mit den Anforderungen für die Beanspruchungszone M nach Tabelle 0.

(424) Zugglieder aus Spannstählen

Für die Qualitätskontrolle gelten die Angaben in den entsprechenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.

4.3.5 Charakteristische Werte für mechanische Eigenschaften von hochfesten Zuggliedern**(425) Festigkeiten von Drähten**

Als charakteristischer Wert $f_{u,k}$ der Zugfestigkeit ist die Drahtnennfestigkeit nach DIN EN 10264 zu verwenden. Der charakteristische Wert $f_{u,k}$ darf 1 770 N/mm² nicht überschreiten.

(426) Dehnsteifigkeit

Die Dehnsteifigkeit von hochfesten Zuggliedern ist im Allgemeinen durch Versuche zu bestimmen.

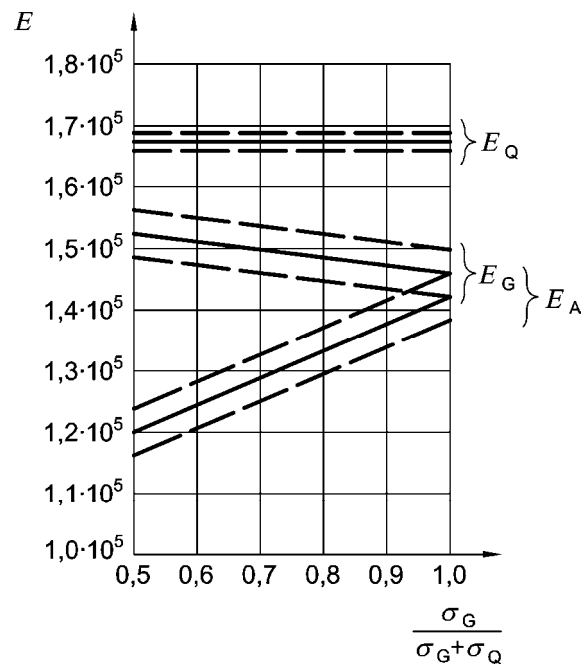
Bei der Bestimmung des Verformungsmoduls von Seilen ist zu beachten, dass sich an kurzen Versuchsseilen – Probenlänge ≤ 10 facher Schlaglänge – ein geringeres Kriechmaß als bei langen Seilen ergibt.

Falls keine genaueren Werte bekannt sind, darf dieser Effekt bei der Ablängung von Spiralseilen durch eine zusätzliche Verkürzung von 0,15 mm/m berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Die Dehnsteifigkeit ist das Produkt von Verformungsmodul und metallischem Querschnitt. Anhaltswerte für die Verformungsmoduln von hochfesten Zuggliedern aus Drähten nach Element 415 können Bild 2 und Tabelle 5 entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Die in Tabelle 5 angegebenen Verformungsmoduln E_Q gelten nach mehrmaligem Be- und Entlasten zwischen 30 % und 40 % der rechnerischen Bruchkraft.

ANMERKUNG 3 Da nicht vorgereckte Seile bei Erstbelastung außer elastischen auch bleibende Dehnungen haben, kann es vorteilhaft sein, diese Seile vor oder nach dem Einbau bis höchstens $0,45 f_{u,k}$ zu recken.



Legende

--- Grenzwerte
 — Mittelwert

E_B liegt zwischen E_G und E_A

Bild 2 — Anhaltswerte für die Verformungsmoduln vollverschlossener, nichtvorgereckter Spiralseile aus Drähten nach Element 415

In Bild 2 bedeuten:

- E_G Verformungsmodul nach erstmaliger Belastung bis σ_G ;
- E_Q Verformungsmodul im Bereich veränderlicher Einwirkungen;
- E_A Verformungsmodul maßgebend für das Ablängen;
- E_B Verformungsmodul während der Bauzustände;
- σ_G Beanspruchung aus ständigen Einwirkungen;
- σ_Q Beanspruchung aus veränderlichen Einwirkungen.

Voraussetzungen für die Verformungsmoduln nach Bild 2 sind:

- die Schlaglänge ist etwa gleich dem 10fachen Durchmesser der jeweiligen Lage;
- die Grundspannung ist 40 N/mm².

Die Grundspannung beim Ablängen entspricht der Unterlast in den Ablängversuchen, bei der die Seile keine Welligkeit mehr aufweisen und der Seilverband praktisch geschlossen ist (untere Grenzlast des elastischen Bereichs).

(427) Berechnungsannahme für die Dehnsteifigkeit

DIN 18800-1:2008-11

Wenn die durch Versuche an dem zum Einbau bestimmten Zugglied festgestellte Dehnsteifigkeit mehr als 10 % von dem der Berechnung zugrunde gelegten Wert abweicht, ist dies zu berücksichtigen.

(428) Temperaturdehnzahl

Die Temperaturdehnzahl für Zugglieder aus Drähten nach Element 415 ist

$$\alpha_T = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \quad (3)$$

Tabelle 5 — Anhaltswerte für den Verformungsmodul E_Q im Bereich veränderlicher Einwirkungen von hochfesten Zuggliedern

	1	2	3	4
	Hochfestes Zugglied nach Element 523			E_Q N/mm ²
1	Offene Spiralseile			$0,15 \times 10^6$
2	Vollverschlossene Spiralseile			$0,17 \times 10^6$
3	Rundlitzenseile mit Stahleinlage			
	Mindestseildurchmesser, in mm	Anzahl der Außenlitzen	Drahtanzahl je Außenlitze	
	7	6	6 bis 8	$0,12 \times 10^6$
	8	8	6 bis 8	$0,11 \times 10^6$
	17	6	15 bis 26	$0,11 \times 10^6$
	19	8	15 bis 26	$0,10 \times 10^6$
	23	6	27 bis 49	$0,10 \times 10^6$
	30	8	27 bis 49	$0,09 \times 10^6$
	25	6	50 bis 75	$0,10 \times 10^6$
	32	8	50 bis 75	$0,09 \times 10^6$
4	Bündel aus parallelen Spanndrähten und -stäben			$0,20 \times 10^6$
5	Bündel aus parallelen Spannlitzen			$0,19 \times 10^6$

(429) Reibungszahlen

Für die Reibung zwischen vollverschlossenen Spiralseilen untereinander sowie zwischen vollverschlossenen Spiralseilen und Stahl (Seilklemmen, Kabelschellen, Umlenkklager oder ähnlichen Bauteilen) ist eine Reibungszahl $\mu = 0,1$ anzusetzen, falls nicht durch Versuche ein anderer Wert nachgewiesen wird.

Für alle anderen hochfesten Zugglieder sind die Reibungszahlen durch Versuche zu bestimmen.

5 Grundsätze für die Konstruktion**5.1 Allgemeine Grundsätze****(501) Mindestdicken**

Die Mindestdicken sind den Fachnormen zu entnehmen.

(502) Verschiedene Stahlsorten

Die Verwendung verschiedener Stahlsorten in einem Tragwerk und in einem Querschnitt ist zulässig.

(503) Krafteinleitungen

Es ist zu prüfen, ob im Bereich von Krafteinleitungen oder -umlenkungen, an Knicken, Krümmungen und Ausschnitten konstruktive Maßnahmen erforderlich sind.

Bei geschweißten Profilen und Walzprofilen mit I-förmigem Querschnitt dürfen Kräfte ohne Aussteifungen eingeleitet werden, wenn

- der Betriebsfestigkeitsnachweis nicht maßgebend ist und
- der Trägerquerschnitt gegen Verdrehen und seitliches Ausweichen gesichert ist und
- der Tragsicherheitsnachweis nach Abschnitt 7.5.1, Element 744, geführt wird.

ANMERKUNG Ein Beispiel für konstruktive Maßnahmen ist die Anordnung von Steifen.

5.2 Verbindungen**5.2.1 Allgemeines****(504) Stöße und Anschlüsse**

Stöße und Anschlüsse sollen gedungen ausgebildet werden. Unmittelbare und symmetrische Stoßdeckung ist anzustreben.

Die einzelnen Querschnittsteile sollen für sich angeschlossen oder gestoßen werden.

Knotenbleche dürfen zur Stoßdeckung herangezogen werden, wenn ihre Funktion als Stoß- und als Knotenblech berücksichtigt wird.

ANMERKUNG 1 Querschnittsteile sind z. B. Flansche oder Stege.

Bei Schraubverbindungen — z. B. Gewindestangen und Sacklochverbindungen — reicht die Einschraubtiefe aus, wenn das Verhältnis ξ der Einschraubtiefe zum Durchmesser des Außengewindes mindestens folgenden Wert erreicht

$$\xi = (600/f_{u,k}) \cdot (0,3 + 0,4 f_{u,b,k}/500)$$

und wenn $f_{u,k} \leq f_{u,b,k}$ erfüllt ist.

Dabei ist

$f_{u,k}$ der charakteristische Wert der Zugfestigkeit des Bauteils mit Innengewinde in N/mm²;

$f_{u,b,k}$ der charakteristische Wert der Zugfestigkeit des Bauteils mit Außengewinde in N/mm².

ANMERKUNG 2 Eine genauere Ermittlung der Einschraubtiefe bei Sacklochverbindungen (z. B. Einschraubtiefe für Rundstäbe mit Gewinde) darf nach der VDI-Richtlinie 2230 erfolgen.

ANMERKUNG 3 Sacklochverbindungen dürfen nur mit speziellem Nachweis (Verfahrensprüfung) planmäßig vorgespannt werden.

Bei Schraubverbindungen gelten die Regeln für Schraubenverbindungen im Übrigen sinngemäß.

DIN 18800-1:2008-11**(505) Kontaktstoß**

Wenn Kräfte aus druckbeanspruchten Querschnitten oder Querschnittsteilen durch Kontakt übertragen werden, müssen

- die Stoßflächen der in den Kontaktfugen aufeinandertreffenden Teile eben und zueinander parallel und
- lokale Instabilitäten infolge herstellungsbedingter Imperfektionen ausgeschlossen oder unschädlich sein und
- die gegenseitige Lage der miteinander zu stoßenden Teile nach Abschnitt 8.6, Element 837, gesichert sein.

Bei Kontaktstößen, deren Lage durch Schweißnähte gesichert wird, darf der Luftspalt nicht größer als 0,5 mm sein. Für Querschnittsteile mit Dicken t von 10 mm bis 30 mm aus den Stahlsorten S235, S275 oder S355, die durch Doppelkehlnähte an Stirnplatten angeschlossen sind, darf der als Stegabstand h bezeichnete Luftspalt zwischen Querschnittsteil und Stirnplatte bis zu 2,0 mm betragen.

ANMERKUNG 1 Herstellungsbedingte Imperfektionen können z. B. Versatz oder Unebenheiten sein. Lokale Instabilitäten können insbesondere bei dünnwandigen Bauteilen auftreten, siehe z. B. [2], [3].

ANMERKUNG 2 Die Anforderung für die Begrenzung des Luftspaltes gilt z. B. für den Anschluss druckbeanspruchter Flansche an Stirnplatten.

5.2.2 Schrauben- und Nietverbindungen**(506) Schraubenverbindungen**

Die Ausführungsformen für Schraubenverbindungen sind nach Tabelle 6 zu unterscheiden.

Für planmäßig vorgespannte Verbindungen sind Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 oder 10.9 zu verwenden.

Gleitfeste Verbindungen mit Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 und 10.9 sind planmäßig vorzuspannen; die Reibflächen sind nach DIN 18800-7 vorzubehandeln.

Zugbeanspruchte Verbindungen mit Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 oder 10.9 sind planmäßig vorzuspannen.

Auf planmäßiges Vorspannen darf verzichtet werden, wenn Verformungen (Klaffungen) beim Tragsicherheitsnachweis berücksichtigt werden und im Gebrauchszustand in Kauf genommen werden können.

Für Schraubenverbindungen mit zugbeanspruchten Schrauben sind mindestens Schrauben der Größe M12 zu verwenden. Schrauben, Muttern und Scheiben kleiner M12 dürfen nur bei einem Ausnutzungsgrad auf Zug kleiner als 50 % verwendet werden. Schrauben kleiner als M6 sind für tragende Verbindungen nicht zulässig.

ANMERKUNG 1 GV-Verbindungen sichern die Formschlüssigkeit der Verbindungen bis zur Grenzgleitkraft, SLP-, SLVP- und GVP-Verbindungen bis zur Grenzabscher- bzw. Grenzlochleibungskraft.

ANMERKUNG 2 Planmäßiges Vorspannen von zugbeanspruchten Verbindungen (z. B. von biegesteifen Stirnplattenverbindungen) verhindert das Klaffen der Verbindung unter den Einwirkungen für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis. Dadurch wird auch die Betriebsfestigkeit der Verbindung erhöht.

ANMERKUNG 3 In der Literatur werden GV- und GVP-Verbindungen auch als gleitfeste vorgespannte Verbindungen bezeichnet, siehe z. B. [4].

Tabelle 6 — Ausführungsformen von Schraubenverbindungen

	1	2	3	4
	Nennlochspiel $\Delta d = d_L - d_{Sch}$ mm	nicht planmäßig vorgespannt	planmäßig vorgespannt	
			ohne gleitfeste Reibfläche	mit gleitfester Reibfläche
1	$0,3 < \Delta d^a \leq \max \Delta d$	SL	SLV	GV
2	$\Delta d \leq 0,3$	SLP	SLVP	GVP
SL Scher-Lochleibungsverbindungen SLP Scher-Lochleibungs-Passverbindungen SLV planmäßig vorgespannte Scher-Lochleibungsverbindungen SLVP planmäßig vorgespannte Scher-Lochleibungs-Passverbindungen GV gleitfeste, planmäßig vorgespannte Verbindungen GVP gleitfeste, planmäßig vorgespannte Passverbindungen ^a Der Größtwert $\max \Delta d$ des Nennlochspiels beträgt: – 1,0 mm für Schrauben $\leq M 12$; – 2,0 mm für Schrauben $< M 27$; – 3,0 mm für Schrauben $\geq M 27$; – 1,0 mm generell bei Senkschrauben im Bauteil mit dem Senkkopf.				

(507) Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben

Die für die einzelnen Ausführungsformen von Schraubenverbindungen nach Tabelle 6 zu verwendenden genormten Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben sind in DIN 18800-7 festgelegt.

Die Auflageflächen am Bauteil dürfen bei nicht vorwiegend ruhender Zugbeanspruchung der Verbindung nicht, und ansonsten nicht mehr als 2 % planmäßig gegen die Auflageflächen von Schraubenkopf und Mutter geneigt sein. Beim Verschrauben von U- oder I-Profilen sind genormte Keilscheiben zu verwenden.

(508) Niete

Für Nietverbindungen sind Halbrundniete nach DIN 124 oder Senkniete nach DIN 302 zu verwenden.

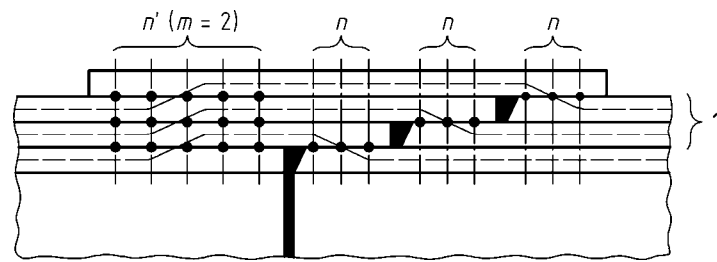
(509) Zugkräfte in Nieten

Planmäßige Zugkräfte in Nieten infolge von Einwirkungen sollen vermieden werden.

(510) Mittelbare Stoßdeckung

Bei mittelbarer Stoßdeckung über m Zwischenlagen zwischen der Stoßlasche und dem zu stoßenden Teil ist die Anzahl der Schrauben oder Niete gegenüber der bei unmittelbarer Deckung rechnerisch erforderlichen Anzahl n auf $n' = n (1 + 0,3 m)$ zu erhöhen (siehe Bild 3).

In GVP-Verbindungen darf auf ein Erhöhen der Schraubenanzahl verzichtet werden.

DIN 18800-1:2008-11**Legende**

1 zwei Zwischenlagen

Bild 3 — Erhöhung der Anzahl der Verbindungsmittel bei mittelbarer Stoßdeckung

(511) Endanschlüsse zusätzlicher Gurtplatten mit Schrauben oder Nieten

Wenn der Einfluss des Schlupfes im Nachweis nicht berücksichtigt wird, darf das Lochspiel geschraubter Endanschlüsse zusätzlicher Gurtplatten von Vollwandträgern höchstens 1 mm betragen.

Die Endanschlüsse sind mit der größten Querkraft zwischen dem Gurtplattenende und dem Querschnitt mit der größten Beanspruchung zu bemessen.

Ist die rechnerisch erforderliche Anschlusslänge größer als dieser Bereich, so ist die Gurtplatte über den rechnerischen Anschlusspunkt hinauszuziehen; ist sie kleiner, so ist die Gurtplatte in dem übrigen Bereich konstruktiv anzuschließen.

(512) Futter

Stoßteile dürfen in Verbindungen höchstens um 2 mm verzogen sein.

Futterstücke von mehr als 6 mm Dicke sind als Zwischenlagen nach Element 510 zu behandeln, wenn sie nicht mit mindestens einer Schrauben- bzw. Nietreihe oder durch entsprechende Schweißnähte vorgebunden werden.

Für GVP-Verbindungen darf auf das Vorbinden verzichtet werden.

(513) Schrauben- und Nietabstände

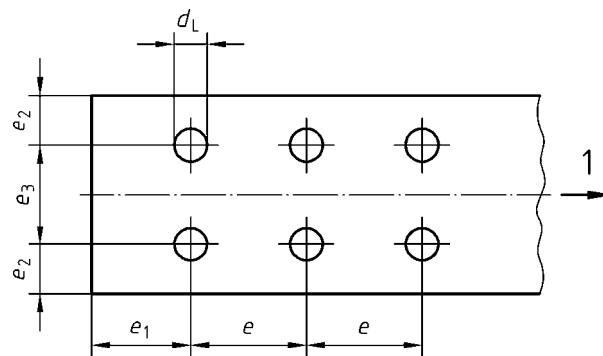
Für die Abstände von Schrauben und Nieten gilt Tabelle 7. Dabei ist t die Dicke des dünnsten der außenliegenden Teile der Verbindung.

Bei Anschlüssen mit mehr als 2 Lochreihen in und rechtwinklig zur Krafrichtung brauchen die größten Lochabstände e und e_3 nach Tabelle 7, Zeile 5 nur für die äußeren Reihen eingehalten zu werden.

Wenn ein freier Rand z. B. durch die Profilform versteift wird, darf der maximale Randabstand $8t$ betragen (siehe Bild 5).

Tabelle 7 — Rand- und Lochabstände von Schrauben und Nieten

	1	2	3	4	5	6
1	Randabstände			Lochabstände		
2	Kleinsten Randabstand	In Krafrichtung e_1	$1,2 d_L$	Kleinsten Lochabstand	In Krafrichtung e	$2,2 d_L$
3		Rechtwinklig zur Krafrichtung e_2	$1,2 d_L$		Rechtwinklig zur Krafrichtung e_3	$2,4 d_L$
4	Größter Randabstand	In und rechtwinklig zur Krafrichtung e_1 bzw. e_2	$3 d_L$ oder $6 t$	Größter Lochabstand, e bzw. e_3	Zur Sicherung gegen lokales Beulen	$6 d_L$ oder $12 t$
5					Wenn lokale Beulgefahr nicht besteht	$10 d_L$ oder $20 t$
Bei gestanzten Löchern sind die kleinsten Randabstände $1,5 d_L$, die kleinsten Lochabstände $3,0 d_L$.						
Die Rand- und Lochabstände nach Zeile 5 dürfen vergrößert werden, wenn durch besondere Maßnahmen ein ausreichender Korrosionsschutz sichergestellt ist.						

**Legende**

1 Krafrichtung

Bild 4 — Randabstände e_1 und e_2 und Lochabstände e und e_3

ANMERKUNG 1 Die Abstände werden von Lochmitte aus gemessen.

ANMERKUNG 2 Die Beanspruchbarkeit auf Lochleibung ist von den gewählten Rand- und Lochabständen abhängig. Die größtmögliche, rechnerisch nutzbare Beanspruchbarkeit wird nach Abschnitt 8.2.1.2, Element 805, mit den in Tabelle 8 angegebenen Rand- und Lochabständen erreicht. Für die Mindestabstände nach Tabelle 7 beträgt die Beanspruchbarkeit nur etwa die Hälfte der größtmöglichen Werte.

Tabelle 8 — Rand- und Lochabstände, für die die größtmögliche Beanspruchbarkeit auf Lochleibung erreicht wird

Abstand	e_1	e_2	e	e_3
	$3,0 \cdot d_L$	$1,5 \cdot d_L$	$3,5 \cdot d_L$	$3,0 \cdot d_L$

DIN 18800-1:2008-11

ANMERKUNG 3 Ausreichender Korrosionsschutz kann z. B. durch planmäßiges Vorspannen biegesteifer Stirnplattenverbindungen oder durch Abdichten der Fugen erreicht werden.

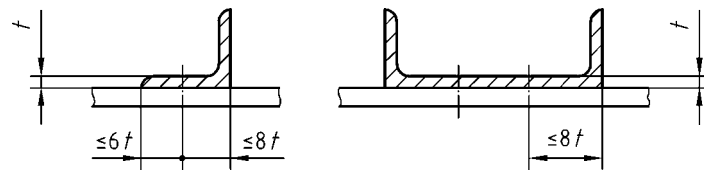


Bild 5 — Beispiele für die Versteifung freier Ränder im Bereich von Stößen und Anschlüssen

5.2.3 Schweißverbindungen

(514) Allgemeine Grundsätze

Die Bauteile und ihre Verbindungen müssen schweißgerecht konstruiert werden, Anhäufungen von Schweißnähten sollen vermieden werden.

ANMERKUNG Für die Stahlauswahl siehe Abschnitt 4.1, Element 403.

(515) Stumpfstoß von Querschnittsteilen verschiedener Dicken

Wechselt an Stumpfstoßen von Querschnittsteilen die Dicke, so sind bei Dickenunterschieden von mehr als 10 mm die vorstehenden Kanten im Verhältnis 1 : 1 oder flacher zu brechen (siehe Bild 6).

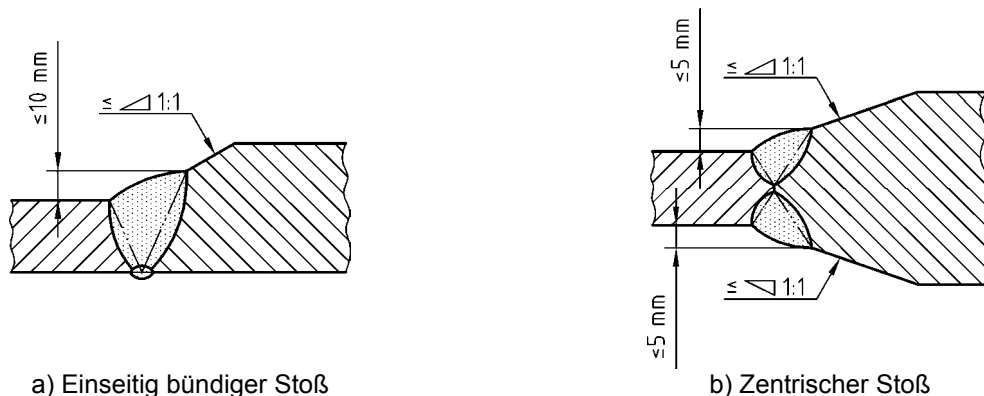
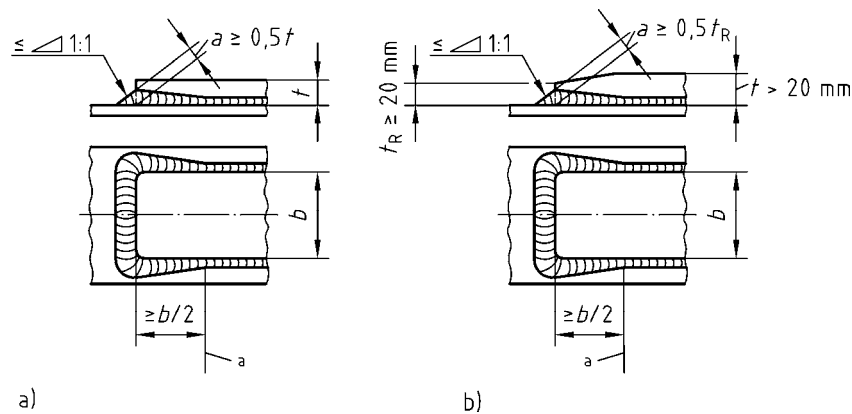


Bild 6 — Beispiele für das Brechen von Kanten bei Stumpfstoßen von Querschnittsteilen mit verschiedenen Dicken

(516) Obere Begrenzung von Gurtplattendicken

Gurtplatten, die mit Schweißverbindungen angeschlossen oder gestoßen werden, sollen nicht dicker sein als 50 mm.

Gurtplatten von mehr als 50 mm Dicke dürfen verwendet werden, wenn ihre einwandfreie Verarbeitung durch entsprechende Maßnahmen sichergestellt ist.

**Legende**

^a rechnerischer Endpunkt der zusätzlichen Gurtplatte

Bild 7 — Vorbinden zusätzlicher Gurtplatten**(517) Geschweißte Endanschlüsse zusätzlicher Gurtplatten**

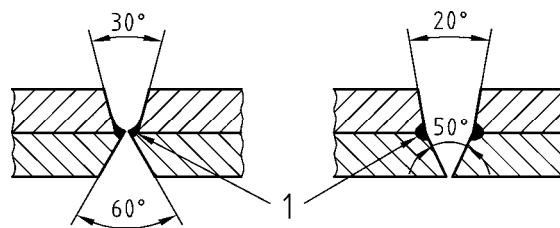
Sofern kein Nachweis für den Gurtplattenanschluss geführt wird, ist die zusätzliche Gurtplatte nach Bild 7 a) vorzubinden.

Bei Gurtplatten mit $t > 20$ mm darf der Endanschluss nach Bild 7 b) ausgeführt werden.

Bei Bauteilen mit vorwiegend ruhender Beanspruchung darf auf die Ausführung nach Bild 7 verzichtet werden. Die Stirnkehlnähte können wie die Flankenkehlnähte ausgeführt werden. Deren Dicke ergibt sich nach den statischen Erfordernissen.

(518) Gurtplattenstöße

Wenn aufeinanderliegende Gurtplatten an derselben Stelle gestoßen werden, ist der Stoß mit Stirnfugennähten vorzubereiten (siehe Bild 8).

**Legende**

1 Stirnfugennähte

Bild 8 — Beispiele für die Nahtvorbereitung eines Stumpfstoßes aufeinanderliegender Gurtplatten**(519) Grenzwerte für Kehlnahtdicken**

Bei Querschnittsteilen mit Dicken $t \geq 3$ mm sollen folgende Grenzwerte für die Schweißnahtdicke a von Kehlnähten eingehalten werden:

$$2 \text{ mm} \leq a \leq 0,7 \min t \quad (4)$$

$$a \geq \sqrt{\max t} - 0,5 \quad (5)$$

DIN 18800-1:2008-11

mit a und t in mm.

In Abhängigkeit von den gewählten Schweißbedingungen darf auf die Einhaltung von Bedingung (5) verzichtet werden, jedoch sollte für Blechdicken $t \geq 30$ mm die Schweißnahtdicke mit $a \geq 5$ mm gewählt werden.

ANMERKUNG Der Richtwert nach Bedingung (5) vermeidet ein Missverhältnis von Nahtquerschnitt und verbundenen Querschnittsteilen, siehe auch [5].

(520) Schweißnähte bei besonderer Korrosionsbeanspruchung

Bei besonderer Korrosionsbeanspruchung dürfen unterbrochene Nähte und einseitige nicht durchgeschweißte Nähte nur ausgeführt werden, wenn durch besondere Maßnahmen ein ausreichender Korrosionsschutz sichergestellt ist.

ANMERKUNG Besondere Korrosionsbeanspruchung liegt z. B. im Freien vor. Als besondere Maßnahme kann z. B. die Anordnung einer zusätzlichen Beschichtung im Bereich des Spaltes angesehen werden.

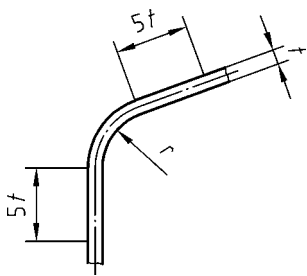
(521) entfällt

(522) Schweißen in kaltgeformten Bereichen

Wenn in kaltgeformten Bereichen einschließlich der angrenzenden Bereiche der Breite $5t$ geschweißt wird, sind die Grenzwerte $\min(r/t)$ nach Tabelle 9 einzuhalten. Zwischen den Werten der Zeilen 1 bis 5 darf linear interpoliert werden.

Die Werte der Umformgrade nach Tabelle 9 brauchen nicht eingehalten zu werden, wenn kaltgeformte Teile vor dem Schweißen normalgeglüht werden.

Tabelle 9 — Grenzwerte $\min(r/t)$ für das Schweißen in kaltgeformten Bereichen

	1	2	3
	max t mm	$\min(r/t)$	
1	50	10	
2	24	3	
3	12	2	
4	8	1,5	
5	6	1	
6	< 6	1	

5.3 Hochfeste Zugglieder**5.3.1 Querschnitte****(523) Einteilung**

Folgende hochfeste Zugglieder werden unterschieden (siehe Bild 9):

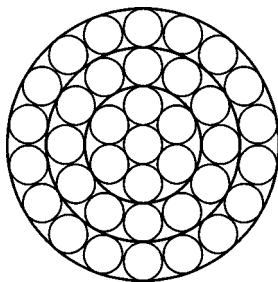
a) Seile

— Offene Spiralseile; sie bestehen nur aus Runddrähten.

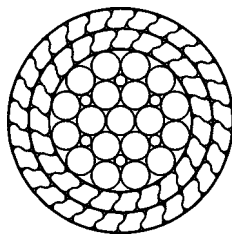
- Vollverschlossene Spiralseile; sie bestehen in der äußeren Lage oder den äußeren Lagen aus Formdrähten und in den inneren Lagen aus Runddrähten.
- Rundlitzenseile; sie bestehen aus einer oder mehreren Lagen von Litzen.

b) Zugglieder aus Spannstählen; Bündel aus parallel zur Bündelachse verlaufenden

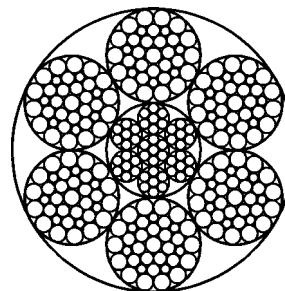
- Spanndrähten,
- Spannlitzen,
- Spannstäben.



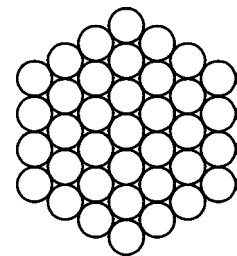
Offenes Spiralseil



Vollverschlossenes Spiralseil



Rundlitzenseil



Bündel aus parallelen Spanndrähten, -litzen oder -stäben

Bild 9 — Beispiele für hochfeste Zugglieder

(524) Grenzen für Drahtdurchmesser

Der Drahtdurchmesser d und die Formdrahthöhe h für Drähte von Seilen nach DIN EN 10264-1 und DIN EN 10264-3 sind zu begrenzen auf

$$0,7 \text{ mm} \leq d \leq 7,0 \text{ mm} \quad (6)$$

und

$$3,0 \text{ mm} \leq h \leq 7,0 \text{ mm} \quad (7)$$

Für Zugglieder aus Spannstählen gelten die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.

5.3.2 Verankerungen

(525) Arten

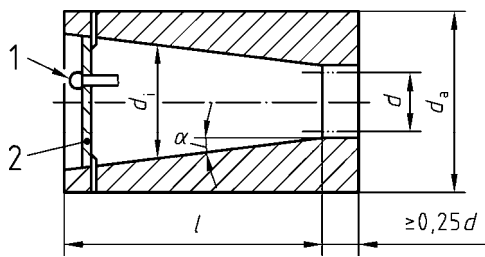
Seile sind mit Vergussverankerungen, Kauschen und Klemmen anzuschließen.

Für die Verankerungen von Zuggliedern aus Spannstählen gelten die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.

ANMERKUNG 1 Die Art der Verankerungen richtet sich nach der Art und dem Durchmesser der gewählten Zugglieder, nach der anschließenden Konstruktion und nach den möglichen Verformungen, z. B. infolge Windschwingungen.

ANMERKUNG 2 Die äußere Form der Verankerungen kann z. B. durch die Montage- oder die Spannvorrichtungen bestimmt sein.

ANMERKUNG 3 Anhaltswerte für die Abmessungen üblicher Vergussverankerungen sind in Bild 10 angegeben.

DIN 18800-1:2008-11

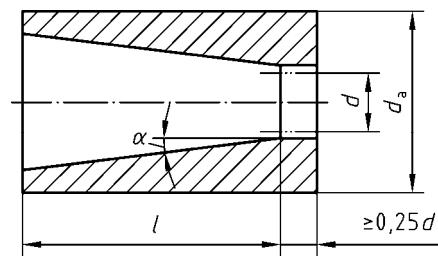
- 1 aufgestauchtes Köpfchen
 2 Köpfchenplatte
 d Durchmesser des Bündels ohne Korrosionsschutz

$$4^\circ < \alpha < 7^\circ$$

$$d_a > 2,5 d$$

$$l > 3,5 d$$

a) Paralleldrahtbündel und Parallellitzenbündel



$$5^\circ < \alpha < 9^\circ$$

$$d_a = \left(0,3 \frac{f_{y,D}}{f_y} + 1,9 \right) d$$

- l 5 d bzw. $50 d_D < l < 7 d$ bei Drahtseilen mit weniger als 50 Drähten
 d Seilnennendurchmesser
 d_D Größter Drahtdurchmesser ≤ 7 mm (bei Formdrähten die Profilhöhe)
 $f_{y,D}$ Streckgrenze der Drähte
 f_y Streckgrenze der Verankerungsköpfe

b) Seile mit $d > 40$ mm

Bild 10 — Anhaltswerte für die Abmessungen zylindrischer Verankerungsköpfe

(526) Kauschen und Klemmen

Wenn offene Spiralseile oder Rundlitzenseile mit Kauschen und Klemmen verankert werden sollen, müssen die Seile ausreichend biegsam sein.

Es sind Kauschen nach DIN EN 13411-1 oder DIN 3091 zu verwenden.

Das um die Kausche gelegte Seilende muss durch

- flämische Augen mit Stahlpressklemmen nach DIN EN 13411-3 oder
- Pressklemmen aus Aluminium-Knetlegierungen nach DIN EN 13411-3 oder
- Drahtseilklemmen nach DIN EN 13411-5

befestigt werden.

Bei offenen Spiralseilen sind mindestens 2 Pressklemmen nach DIN EN 13411-3 anzuordnen, oder es ist die nach DIN EN 13411-5 erforderliche Anzahl der Klemmen um eins zu erhöhen.

Zur Verankerung von vollverschlossenen Spiralseilen dürfen Kauschen und Klemmen nicht verwendet werden.

Pressklemmen und Drahtseilklemmen dürfen für Gleichschlagseile nicht verwendet werden.

(527) entfällt

5.3.3 Umlenklager und Schellen für Spiralseile

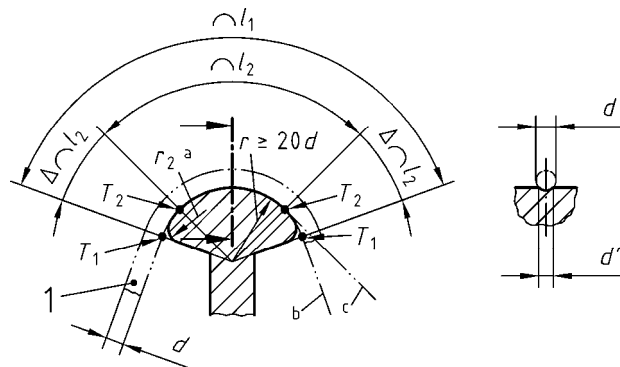
(528) Umlenklager

Der Radius der Auflagerfläche von Umlenklagern muss mindestens gleich dem 30fachen Seildurchmesser sein.

Wenn eine formtreue Lagerung des Seiles auf einer Breite von mindestens 60 % des Seildurchmessers und einer Weichmetalleinlage oder Spritzverzinkung von mindestens 1 mm Dicke vorhanden ist, darf der Radius auf das 20fache des Seildurchmessers verringert werden.

Kleinere Krümmungsradien dürfen verwendet werden, wenn die Umlenklänge l_2 nach Bild 11 ein ganzzahliges Vielfaches der Schlaglänge ist, wenn der Durchmesser bzw. die Höhe des Einzeldrahtes $\leq 0,005 r$ ist und die Bruchkraft des gekrümmten Seiles durch mindestens einen Versuch einer von der Bauaufsicht anerkannten Prüfstelle mit Prüfstücken, die der Ausführung im Bauwerk entsprechen, nachgewiesen ist.

Die Bogenlänge l_1 des Umlenklagers nach Bild 11 muss $l_1 \geq 1,06 l_2$ betragen.



Legende

- 1 Seil
- a Endausrundung r_2
- b reale Tangente
- c theoretische Tangente

$$0,6 d \leq d' \leq d$$

Bild 11 — Endausrundung von Umlenklagern

Die Radien r_2 der Endausrundungen der Auflagerfläche, die innerhalb der Bogenlänge l_1 liegen können, müssen mindestens 20 mm betragen.

Die Lage der beiden Punkte T_2 nach Bild 11 ist für die jeweils ungünstigsten Lastfälle zu ermitteln, wobei die Bewegung des Lagers und der Durchhang des vollverschlossenen Spiralseils zu berücksichtigen sind.

Bei Kabeln aus mehreren vollverschlossenen Spiralseilen ist die Auflagerfläche der Querschnittsform anzupassen; wo es erforderlich ist, sind zum Übertragen der Querpressungen Formstücke vorzusehen.

ANMERKUNG 1 Die hier angegebenen geometrischen Verhältnisse stellen sicher, dass die Grenzzugkraft des umgelenkten Seiles um nicht mehr als 3 % unter der des geraden Seiles liegt.

ANMERKUNG 2 Die Verschiebung der Punkte T_2 in Richtung auf T_1 ergibt sich aufgrund der Einschnürung des Spiralseiles im Lagerbereich infolge der Querpressung zu $\Delta l_2 = 0,03 l_2$. Daraus folgt $l_1 \geq l_2 + 2 \cdot \Delta l_2 = 1,06 l_2$.

DIN 18800-1:2008-11**(529) Schellen**

Seil- und Kabelschellen sind im Allgemeinen auszufuttern.

Für Spreizschellen ist diese Festlegung sinngemäß zu beachten. Die Eignung der gewählten Konstruktion ist durch Versuche nachzuweisen.

Schellen sind so auszubilden, dass die Seile formtreu gepresst werden, wobei lokale Spannungsspitzen zwischen Schelle und Seil und scharfe Kanten zu vermeiden sind. Trotzdem ist die Querpressung möglichst hoch zu wählen bzw. der Übergangsbereich zur freien Seilstrecke so kurz wie möglich zu halten.

ANMERKUNG 1 Das Ausfuttern ist im Allgemeinen notwendig, um die erforderliche Reibung zwischen Seil oder Kabel und Schelle zu erreichen, damit ein Wandern oder Rutschen vermieden wird.

ANMERKUNG 2 Spannungsspitzen können den Drahtverband stören, scharfe Kanten die metallische Schutzschicht zerstören und große Biegebeanspruchungen im Draht hervorrufen.

ANMERKUNG 3 Kurze Schellen werden gefordert, um die Relativbewegungen zwischen Draht und Schelle infolge von Spannungsänderungen klein zu halten.

5.3.4 Umlenklager und Schellen für Zugglieder aus Spannstählen

(530) Die Eignung der gewählten konstruktiven Ausbildung von Umlenklagern und Schellen für Zugglieder aus Spannstählen ist durch Versuche nachzuweisen.

6 Annahmen für die Einwirkungen**(601) Charakteristische Werte**

Als charakteristische Werte der Einwirkungen gelten die Werte der einschlägigen Normen über Lastannahmen.

Für Einwirkungen, die nicht oder nicht vollständig in Normen angegeben sind, müssen entsprechende charakteristische Werte festgelegt werden. Diese sind als p %-Fraktile der Verteilungen der Einwirkungen für einen vorgesehenen Bezugszeitraum festzulegen. Reichen die dafür erforderlichen statistischen Daten nicht aus, sind Schätzwerte für die Fraktilewerte anzunehmen.

ANMERKUNG Zu den festzulegenden charakteristischen Werten von Einwirkungen gehören z. B. die von Lasten in Bauzuständen, z. B. aus Montagegerät.

(602) Eigenlast von Seilen und Zuggliedern aus Spannstählen

Der charakteristische Wert der Eigenlast von Seilen und Zuggliedern aus Spannstählen ist

$$g_k = A_m \cdot w \quad (8)$$

Dabei ist

A_m metallischer Querschnitt in mm²;

w Eigenlastfaktor nach Tabelle 10 in kN/(m·mm²).

A_m darf nach Gleichung (9) berechnet werden.

$$A_m = \frac{\pi d^2}{4} f \quad (9)$$

Dabei ist

f Füllfaktor nach Tabelle 10;

d Seil- oder Bündeldurchmesser in mm.

ANMERKUNG Der Eigenlastfaktor w ist ein Rechenwert, der außer dem Gewichtsanteil der Drähte auch die Gewichtsanteile des Korrosionsschutzes berücksichtigt.

Tabelle 10 — Eigenlast- und Füllfaktoren

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Seilarten	Füllfaktor f							Eigenlastfaktor $w \times 10^4$ $\frac{\text{kN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}$
		Runddraht kern + 1 Lage Profil-drähte	Runddraht kern + 2 Lagen Profil-drähte	Runddraht kern + mehr als 2 Lagen Profil-drähte	Anzahl der um den Kerndraht angeordneten Drahtlagen				
					1	2	3 bis 6	> 6	
1	Offene Spiralseile	–			0,77	0,76	0,75	0,73	0,83
2	Vollverschlossene Spiralseile	0,81	0,84	0,88	–				0,83
3	Rundlitzenseile mit Stahleinlage	–			0,55				0,93
4	Zugglieder aus Spannstählen mit Korrosionsschutz durch Verzinken und Beschichten	–			0,78	0,76		0,75	0,85
5	Zugglieder aus Spannstählen mit Korrosionsschutz mit zementinjiziertem Kunststoffrohr	–			0,60				1,05

7 Nachweise

7.1 Erforderliche Nachweise

(701) Umfang

Die Trag- und die Lagesicherheit sowie die Gebrauchstauglichkeit für das Tragwerk, seine Teile und Verbindungen sowie seiner Lager sind nachzuweisen.

ANMERKUNG 1 Mit dem Nachweis der Tragsicherheit wird belegt, dass das Tragwerk und seine Teile während der Errichtung und geplanten Nutzung gegen Versagen (Einsturz) ausreichend sicher sind. Dieses setzt voraus, dass während der Nutzung des Bauwerks keine die Standsicherheit beeinträchtigenden Veränderungen, z. B. Korrosion, eintreten können.

ANMERKUNG 2 Der Nachweis der Lagesicherheit betrifft in der Regel nur Lagerfugen. In vielen Fällen ist von vornherein erkennbar, dass ein solcher Nachweis entbehrlich ist, z. B. für Abheben eines Einfeld-Deckenträgers.

DIN 18800-1:2008-11

ANMERKUNG 3 Die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerkes kann je nach Anwendungsbereich Beschränkungen, z. B. von Formänderungen oder von Schwingungen, erforderlich machen. Ihr Nachweis kann insbesondere bei Anwendung des Nachweisverfahrens Plastisch-Plastisch bemessungsbestimmend sein.

(702) Allgemeine Anforderungen

Es ist nachzuweisen, dass die Beanspruchungen S_d die Beanspruchbarkeiten R_d nicht überschreiten:

$$S_d/R_d \leq 1 \quad (10)$$

Die Beanspruchungen S_d sind mit den Bemessungswerten der Einwirkungen F_d und gegebenenfalls den Bemessungswerten der Widerstandsgrößen M_d zu bestimmen. Die Beanspruchbarkeiten R_d sind mit den Bemessungswerten der Widerstandsgrößen M_d zu bestimmen.

ANMERKUNG 1 In Abhängigkeit vom gewählten Nachweisverfahren und den betrachteten Tragwerksteilen können die Nachweise als Spannungsnachweise, Schnittgrößennachweise, Bauteil- oder Tragwerksnachweise geführt werden.

ANMERKUNG 2 Die Beanspruchungen können auch von Widerstandsgrößen abhängig sein, wie z. B. von den Steifigkeiten bei Zwängungen in statisch unbestimmten Tragwerken.

(703) Grenzzustände für den Nachweis der Tragsicherheit

Die Tragsicherheit ist für einen oder mehrere der folgenden, vom gewählten Nachweisverfahren abhängigen Grenzzustände nachzuweisen:

- Beginn des Fließens;
- Durchplastizieren eines Querschnittes;
- Ausbilden einer Fließgelenkkette;
- Bruch.

Weitere Grenzzustände sind gegebenenfalls anderen Grundnormen und Fachnormen zu entnehmen.

ANMERKUNG 1 Ob die Grenzzustände Biegeknicken, Biegedrillknicken, Platten- oder Schalenbeulen sowie Ermüdung maßgebend sein können, ergibt sich aus Abschnitt 7.5, Elemente 739, 740, 741 und den Tabellen 12, 13 und 14.

ANMERKUNG 2 Die Nachweisverfahren sind in Abschnitt 7.4, Element 726 mit Tabelle 11, angegeben.

ANMERKUNG 3 Angelehnt an den allgemeinen Sprachgebrauch werden nebeneinander die Begriffe Fließen und Plastizieren verwendet. In der Regel wird in den rechnerischen Nachweisen von Bauteilen von der Verfestigung kein Gebrauch gemacht.

(704) Grenzzustände für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Grenzzustände für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind, soweit sie nicht in anderen Grundnormen oder Fachnormen geregelt sind, zu vereinbaren.

(705) Nachweis der Gebrauchstauglichkeit bei Gefährdung von Leib und Leben

Wenn mit dem Verlust der Gebrauchstauglichkeit eine Gefährdung von Leib und Leben verbunden sein kann, gelten für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit die Regeln für den Nachweis der Tragsicherheit.

ANMERKUNG Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit, z. B. der Dichtigkeit von Leitungen, ist dann als Tragsicherheitsnachweis zu führen, wenn es sich beim Inhalt der Leitungen z. B. um giftige Gase handelt.

7.2 Berechnung der Beanspruchungen aus den Einwirkungen

7.2.1 Einwirkungen

(706) Einteilung

Die Einwirkungen F sind nach ihrer zeitlichen Veränderlichkeit einzuteilen in

- ständige Einwirkungen G ,
- veränderliche Einwirkungen Q und
- außergewöhnliche Einwirkungen F_A .

Wahrscheinliche Baugrundbewegungen sind wie ständige Einwirkungen zu behandeln.

Temperaturänderungen sind in der Regel den veränderlichen Einwirkungen zuzuordnen.

ANMERKUNG Außergewöhnliche Einwirkungen sind z. B. Lasten aus Anprall von Fahrzeugen.

(707) Bemessungswerte

Die Bemessungswerte F_d der Einwirkungen sind die mit einem Teilsicherheitsbeiwert γ_F und gegebenenfalls mit einem Kombinationsbeiwert ψ vervielfachten charakteristischen Werte F_k der Einwirkungen:

$$F_d = \gamma_F \cdot \psi \cdot F_k \quad (11)$$

ANMERKUNG Die Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F und die Kombinationsbeiwerte ψ sind für den Nachweis der Tragsicherheit in 7.2.2 und für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit in 7.2.3 geregelt.

(708) Charakteristische Werte

Die charakteristischen Werte F_k der Einwirkungen F sind nach Abschnitt 6 zu bestimmen.

(709) Dynamische Erhöhung der Einwirkung

Dynamische Erhöhungen der Beanspruchungen sind zu berücksichtigen.

Handelt es sich um eine nichtperiodische Einwirkung, darf sie durch Einwirkungsfaktoren erfasst werden.

ANMERKUNG 1 Bei veränderlichen Einwirkungen tritt in Abhängigkeit von der Schnelle der Einwirkungen und der dynamischen Reaktion des Bauwerkes eine Erhöhung der Beanspruchung gegenüber dem statischen Wert ein. Beispiele für Einwirkungsfaktoren sind: Stoßfaktor, Schwingfaktor, Böenreaktionsfaktor; sie können z. B. Fachnormen entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Periodische Einwirkungen erfordern im Allgemeinen baudynamische Untersuchungen, insbesondere wenn Bauwerksresonanzen entstehen können.

7.2.2 Beanspruchungen beim Nachweis der Tragsicherheit

Die Kombinationsregeln nach 7.2.2 dürfen alternativ zu den Regelungen nach DIN 1055-100 angewandt werden.

(710) Grundkombinationen

Für den Nachweis der Tragsicherheit sind Einwirkungskombinationen aus

DIN 18800-1:2008-11

- den ständigen Einwirkungen G und **allen** ungünstig wirkenden veränderlichen Einwirkungen Q_i und
- den ständigen Einwirkungen G und jeweils **einer** der ungünstig wirkenden veränderlichen Einwirkungen Q_i

zu bilden.

Für die Bemessungswerte der ständigen Einwirkungen G gilt

$$G_d = \gamma_F \cdot G_k \quad (12)$$

mit $\gamma_F = 1,35$.

Für die Bemessungswerte der veränderlichen Einwirkungen Q gilt

- bei Berücksichtigung **aller** ungünstig wirkenden veränderlichen Einwirkungen Q_i

$$Q_{i,d} = \gamma_F \cdot \psi_i \cdot Q_{i,k} \quad (13)$$

mit $\gamma_F = 1,5$ und $\psi_i = 0,9$,

- bei Berücksichtigung nur jeweils **einer** der ungünstig wirkenden veränderlichen Einwirkungen Q_i

$$Q_{i,d} = \gamma_F \cdot Q_{i,k} \quad (14)$$

mit $\gamma_F = 1,5$.

Die Definitionen von Einwirkungen Q_i sind den Fachnormen zu entnehmen.

Für 2 und mehr veränderliche Einwirkungen dürfen in Gleichung (13) auch Kombinationsbeiwerte $\psi_i < 0,9$ verwendet werden, wenn die Kombinationsbeiwerte zuverlässig ermittelt sind.

Für kontrollierte veränderliche Einwirkungen dürfen in den Gleichungen (13) und (14) kleinere Teilsicherheitsbeiwerte γ_F eingesetzt werden. Sie dürfen jedoch nicht kleiner als 1,35 sein, sofern nicht in Sonderfällen in Fachnormen kleinere Werte angegeben sind.

ANMERKUNG 1 In den Fachnormen können abweichende Einwirkungskombinationen vereinbart sein.

ANMERKUNG 2 Die kombinierten Einwirkungen Schnee und Wind $\left(s + \frac{w}{2}\right)$ und $\left(w + \frac{s}{2}\right)$ im Sinne von DIN 1055-5: 1975-06, Abschnitt 5, gelten als **eine** veränderliche Einwirkung bei Ansatz der Grundkombinationen nach (710).

ANMERKUNG 3 Einwirkungen Q_i können aus mehreren Einzeleinwirkungen bestehen; z. B. sind in der Regel alle vertikalen Verkehrslasten nach DIN 1055-3 **eine** Einwirkung Q_i .

ANMERKUNG 4 Untersuchungen zu den Kombinationsbeiwerten ψ_i sind in der Fachliteratur zu finden, z. B. in [6].

ANMERKUNG 5 Kontrollierte veränderliche Einwirkungen sind solche mit geringer Streuung ihrer Extremwerte, wie z. B. Flüssigkeitslasten in offenen Behältern und betriebsbedingte Temperaturänderungen.

(711) Ständige Einwirkungen, die Beanspruchungen verringern

Wenn ständige Einwirkungen Beanspruchungen aus veränderlichen Einwirkungen verringern, gilt für den Bemessungswert der ständigen Einwirkung

$$G_d = \gamma_F \cdot G_k \quad (15)$$

mit $\gamma_F = 1,0$.

Falls die Einwirkung Erddruck die vorhandenen Beanspruchungen verringert, so gilt für den Bemessungswert des Erddruckes

$$F_{E,d} = \gamma_F \cdot F_{E,k} \quad (16)$$

mit $\gamma_F = 0,6$.

ANMERKUNG Die Regel bezüglich Gleichung (15) gilt z. B. für den Tragsicherheitsnachweis von Dächern bei Windsog oder Unterwind.

(712) Ständige Einwirkungen, von denen Teile Beanspruchungen verringern

Wenn Teile ständiger Einwirkungen Beanspruchungen aus veränderlichen Einwirkungen verringern, sind zusätzlich zu Element 710 Grundkombinationen zu bilden. In Gleichung (12) ist anstelle von $\gamma_F = 1,35$ zu setzen

— für die Teile, die diese Beanspruchungen vergrößern $\gamma_F = 1,1$;

— für die Teile, die diese Beanspruchungen verringern $\gamma_F = 0,9$.

Bei Rahmen und Durchlaufträgern darf auf diese zusätzliche Grundkombination verzichtet werden.

Wenn durch Kontrolle die Unter- bzw. Überschreitung von ständigen Lasten mit hinreichender Zuverlässigkeit ausgeschlossen ist, darf mit $\gamma_F = 1,05$ bzw. $0,95$ gerechnet werden.

ANMERKUNG Diese zusätzlichen Grundkombinationen können nur bei Tragwerken vom Typ Waagebalken maßgebend werden. Bei diesen Tragwerken ergibt sich die Beanspruchung aus ständigen Einwirkungen aus der Differenz der sie vergrößernden und verringernden Einwirkungen.

(713) Erhöhung relativ kleiner Beanspruchung

Ergeben sich lokal vergleichsweise geringe Beanspruchungen, muss geprüft werden, ob sich durch kleine Veränderungen des Systems oder Lastbildes größere Beanspruchungen oder solche mit anderen Vorzeichen ergeben. Gegebenenfalls sind additive Zuschläge zu den Beanspruchungen vorzusehen.

ANMERKUNG Beispiele sind Biegemomente in Stößen im Bereich von Momentennullpunkten und kleine Normalkräfte in Fachwerkstäben, bei denen eine Vorzeichenumkehr möglich ist.

(714) Außergewöhnliche Kombinationen

Die Beanspruchungen S_d sind mit den Bemessungswerten F_d der Einwirkungen zu berechnen. Dafür sind Einwirkungskombinationen aus den ständigen Einwirkungen G , allen ungünstig wirkenden veränderlichen Einwirkungen Q_i und einer außergewöhnlichen Einwirkung F_A zu bilden.

DIN 18800-1:2008-11

Für die Bemessungswerte gelten dabei für

- ständige Einwirkungen G und veränderliche Einwirkungen Q :

die Gleichungen (12) und (13), jedoch mit $\gamma_F = 1,0$ und

- die außergewöhnliche Einwirkung F_A :

$$F_{A,d} = \gamma_F \cdot F_{A,k} \quad (17)$$

mit $\gamma_F = 1,0$.

7.2.3 Beanspruchungen beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit**(715) Vereinbarungen**

Teilsicherheitsbeiwerte, Kombinationsbeiwerte und Einwirkungskombinationen für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind, soweit sie nicht in anderen Grundnormen oder Fachnormen geregelt sind, zu vereinbaren.

ANMERKUNG Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist in den meisten Fällen ein Nachweis der Größe der Verformungen. Bei der Verformungsberechnung ist gegebenenfalls auch das plastische Verhalten zu berücksichtigen; dies gilt insbesondere bei Tragwerken, deren Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch (siehe Tabelle 11) geführt wird.

(716) Verlust der Gebrauchstauglichkeit verbunden mit der Gefährdung von Leib und Leben

Wenn der Verlust der Gebrauchstauglichkeit mit einer Gefährdung von Leib und Leben verbunden ist, sind die Beanspruchungen nach 7.2.2 zu berechnen.

7.3 Berechnung der Beanspruchbarkeiten aus den Widerstandsgrößen**7.3.1 Widerstandsgrößen****(717) Bemessungswerte**

Die Bemessungswerte M_d der Widerstandsgrößen sind im Allgemeinen (Ausnahmen siehe Abschnitt 7.5.4, Element 759)) aus den charakteristischen Größen M_k der Widerstandsgrößen durch Dividieren durch den Teilsicherheitsbeiwert γ_M zu berechnen.

$$M_d = M_k / \gamma_M \quad (18)$$

ANMERKUNG Der Nachweis mit den γ_M -fachen Bemessungswerten der Einwirkungen und den charakteristischen Werten der Widerstandsgrößen führt zum gleichen Ergebnis wie der Nachweis mit den Bemessungswerten der Einwirkungen und der Widerstandsgrößen, wenn für alle Widerstandsgrößen derselbe Wert γ_M gilt.

(718) Charakteristische Werte der Festigkeiten

Die charakteristischen Werte der Festigkeiten $f_{y,k}$ und $f_{u,k}$ sind Abschnitt 4 zu entnehmen.

(719) Charakteristische Werte der Steifigkeiten

Die charakteristischen Werte der Steifigkeiten sind aus den Nennwerten der Querschnittswerte und den charakteristischen Werten für den Elastizitäts- oder den Schubmodul zu berechnen.

Für die in Tabelle 1 aufgeführten Werkstoffe dürfen die dort angegebenen Werte als charakteristische Werte verwendet werden.

(720) Teilsicherheitsbeiwerte γ_M zur Berechnung der Bemessungswerte der Festigkeiten beim Nachweis der Tragsicherheit

Falls in anderen Normen nichts anderes geregelt ist, gilt für den Teilsicherheitsbeiwert

$$\gamma_M = 1,1 \quad (19)$$

(721) Teilsicherheitsbeiwerte γ_M zur Berechnung der Bemessungswerte der Steifigkeiten beim Nachweis der Tragsicherheit

Falls in anderen Normen nichts anderes geregelt ist, gilt für den Teilsicherheitsbeiwert

$$\gamma_M = 1,1 \quad (20)$$

Falls sich eine abgeminderte Steifigkeit weder erhöhend auf die Beanspruchungen noch ermäßigend auf die Beanspruchbarkeiten auswirkt, darf mit

$$\gamma_M = 1,0 \quad (21)$$

gerechnet werden.

Falls nach 7.5.1, Elemente 739 und 740, keine Nachweise der Biegeknick- oder Biegedrillknicksicherheit erforderlich sind, darf immer mit $\gamma_M = 1,0$ gerechnet werden.

ANMERKUNG Bei der Berechnung von Schnittgrößen aus Zwängungen nach der Elastizitätstheorie würde ein Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,1$ bei der Berechnung der Bemessungswerte der Steifigkeit zu einer Ermäßigung der Zwängungsbeanspruchungen führen. Daher gilt in diesem Fall $\gamma_M = 1,0$.

(722) Teilsicherheitsbeiwerte γ_M beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit gilt im Allgemeinen

$$\gamma_M = 1,0 \quad (22)$$

falls nicht in anderen Grundnormen oder Fachnormen andere Werte festgelegt sind.

(723) Verlust der Gebrauchstauglichkeit, verbunden mit der Gefährdung von Leib und Leben

Wenn der Verlust der Gebrauchstauglichkeit mit einer Gefährdung von Leib und Leben verbunden ist, sind die Beanspruchbarkeiten nach Element 720 zu berechnen.

7.3.2 Beanspruchbarkeiten**(724) Ermittlung der Beanspruchbarkeiten**

Die Beanspruchbarkeiten R_d sind aus den Bemessungswerten der Widerstandsgrößen M_d zu berechnen oder durch Versuche zu bestimmen.

DIN 18800-1:2008-11

ANMERKUNG Die Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen setzt besondere Kenntnisse und Erfahrungen voraus, so dass dafür nur qualifizierte und erfahrene Institute in Frage kommen. Vergleiche hierzu auch Abschnitt 2, Element 207.

(725) Einwirkungsunempfindliche Systeme

Falls Beanspruchungen gegen Änderungen von Einwirkungen wenig empfindlich sind, sind die Beanspruchungen mit den 0,9fachen Bemessungswerten der Einwirkungen zu berechnen, und der Tragsicherheitsnachweis ist mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,2$ zu führen.

ANMERKUNG 1 Wenn Änderungen bei den Einwirkungen sich auf die Beanspruchungen wenig auswirken, muss zum Erzielen einer ausreichenden Gesamtsicherheit der Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite erhöht werden.

ANMERKUNG 2 In weichen Seilsystemen und in Stabsystemen, die seilähnlich wirken, können die Zugkräfte stark unterlinear mit den Einwirkungen zunehmen. Bei vorwiegend biegebeanspruchten Stäben ist dies nicht der Fall.

7.4 Nachweisverfahren**(726) Einteilung der Verfahren**

Die Nachweise sind nach einem der drei in Tabelle 11 genannten Verfahren zu führen.

Tabelle 11 — Nachweisverfahren, Bezeichnungen

	Nachweisverfahren	Berechnung der		Geregelt in Abschnitt
		Beanspruchungen S_d	Beanspruchbarkeiten R_d	
		nach		
1	Elastisch-Elastisch	Elastizitätstheorie	Elastizitätstheorie	7.5.2
2	Elastisch-Plastisch	Elastizitätstheorie	Plastizitätstheorie	7.5.3
3	Plastisch-Plastisch	Plastizitätstheorie	Plastizitätstheorie	7.5.4

Die nachfolgenden Regelungen für die Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch und Plastisch-Plastisch gelten nur für Stahlsorten, deren Verhältnis von Zugfestigkeit zu Streckgrenze größer als 1,1 ist.

ANMERKUNG 1 Üblicherweise wird der Nachweis beim Verfahren

- Elastisch-Elastisch mit Spannungen
- Elastisch-Plastisch mit Schnittgrößen und
- Plastisch-Plastisch mit Einwirkungen oder Schnittgrößen geführt.

ANMERKUNG 2 Im Stahlbetonbau werden die drei Nachweisverfahren nach Tabelle 11 auch wie folgt bezeichnet:

Zeile 1 linearelastisch — linearelastisch

Zeile 2 linearelastisch — nichtlinear

Zeile 3 bilinear — nichtlinear

(727) Allgemeine Regeln

Beim Nachweis sind grundsätzlich zu berücksichtigen:

- Tragwerksverformungen (Element 728);
- geometrische Imperfektionen (Element 729 ff.);
- Schlupf in Verbindungen (Element 733);
- planmäßige Außermittigkeiten (Element 734).

(728) Tragwerksverformungen

Tragwerksverformungen sind zu berücksichtigen, wenn sie zur Vergrößerung der Beanspruchungen führen.

Bei der Berechnung sind die Gleichgewichtsbedingungen am verformten System aufzustellen (Theorie II. Ordnung).

Der Einfluss der sich nach Theorie II. Ordnung ergebenden Verformungen auf das Gleichgewicht darf vernachlässigt werden, wenn der Zuwachs der maßgebenden Schnittgrößen infolge der nach Theorie I. Ordnung ermittelten Verformungen nicht größer als 10 % ist.

ANMERKUNG Verformungen können zu einer Vergrößerung der Beanspruchungen führen, wenn durch sie

- Abtriebskräfte entstehen (Theorie II. Ordnung, siehe DIN 18800-2);
- eine Vergrößerung der planmäßigen Lasten eintritt, z. B. bei Bildung von Schnee- oder Wassersäcken auf Flachdächern.

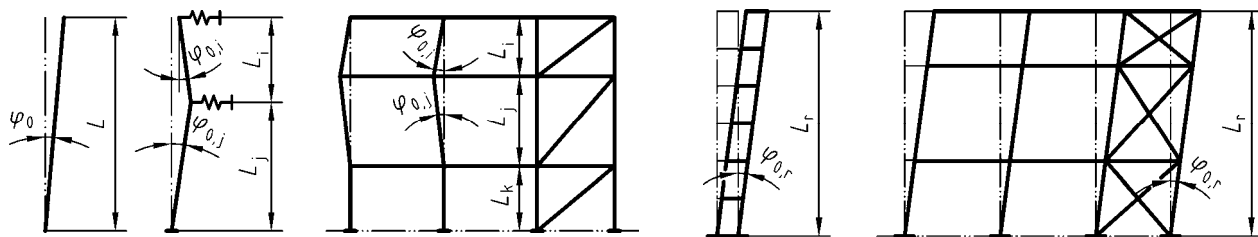
(729) Geometrische Imperfektionen von Stabwerken

Geometrische Imperfektionen in Form von Vorverdrehungen der Stabachsen gegenüber den planmäßigen Stabachsen sind zu berücksichtigen, wenn sie zur Vergrößerung der Beanspruchung führen.

Vorverdrehungen sind für solche Stäbe und Stabzüge anzunehmen, die am verformten Stabtragwerk Stabdrehwinkel aufweisen können und die durch Druckkräfte beansprucht werden.

Von den möglichen Imperfektionen sind diejenigen anzunehmen, die sich auf die jeweils betrachtete Beanspruchung am ungünstigsten auswirken.

Als für ein bestimmtes Stabwerk mögliche Vorverdrehungen gelten solche, die bei der vorgesehenen Art und Weise von Herstellung und Montage durch Abweichung von planmäßigen Maßen verursacht werden können. Die Imperfektionen brauchen dabei nicht mit den geometrischen Randbedingungen des Systems verträglich zu sein.

DIN 18800-1:2008-11

L_i, L_j, L_k Länge der Stäbe i, j, k

$\varphi_{0,i}, \varphi_{0,j}$ Winkel der Vorverdrehung der Stäbe i, j

L_r Länge des Stabzuges r

$\varphi_{0,r}$ Winkel der Vorverdrehung des Stabzuges r

a) Systeme von perfekten (unterbrochen dargestellt) und infolge Vorverdrehung von Stäben möglichen imperfekten Stabwerken (ausgezogen dargestellt)

b) Systeme von perfekten (unterbrochen dargestellt) und infolge Vorverdrehung von Stabzügen möglichen imperfekten Stabwerken (ausgezogen dargestellt)

Bild 12 — Zu den Begriffen für die geometrischen Imperfektionen von Stabwerken

ANMERKUNG Durch den Ansatz von Imperfektionen in Form von Vorverdrehungen nach den Elementen 729 bis 732 sollen mögliche Abweichungen von der planmäßigen Geometrie des Tragwerkes berücksichtigt werden.

DIN 18800-2 fordert zusätzlich Imperfektionen in Form von Vorkrümmungen, weil die Ersatzimperfektionen nach DIN 18800-2 auch den Einfluss struktureller Imperfektionen, z. B. von Eigenspannungen, und den Einfluss von Unsicherheiten der Rechenmodelle, z. B. die Nichtberücksichtigung teilplastischer Verformungen bei der Fließgelenktheorie, berücksichtigen.

Ursachen für imperfekte Stabwerke können z. B. sein: Abweichungen von den planmäßigen Stablängen, von den planmäßigen Winkeln zwischen Stäben in Verbindungen und von den planmäßigen Lagen von Auflagerpunkten.

Unplanmäßiger Versatz von Stäben in Knoten ist im Allgemeinen nicht anzunehmen.

(730) Art und Größe der Imperfektionen

Für den bzw. die größten Stabdrehwinkel der Vorverformung einer Imperfektionsfigur gilt Gleichung (23).

$$\varphi_0 = \frac{1}{400} \cdot r_1 \cdot r_2 \quad (23)$$

Dabei ist

$r_1 = \sqrt{\frac{5}{L}}$ der Reduktionsfaktor für Stäbe oder Stabzüge mit $L > 5$ m, wobei L die Länge des vorverdrehenden Stabes bzw. Stabzuges in m ist. Maßgebend ist jeweils derjenige Stab oder Stabzug, dessen Vorverdrehung sich auf die betrachtete Beanspruchung am ungünstigsten auswirkt.

$r_2 = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{\frac{1}{n}} \right)$ der Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung von n voneinander unabhängigen Ursachen für Vorverdrehungen von Stäben und Stabzügen.

Bei der Berechnung des Reduktionsfaktors r_2 für Rahmen darf in der Regel für n die Anzahl der Stiele des Rahmens je Stockwerk in der betrachteten Rahmenebene eingesetzt werden. Stiele mit geringer Normalkraft zählen dabei nicht. Als Stiele mit geringer Normalkraft gelten solche, deren Normalkraft kleiner als 25 % der Normalkraft des maximal belasteten Stieles im betrachteten Geschoß und der betrachteten Rahmenebene ist.

ANMERKUNG 1 Bei der Berechnung der Geschoßquerkraft in einem mehrgeschossigen Stabwerk sind Vorverdrehungen für die Stäbe des betrachteten Geschosses am ungünstigsten. Daher ist in r_1 für sie die Systemlänge L der Geschoßstiele einzusetzen. In den übrigen Geschossen darf in r_1 für die Systemlänge L die Gebäudehöhe L_r gesetzt werden (siehe Bild 13).

ANMERKUNG 2 Imperfektionen können auch durch den Ansatz gleichwertiger Ersatzlasten berücksichtigt werden (Siehe hierzu auch DIN 18800-2:2008-11, Bild 7).

(731) Reduktion der Grenzwerte der Stabdrehwinkel

Abweichend von Element 730 dürfen geringere Imperfektionen angesetzt werden, wenn die vorgesehenen Herstellungs- und Montageverfahren dies rechtfertigen und nachgewiesen wird, dass die Annahmen für die Imperfektionen eingehalten sind.

(732) Stabwerke mit geringen Horizontallasten

Sofern auf das Tragwerk als ganzes oder auf seine stabilisierenden Bauteile nur geringe Horizontallasten einwirken, die in der Summe nicht mehr als $1/400$ der das Tragwerk ungünstig beanspruchenden Vertikallasten betragen, sind die Imperfektionen nach Element 730 zu verdoppeln, wenn entsprechend Element 728 nach Theorie I. Ordnung gerechnet werden darf.

ANMERKUNG Diese Regelung betrifft z. B. sogenannte „Haus in Haus“-Konstruktionen, die keine Windbelastung erhalten.

(733) Schlupf in Verbindungen

Der Schlupf in Verbindungen ist zu berücksichtigen, wenn nicht von vornherein erkennbar ist, dass er vernachlässigbar ist.

Bei Fachwerkträgern darf der Schlupf im Allgemeinen vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 1 Bei Durchlaufträgern, die über der Innenstütze mittels Flanschlaschen gestoßen sind, kann die Durchlaufwirkung durch zur Trägerhöhe relativ großes Lochspiel stark beeinträchtigt werden.

ANMERKUNG 2 Bei Fachwerkträgern, die der Stabilisierung dienen, kann die Vernachlässigung des Schlupfes unzulässig sein, dies gilt z. B. bei kurzen Stäben.

ANMERKUNG 3 Zur Nachgiebigkeit von Verbindungen im Unterschied zum Schlupf vergleiche Element 737.

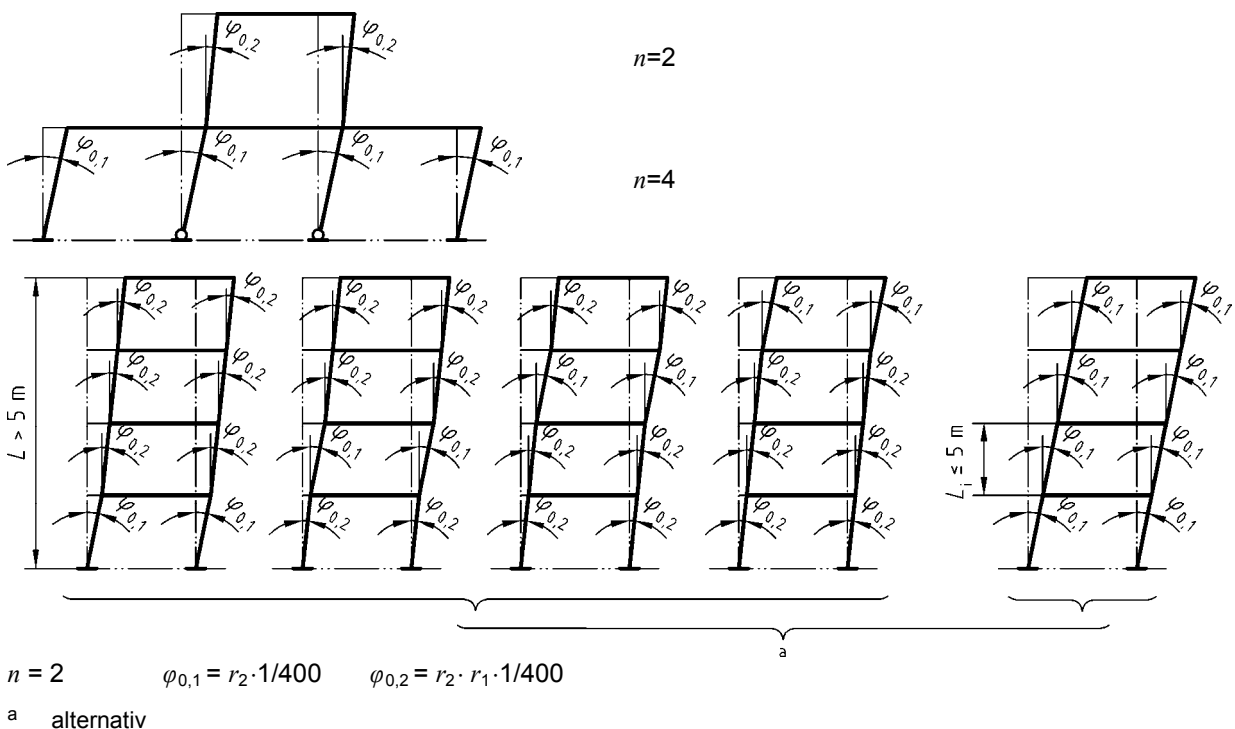


Bild 13 — Beispiele für Vorverdrehungen in Stabwerken

DIN 18800-1:2008-11**(734) Planmäßige Außermittigkeiten**

Planmäßige Außermittigkeiten sind zu berücksichtigen.

Bei Gurten von Fachwerken mit einem über die Länge veränderlichen Querschnitt darf in der Regel die Außermittigkeit des Kraftangriffs im Einzelstab unberücksichtigt bleiben, wenn die gemittelte Schwerachse der Einzelquerschnitte in die Systemlinie des Fachwerkgurtes gelegt wird.

ANMERKUNG Planmäßige Außermittigkeiten sind vielfach konstruktionsbedingt, z. B. an Anschluss- oder Stoßstellen. Beispiel nach Bild 14: Knotenblechfreies Fachwerk, bei dem der Schnittpunkt der Schwerachsen der Diagonalen nicht auf der Schwerachse des Gurtes liegt.

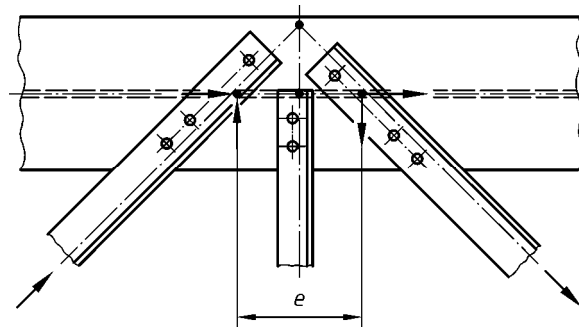


Bild 14 — Berücksichtigung planmäßiger Außermittigkeiten in der Bildebene

(735) Spannungs-Dehnungs-Beziehungen

Bei der Berechnung nach der Elastizitätstheorie ist linearelastisches Werkstoffverhalten (Hookesches Gesetz) anzunehmen, bei der Berechnung nach der Plastizitätstheorie linearelastisch-idealplastisches Werkstoffverhalten.

Die Verfestigung des Werkstoffes darf berücksichtigt werden, wenn sich diese nur auf lokal eng begrenzte Bereiche erstreckt.

ANMERKUNG Die Verfestigung wird z. B. in Bereichen von Fließgelenken oder Löchern von Zugstäben ausgenutzt.

(736) Kraftgrößen-Weggrößen-Beziehungen für Stabquerschnitte

Für die Kraftgrößen-Weggrößen-Beziehungen dürfen die üblichen vereinfachten Annahmen getroffen werden, soweit ohne weiteres erkennbar ist, dass diese berechtigt sind.

ANMERKUNG 1 Nicht berechtigt ist z. B. die Annahme des Ebenbleibens der Querschnitte (Bernoulli-Hypothese),

- wenn Stäbe schubweiche Elemente enthalten,
- wenn Träger sehr kurz sind und deshalb die Schubverzerrung nicht vernachlässigt werden darf,
- im Fall der Wölbkrafttorsion.

ANMERKUNG 2 Für Querschnitte mit plastischen Formbeiwerten $\alpha_{pl} > 1,25$ ist 7.5.3, Element 755, zu berücksichtigen.

(737) Kraftgrößen-Weggrößen-Beziehungen für Verbindungen

Die Nachgiebigkeit der Verbindung ist zu berücksichtigen, wenn nicht von vornherein erkennbar ist, dass sie vernachlässigbar ist. Sie ist durch Kraftgrößen-Weggrößen-Beziehungen zu beschreiben.

Kraftgrößen-Weggrößen-Beziehungen dürfen bereichsweise linearisiert werden.

Wenn in Verbindungen abhängig von der Einwirkungssituation Schnittgrößen mit wechselndem Vorzeichen auftreten, ist gegebenenfalls der Einfluss von Wechselbewegungen (Schlupf) und Wechselplastizierungen auf die Steifigkeit und Festigkeit zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Damit können z. B. steifenlose Trägerverbindungen in ihrem Einfluss erfasst werden.

ANMERKUNG 2 Zum Schlupf in Verbindungen vergleiche Element 733.

(738) Einfluss von Eigen-, Neben- und Kerbspannungen

Eigenspannungen aus dem Herstellungsprozess (wie Walzen, Schweißen, Richten), Nebenspannungen und Kerbspannungen brauchen nicht berücksichtigt zu werden, wenn nicht ein Betriebsfestigkeitsnachweis zu führen ist (siehe 7.5.1, Element 741).

ANMERKUNG Es dürfen z. B. die Stabkräfte von Fachwerkträgern unter Annahme reibungsfreier Gelenke in den Knotenpunkten berechnet werden.

7.5 Verfahren beim Tragsicherheitsnachweis

7.5.1 Abgrenzungskriterien und Detailregelungen

(739) Biegeknicken

Für Stäbe und Stabwerke ist der Nachweis der Biegeknicksicherheit nach DIN 18800-2 zu führen.

Der Einfluss der sich nach Theorie II. Ordnung ergebenden Verformungen auf das Gleichgewicht darf vernachlässigt werden, wenn der Zuwachs der maßgebenden Biegemomente infolge der nach Theorie I. Ordnung ermittelten Verformungen nicht größer als 10 % ist.

Diese Bedingung darf als erfüllt angesehen werden, wenn

a) die Normalkräfte N des Systems nicht größer als 10 % der zur idealen Knicklast gehörenden Normalkräfte $N_{Ki,d}$ des Systems sind (bei Anwendung der Fließgelenktheorie ist hierbei das statische System unmittelbar vor Ausbildung des letzten Fließgelenks zugrunde zu legen) oder

b) die bezogenen Schlankheitsgrade $\bar{\lambda}_K$ nicht größer als $0,3 \sqrt{\frac{f_{y,d}}{\sigma_N}}$ sind mit $\sigma_N = N/A$, $\bar{\lambda}_K = \lambda_K / \lambda_a$,

$$\lambda_K = s_K / i \quad , \quad \lambda_a = \pi \sqrt{\frac{E}{f_{y,k}}} \quad \text{oder}$$

c) die mit dem Knicklängenbeiwert $\beta = s_K / l$ multiplizierten Stabkennzahlen $\varepsilon = l \sqrt{\frac{N}{(E \cdot I)_d}}$ aller Stäbe nicht größer als 1,0 sind.

Bei veränderlichen Querschnitten oder Normalkräften sind $(E \cdot I)$, N_{Ki} und s_K für die Stelle zu ermitteln, für die der Tragsicherheitsnachweis geführt wird. Im Zweifelsfall sind mehrere Stellen zu untersuchen.

ANMERKUNG In den Bedingungen a), b) und c) ist die Normalkraft N entsprechend den Regelungen in DIN 18800-2 als Druckkraft positiv anzusetzen, siehe auch 3.3., Element 314.

(740) Biegedrillknicken

Für Stäbe und Stabwerke ist der Nachweis der Biegedrillknicksicherheit nach DIN 18800-2 zu führen.

DIN 18800-1:2008-11

Der Nachweis darf entfallen bei

- Stäben mit Hohlquerschnitt oder
- Stäben mit I-förmigem Querschnitt bei Biegung um die z-Achse oder
- Stäben mit I-förmigem, zur Stegachse symmetrischem Querschnitt bei Biegung um die y-Achse, wenn der Druckgurt dieser Stäbe in einzelnen Punkten im Abstand c nach Bedingung (24) seitlich unverschieblich gehalten ist.

$$c \leq 0,5 \lambda_a \cdot i_{z,g} \cdot \frac{M_{pl,y,d}}{M_y} \quad (24)$$

Dabei ist

M_y der größte Absolutwert des maßgebenden Biegemomentes;

$\lambda_a = \pi \sqrt{\frac{E}{f_{y,k}}}$ der Bezugsschlankheitsgrad;

$i_{z,g}$ der Trägheitsradius um die Stegachse z der aus Druckgurt und 1/5 des Steges gebildeten Querschnittsfläche.

ANMERKUNG In DIN 18800-2:2008-11, 3.3.3, Element 310 ist zusätzlich ein Druckkraftbeiwert k_c berücksichtigt, der hier aus Vereinfachungsgründen auf der sicheren Seite zu 1 gesetzt worden ist.

(741) Betriebsfestigkeit

Ein Betriebsfestigkeitsnachweis ist zu führen.

Für die Stahlsorten S235, S275 und S355 ist der Betriebsfestigkeitsnachweis nach DIN 4132 in Verbindung mit der Anpassungsrichtlinie zu führen. Die Stahlsorte P275 ist wie die Stahlsorte S275 und die Stahlsorte P355 wie die Stahlsorte S355 nachzuweisen. Für die Stahlsorten S460 ist der Betriebsfestigkeitsnachweis nach DAST-Richtlinie 011 zu führen, wobei die Anpassung an das Bemessungskonzept der Teilsicherheitsbeiwerte sinngemäß wie für DIN 4132 zu erfolgen hat. Alternativ darf ein Betriebsfestigkeitsnachweis nach DIN EN 1993-1-9 geführt werden. Für die Stahlsorten S420 und S450 ist der Betriebsfestigkeitsnachweis nach DIN EN 1993-1-9 zu führen.

Der Nachweis ist nur dann erforderlich, wenn es sich bei den veränderlichen Einwirkungen um nicht vorwiegend ruhende Einwirkungen handelt, siehe z. B. DIN 1055-3:2006-03, 6.4, oder wenn bei Beanspruchung durch Wind das Bauwerk schwingungsanfällig ist.

Weiterhin darf auf einen Betriebsfestigkeitsnachweis verzichtet werden, wenn Bedingung (25) oder Bedingung (26) erfüllt ist.

$$\Delta\sigma < 26 \text{ N/mm}^2 \quad (25)$$

$$n < 5 \cdot 10^6 \cdot (26 / \Delta\sigma)^3 \quad (26)$$

Dabei ist

$\Delta\sigma = \max \sigma - \min \sigma$ die Spannungsschwingbreite in N/mm^2 unter den Bemessungswerten der veränderlichen Einwirkungen für den Tragsicherheitsnachweis nach 7.2.2;

n die Anzahl der Spannungsspiele.

Bei der Berechnung von $\Delta\sigma$ brauchen die im ersten Absatz genannten veränderlichen Einwirkungen nicht berücksichtigt zu werden.

Bei mehreren veränderlichen Einwirkungen darf $\Delta\sigma$ für die einzelnen Einwirkungen getrennt berechnet werden.

ANMERKUNG Die Bedingung (26) ist orientiert am Betriebsfestigkeitsnachweis für den ungünstigsten vorgesehenen Kerbfall und volles Kollektiv. Sie erfasst den ungünstigen Fall, in dem das für den Kerbfall maßgebende Bauteil für Überwachung und Instandhaltung schlecht zugänglich ist und sein Ermüdungsversagen den katastrophalen Zusammenbruch des Tragsystems zur Folge haben kann. Da in Bedingung (26) – abweichend von den Regelungen für Betriebsfestigkeitsnachweise – die Spannungen σ des Tragsicherheitsnachweises verwendet werden, liegt sie auf der sicheren Seite.

(742) Lochschwächungen

Lochschwächungen sind bei der Berechnung der Beanspruchbarkeiten zu berücksichtigen.

Im Druckbereich und bei Schub darf der Lochabzug entfallen, wenn

- bei Schrauben das Lochspiel höchstens 1,0 mm beträgt oder bei größerem Lochspiel die Tragwerksverformungen nicht begrenzt werden müssen

oder

- die Löcher mit Nieten ausgefüllt sind.

In zugbeanspruchten Querschnitten oder Querschnittsteilen mit gebohrten Löchern – bei S235 bis S355 auch bei anderer Art der Lochherstellung – darf der Lochabzug entfallen, wenn

$$A_{\text{Brutto}} / A_{\text{Netto}} \leq f_{u,k} / (1,25 f_{y,k}) \quad (27)$$

ist. Dies ergibt sich daraus, dass die Grenzzugkraft $N_{R,d}$ im Nettoquerschnitt unter Zugrundelegung der Zugfestigkeit des Werkstoffes nach Gleichung (28) wie folgt berechnet wird:

$$N_{R,d} = A_{\text{Netto}} \cdot f_{u,k} / (1,25 \cdot \gamma_M) \quad (28)$$

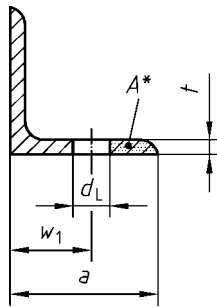
Wenn in zugbeanspruchten Querschnittsteilen die Beanspruchbarkeiten mit der Streckgrenze berechnet werden oder Bedingung (27) erfüllt ist, darf der durch die Lochschwächung verursachte Versatz der Querschnittsschwerachsen unberücksichtigt bleiben.

Bei der Berechnung der Schnittgrößen und der Formänderungen dürfen Lochabzüge unberücksichtigt bleiben.

ANMERKUNG Wenn das Lochspiel größer als 1,0 mm ist, können größere Verformungen z. B. durch Zusammenquetschen im Bereich der Löcher entstehen.

(743) Unsymmetrische Anschlüsse

Bei Zugstäben mit unsymmetrischem Anschluss durch nur eine Schraube ist in Gleichung (28) als Nettoquerschnitt der zweifache Wert des kleineren Teils des Nettoquerschnittes einzusetzen, falls kein genauerer Nachweis geführt wird.

DIN 18800-1:2008-11**Legende**

für Gleichung (28): $A_{\text{Netto}} = 2 A^*$

Bild 15 — Nettoquerschnitt eines Winkelanschlusses**(744) Krafteinleitungen**

Werden in Walzprofile mit I-förmigem Querschnitt Kräfte ohne Aussteifung unter den in Abschnitt 5.1, Element 503, genannten Voraussetzungen eingeleitet, ist die Grenzkraft $F_{R,d}$ wie folgt zu berechnen:

- für σ_x und σ_z mit unterschiedlichen Vorzeichen und $|\sigma_x| > 0,5 f_{y,k}$

$$F_{R,d} = \frac{1}{\gamma_M} s \cdot l \cdot f_{y,k} (1,25 - 0,5 |\sigma_x| / f_{y,k}) \quad (29)$$

- für alle anderen Fälle

$$F_{R,d} = \frac{1}{\gamma_M} s \cdot l \cdot f_{y,k} \quad (30)$$

Dabei ist

- σ_x die Normalspannung im Träger im maßgebenden Schnitt nach Bild 16;
- s die Stegdicke des Trägers;
- l die mittragende Länge nach Bild 16.

Die Grenzkraft $F_{R,d}$ darf für geschweißte Profile mit I-förmigem Querschnitt nach den Gleichungen (29) und (30) berechnet werden, wenn die Stegslankheit $h/s \leq 60$ ist. Bei Stegslankheiten $h/s > 60$ ist zusätzlich ein Beulsicherheitsnachweis für den Steg zu führen. Für die Berechnung von c und l ist für geschweißte I-förmige Querschnitte der Wert $r = a$ (Schweißnahtdicke) zu setzen.

Sofern ein Beulsicherheitsnachweis erforderlich ist, ist dieser nach DIN 18800-3:2008-11, Element 504 zu führen.

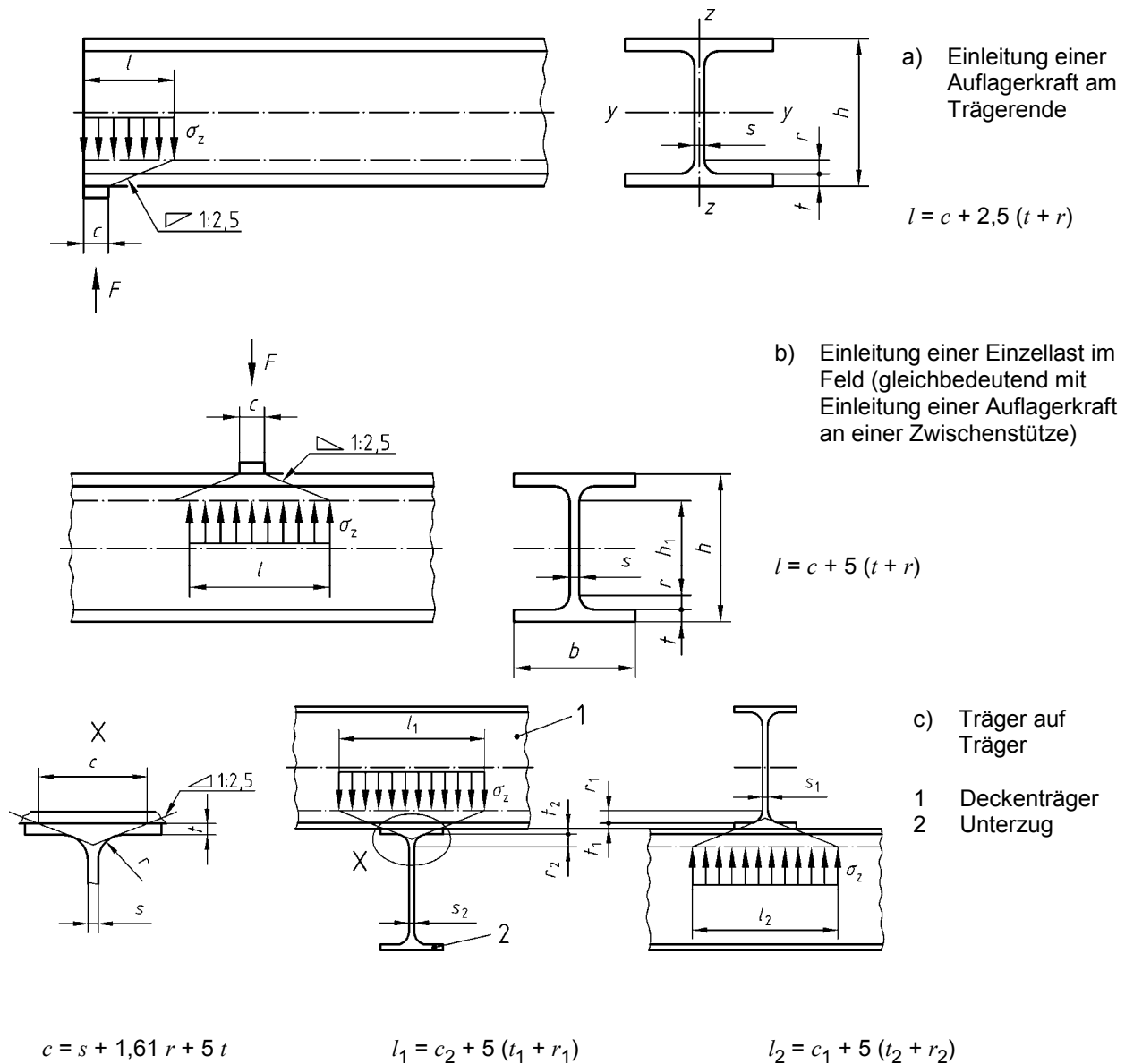


Bild 16 — Rippenlose Lasteinleitung bei Walz- und geschweißten Profilen mit I-Querschnitt

ANMERKUNG 1 In den Gleichungen (25) und (30) wird von einer konstanten Spannung σ_z über die Bereiche der Längen l bzw. l_i ausgegangen.

ANMERKUNG 2 Ein Tragsicherheitsnachweis nach 7.5.2, Element 748, ist im Bereich der Krafteinleitungen nicht erforderlich.

ANMERKUNG 3 In die Bilder 16 a) und c) sind nicht alle Kraftgrößen, die zum Gleichgewicht gehören, eingetragen.

DIN 18800-1:2008-11**7.5.2 Nachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch****(745) Grundsätze**

Die Beanspruchungen und die Beanspruchbarkeiten sind nach der Elastizitätstheorie zu berechnen. Es ist nachzuweisen, dass

- 1) das System im stabilen Gleichgewicht ist und
- 2) in allen Querschnitten die nach 7.2 berechneten Beanspruchungen höchstens den Bemessungswert $f_{y,d}$ der Streckgrenze erreichen und
- 3) in allen Querschnitten entweder die Grenzwerte $\text{grenz } (b/t)$ und $\text{grenz } (d/t)$ nach den Tabelle 12 bis Tabelle 14 eingehalten sind oder ausreichende Beulsicherheit nach DIN 18800-3 bzw. DIN 18800-4 nachgewiesen wird.

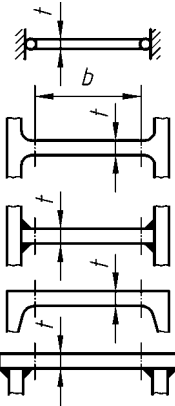
ANMERKUNG 1 Als Grenzzustand der Tragfähigkeit wird der Beginn des Fließens definiert. Daher werden plastische Querschnitts- und Systemreserven nicht berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch mit Spannungen ist die Forderung, dass die Beanspruchungen höchstens die Streckgrenze erreichen, gleichbedeutend damit, dass die Vergleichsspannung $\sigma_v \leq f_{y,k}/\gamma_M$ ist.

ANMERKUNG 3 Bei den Grenzwerten $\text{grenz } (b/t)$ in Tabelle 12 wird die ψ -abhängige Erhöhung der Abminderungsfaktoren nach DIN 18800-3:2008-11, Tabelle 1, Zeile 1 berücksichtigt. Hierauf wird in DIN 18800-2:2008-11, Abschnitt 7, verzichtet, um zu einfachen Regeln und zu einer Übereinstimmung mit anderen nationalen und internationalen Regelwerken zu kommen.

ANMERKUNG 4 Auf den Beulsicherheitsnachweis für Einzelfelder darf unter den in DIN 18800-3:2008-11, Abschnitt 2, Element 205 angegebenen Bedingungen verzichtet werden.

Tabelle 12 — Grenzwerte (b/t) für beidseitig gelagerte Plattenstreifen für volles Mittragen unter Druckspannungen σ_x beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch mit zugehörigen Beulwerten k_σ
 σ_1 = Größtwert der Druckspannungen σ_x in N/mm² und $f_{y,k}$ in N/mm²

	1	2	3
1	Lagerung: 		grenz (b/t) allgemein: — Bereich $0 < \psi \leq 1$ $\text{grenz } (b/t) = 420,4 \cdot (1 - 0,278 \psi - 0,025 \psi^2) \cdot \sqrt{\frac{k_\sigma}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$ — Bereich $\psi \leq 0$ $\text{grenz } (b/t) = 420,4 \cdot \sqrt{\frac{k_\sigma}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
2	Randspannungsverhältnis ψ	Beulwert k_σ in Abhängigkeit vom Randspannungsverhältnis ψ	grenz (b/t) für Sonderfälle des Randspannungsverhältnisses ψ
3	1	4	$37,8 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
4	$1 > \psi > 0$	$\frac{8,2}{\psi + 1,05}$	$27,1 (1 - 0,278 \psi - 0,025 \psi^2) \cdot \sqrt{\frac{8,2}{\psi + 1,05}} \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
5	0	7,81	$75,8 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
6	$0 > \psi > -1$	$7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$	$27,1 \cdot \sqrt{7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2} \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
7	-1	23,9	$133 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
Für $\sigma_1 \cdot \gamma_M = f_{y,k}$ darf der Maximalwert $f_{y,k}$ nach Tabelle 1 für die jeweilige Stahlsorte unabhängig von der Erzeugnisdicke in den Wurzel Ausdruck eingesetzt werden.			

DIN 18800-1:2008-11

Tabelle 13 — Grenzwerte (b/t) für einseitig gelagerte Plattenstreifen für volles Mittragen unter Druckspannungen σ_x beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch mit zugehörigen Beulwerten k_σ

σ_1 = Größtwert der Druckspannungen σ_x in N/mm² und $f_{y,k}$ in N/mm²

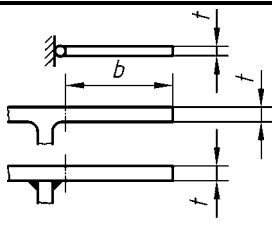
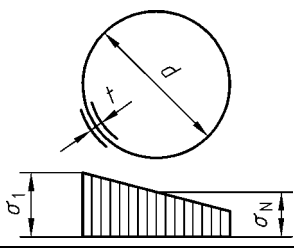
	1	2	3
1	Lagerung: 		grenz (b/t) allgemein: $305 \cdot \sqrt{\frac{k_\sigma}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
2	Randspannungsverhältnis ψ	Beulwert k_σ in Abhängigkeit vom Randspannungsverhältnis ψ	grenz (b/t) für Sonderfälle des Randspannungsverhältnisses ψ
3	Größte Druckspannung am gelagerten Rand		
4	1	0,43	$12,9 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
5	$1 > \psi > 0$	$\frac{0,578}{\psi + 0,34}$	$19,7 \cdot \sqrt{\frac{0,578}{\psi + 0,34}} \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
6	0	1,70	$25,7 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
7	$0 > \psi > -1$	$1,70 - 5 \cdot \psi + 17,1 \cdot \psi^2$	$19,7 \cdot \sqrt{1,70 - 5 \cdot \psi + 17,1 \cdot \psi^2} \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
8	-1	23,8	$96,1 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
9	Größte Druckspannung am freien Rand		
10	1	0,43	$12,9 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
11	$1 > \psi > 0$	$0,57 - 0,21 \cdot \psi + 0,07 \cdot \psi^2$	$19,7 \cdot \sqrt{0,57 - 0,21 \cdot \psi + 0,07 \cdot \psi^2} \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
12	0	0,57	$14,9 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
13	$0 > \psi > -1$	$0,57 - 0,21 \cdot \psi + 0,07 \cdot \psi^2$	$19,7 \cdot \sqrt{0,57 - 0,21 \cdot \psi + 0,07 \cdot \psi^2} \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
14	-1	0,85	$18,2 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
Für $\sigma_1 \cdot \gamma_M = f_{y,k}$ darf der Maximalwert $f_{y,k}$ nach Tabelle 1 für die jeweilige Stahlsorte unabhängig von der Erzeugnisdicke in den Wurzel Ausdruck eingesetzt werden.			

Tabelle 14 — Grenzwerte grenz (d/t) **für Kreiszyylinderquerschnitte für volles Mittragen unter Druckspannungen σ_x beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch**

σ_1 = Größtwert der Druckspannungen σ_x in N/mm² und $f_{y,k}$ in N/mm²

σ_N = Druckspannungsanteil aus Normalkraft in N/mm²

1	2
Spannungsverteilung: 	$\text{grenz } (d/t) = \left(90 - 20 \frac{\sigma_N}{\sigma_1} \right) \cdot \frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}$
Für $\sigma_1 \cdot \gamma_M = f_{y,k}$ darf der Maximalwert $f_{y,k}$ nach Tabelle 1 für die jeweilige Stahlsorte unabhängig von der Erzeugnisdicke in den Wurzelausdruck eingesetzt werden.	

(746) Grenzspannungen

Für die Grenzspannungen gilt:

— Grenznormalspannung

$$\sigma_{R,d} = f_{y,d} = f_{y,k} / \gamma_M \quad (31)$$

— Grenzs Schubspannung

$$\tau_{R,d} = f_{y,d} / \sqrt{3} \quad (32)$$

(747) Nachweise

Der Nachweis ist mit den Bedingungen (33) bis (35) zu führen:

— für die Normalspannungen σ_x , σ_y , σ_z

$$\frac{\sigma}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \quad (33)$$

— für die Schubspannungen τ_{xy} , τ_{xz} , τ_{yz}

$$\frac{\tau}{\tau_{R,d}} \leq 1 \quad (34)$$

— für die gleichzeitige Wirkung mehrerer Spannungen

$$\frac{\sigma_v}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \quad (35)$$

Dabei ist

σ_v die Vergleichsspannung nach Element 748.

DIN 18800-1:2008-11

Bedingung (35) gilt für die alleinige Wirkung von σ_x und τ oder σ_y und τ als erfüllt, wenn $\sigma/\sigma_{R,d} \leq 0,5$ oder $\tau/\tau_{R,d} \leq 0,5$ ist.

In den Bedingungen (33) bis (35) dürfen die Beanspruchbarkeiten ($\sigma_{R,d}$, $\tau_{R,d}$) um 10 % erhöht werden, wenn die Tragsicherheit nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch nachgewiesen wird und keine Nachweise nach DIN 18800-2 bis DIN 18800-4 geführt werden müssen und beim Nachweis nicht von Möglichkeiten der Elemente (749) — diese Einschränkung gilt nicht für den Stegbereich von Walzprofilen — oder (750) Gebrauch gemacht wird.

ANMERKUNG 1 Dass kein Nachweis nach DIN 18800-2 geführt werden muss, setzt u. a. voraus, dass die Abgrenzungskriterien nach Element (739) — kein Nachweis nach Theorie II. Ordnung erforderlich — und Element (740) — kein Nachweis der Biegedrillknicksicherheit erforderlich — erfüllt sind.

ANMERKUNG 2 Dass kein Nachweis nach DIN 18800-3 geführt werden muss, setzt u. a. voraus, dass die Grenzwerte für (b/t) -Verhältnisse nach Tabellen 12 und 13 eingehalten sind.

ANMERKUNG 3 Dass kein Nachweis nach DIN 18800-4 geführt werden muss, setzt u. a. voraus, dass die Grenzwerte für (d/t) -Verhältnisse nach Tabelle 14 eingehalten sind.

(748) Vergleichsspannung

Die Vergleichsspannung σ_v ist mit Gleichung (36) zu berechnen.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y - \sigma_x \cdot \sigma_z - \sigma_y \cdot \sigma_z + 3\tau_{xy}^2 + 3\tau_{xz}^2 + 3\tau_{yz}^2} \quad (36)$$

(749) Erlaubnis örtlich begrenzter Plastizierung, allgemein

In kleinen Bereichen darf die Vergleichsspannung σ_v die Grenzspannung $\sigma_{R,d}$ um 10 % überschreiten.

Für Stäbe mit Normalkraft und Biegung kann ein kleiner Bereich unterstellt werden, wenn gleichzeitig gilt:

$$\left| \frac{N}{A} + \frac{M_y}{I_y} z \right| \leq 0,8 \sigma_{R,d} \quad (37a)$$

$$\left| \frac{N}{A} + \frac{M_z}{I_z} y \right| \leq 0,8 \sigma_{R,d} \quad (37b)$$

ANMERKUNG Tragsicherheitsnachweise nach den Elementen 749 und 750 nutzen bereits teilweise die plastische Querschnitttragfähigkeit aus; eine vollständige Ausnutzung ermöglicht das Verfahren Elastisch-Plastisch (siehe Abschnitt 7.5.3).

(750) Erlaubnis örtlich begrenzter Plastizierung für Stäbe mit I-Querschnitt

Für Stäbe mit doppelsymmetrischem I-Querschnitt, die die Bedingungen nach Tabelle 15 erfüllen, darf die Normalspannung σ_x nach Gleichung (38) berechnet werden.

$$\sigma_x = \left| \frac{N}{A} \pm \frac{M_y}{\alpha_{pl,y}^* \cdot W_y} \pm \frac{M_z}{\alpha_{pl,z}^* \cdot W_z} \right| \quad (38)$$

In Gleichung (38) ist für α_{pl}^* der jeweilige plastische Formbeiwert α_{pl} , jedoch nicht mehr als 1,25 einzusetzen.

Für gewalzte I-förmige Stäbe darf $\alpha_{pl,y}^* = 1,14$ und $\alpha_{pl,z}^* = 1,25$ gesetzt werden.

(751) Vereinfachung für Stäbe mit Winkelquerschnitt

Werden bei der Berechnung der Beanspruchungen von Stäben mit Winkelquerschnitt schenkelparallele Querschnittsachsen als Bezugsachsen anstelle der Trägheitshauptachsen benutzt, so sind die ermittelten Beanspruchungen um 30 % zu erhöhen.

(752) Vereinfachung für Stäbe mit I-förmigem Querschnitt

Bei Stäben mit I-förmigem Querschnitt, bei denen die Wirkungslinie der Querkraft V_z mit dem Steg zusammenfällt und bei denen erkennbar ist, dass die maximale Schubspannung im Steg um nicht mehr als 10 % vom mittleren Wert abweicht, darf die Schubspannung im Steg nach Gleichung (39) berechnet werden. Wenn die Beanspruchbarkeiten nach Element (747) um 10 % erhöht werden, darf Gleichung (39) nicht angewendet werden.

$$\tau = \left| \frac{V_z}{A_{\text{Steg}}} \right| \quad (39)$$

ANMERKUNG 1 Nach der Theorie der dünnwandigen Querschnitte ist A_{Steg} gleich dem Produkt aus dem Abstand der Schwerlinien der Flansche und der Stegdicke.

ANMERKUNG 2 Dies ist bei doppelsymmetrischen Querschnitten der Fall, wenn das Verhältnis $A_{\text{Gurt}}/A_{\text{Steg}}$ größer als 0,6 ist. Beim doppelsymmetrischen I-Träger ist für $A_{\text{Gurt}}/A_{\text{Steg}} = 0,6$ die maximale Schubspannung im Steg

$$\max \tau = \frac{1,5 \cdot V_z}{A_{\text{Steg}}} \cdot \frac{4 \cdot A_{\text{Gurt}} + A_{\text{Steg}}}{6 \cdot A_{\text{Gurt}} + A_{\text{Steg}}}$$

rd. 10 % größer als die mittlere Schubspannung.

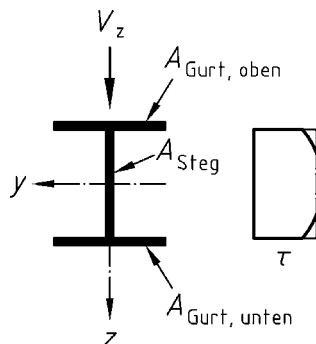
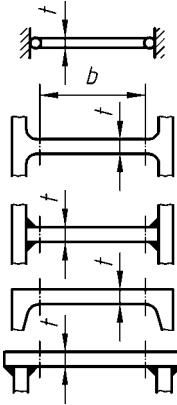
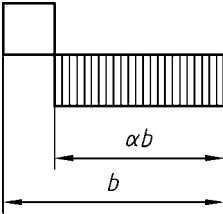
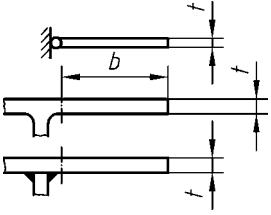
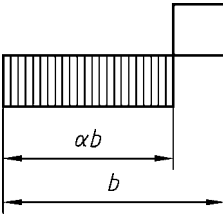
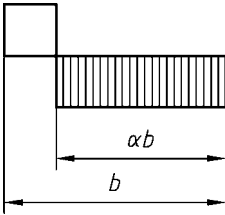


Bild 17 — Ersatzweise geradlinig angenommene Verteilung der Schubspannung nach Gleichung (39)
für $A_{\text{Gurt, oben}} = A_{\text{Gurt, unten}}$

DIN 18800-1:2008-11

Tabelle 15 — Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ und $\text{grenz}(d/t)$ für volles Mitwirken von Querschnittsteilen unter Druckspannungen σ_x beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch
 $f_{y,k}$ in N/mm²

Beidseitig gelagerter Plattenstreifen		
Lagerung und Breite b 	 $\text{grenz } (b/t) = \frac{37}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$	
Einseitig gelagerter Plattenstreifen		
Lagerung und Breite b 	Druckspannung $f_{y,k}/\gamma_M$ am	
	gelagerten Rand  $\text{grenz } (b/t) = \frac{11}{\alpha\sqrt{\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$	freien Rand  $\text{grenz } (b/t) = \frac{11}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$
Kreiszylinder		
$\text{grenz } (d/t) = 70 \frac{240}{f_{y,k}}$		
Druckspannungen sind durch Schraffur gekennzeichnet.		

7.5.3 Nachweis nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch

(753) Die Beanspruchungen sind nach der Elastizitätstheorie, die Beanspruchbarkeiten unter Ausnutzung plastischer Tragfähigkeiten der Querschnitte zu berechnen. Es ist nachzuweisen, dass

- 1) das System im stabilen Gleichgewicht ist und
- 2) in keinem Querschnitt die nach 7.2 berechneten Beanspruchungen unter Beachtung der Interaktion zu einer Überschreitung der Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand führen und
- 3) in allen Querschnitten die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ und $\text{grenz}(d/t)$ nach Tabelle 15 eingehalten sind. Für die Bereiche des Tragwerkes, in denen die Schnittgrößen nicht größer als die elastischen Grenzschnittgrößen nach 7.5.2, Element 745, Nummer 2 sind, gilt Element 745, Nummer 3.

ANMERKUNG Beim Verfahren Elastisch-Plastisch wird bei der Berechnung der Beanspruchungen linearelastisches Werkstoffverhalten, bei der Berechnung der Beanspruchbarkeiten linearelastisch-idealplastisches Werkstoffverhalten angenommen. Damit werden die plastischen Reserven des Querschnitts ausgenutzt, nicht jedoch die des Systems.

(754) Momentenumlagerung

Wenn nach 7.5.1, Element 739, Biegeknicken und nach 7.5.1, Element 740, Biegedrillknicken nicht berücksichtigt werden müssen, dürfen die nach der Elastizitätstheorie ermittelten Stützmomente um bis zu 15 % ihrer Maximalwerte vermindert oder vergrößert werden, wenn bei der Bestimmung der zugehörigen Feldmomente die Gleichgewichtsbedingungen eingehalten werden. Zusätzlich sind für die Bemessung der Verbindungen 7.5.4, Element 759, 8.4.1.4, Element 831 und Element 832, zu beachten.

ANMERKUNG 1 Bei der Momentenumlagerung werden die Formänderungsbedingungen der Elastizitätstheorie nicht erfüllt. Eine Umlagerung erfordert im Tragwerk bereichsweise Plastizierungen.

ANMERKUNG 2 Der Tragsicherheitsnachweis unter Berücksichtigung der Regelung dieses Elementes nutzt für Sonderfälle bereits teilweise Systemreserven statisch unbestimmter Systeme aus. Eine vollständige Ausnutzung bei statisch unbestimmten Systemen ermöglicht das Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch (siehe 7.5.4).

(755) Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand, allgemein

Für die Berechnung der Grenzschnittgrößen von Stabquerschnitten im plastischen Zustand sind folgende Annahmen zu treffen:

- 1) Linearelastische-idealplastische Spannungs-Dehnungs-Beziehung für den Werkstoff mit der Streckgrenze $f_{y,d}$ nach Gleichung (31).
- 2) Ebenbleiben der Querschnitte.
- 3) Fließbedingung nach Gleichung (36).

Die Gleichgewichtsbedingungen am differentiellen oder finiten Element (Faser) sind einzuhalten.

Die Dehnungen ε_x dürfen beliebig groß angenommen werden, jedoch sind die Grenzbiegemomente im plastischen Zustand auf den 1,25fachen Wert des elastischen Grenzbiegemomentes zu begrenzen.

Auf diese Reduzierung darf bei Einfeldträgern und bei Durchlaufträgern mit über die gesamte Länge gleichbleibendem Querschnitt verzichtet werden.

ANMERKUNG 1 In der Literatur werden auch Grenzschnittgrößen angegeben, bei denen die Gleichgewichtsbedingungen verletzt werden; sie sind in vielen Fällen dennoch als Näherung berechtigt.

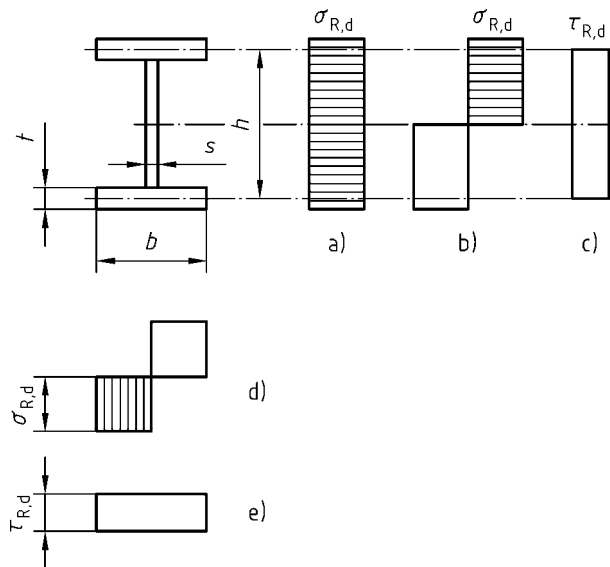
ANMERKUNG 2 Als plastische Zustände eines Querschnittes werden die Zustände bezeichnet, in denen Querschnittsbereiche plastiziert sind. Als vollplastische Zustände werden diejenigen plastischen Zustände bezeichnet, bei denen eine Vergrößerung der Schnittgrößen nicht möglich ist. Dabei muss der Querschnitt nicht durchplastiziert sein. Dies kann z. B. bei ungleichschenkligen Winkelquerschnitten der Fall sein, die durch Biegemomente M_y und M_z beansprucht sind; siehe hierzu z. B. [7].

Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand sind gleich den Schnittgrößen im vollplastischen Zustand, berechnet mit dem Bemessungswert der Streckgrenze $f_{y,d}$ und gegebenenfalls mit dem Faktor $1,25/\alpha_{pl}$ reduziert.

(756) Schnittgrößen im vollplastischen Zustand für doppelsymmetrische I-Querschnitte

Die Schnittgrößen im vollplastischen Zustand sind Bild 18 zu entnehmen.

DIN 18800-1:2008-11



Legende

- a) $N_{pl,d} = \sigma_{R,d} \cdot A$
 b) $M_{pl,y,d} = \sigma_{R,d} \cdot \alpha_{pl,y} \cdot W_y$
 c) $V_{pl,z,d} = \tau_{R,d} \cdot h \cdot s$
 d) $M_{pl,z,d} = \sigma_{R,d} \cdot \alpha_{pl,z} \cdot W_z$
 e) $V_{pl,y,d} = 2 \cdot t \cdot b \cdot \tau_{R,d}$

Bild 18 — Spannungsverteilung für doppeltsymmetrische I-Querschnitte für Schnittgrößen im vollplastischen Zustand

(757) Interaktion von Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand für I-Querschnitte

Für doppeltsymmetrische I-Querschnitte mit konstanter Streckgrenze über den Querschnitt darf

- für einachsige Biegung, Querkraft und Normalkraft mit den Bedingungen in den Tabellen 16 und 17;
- für zweiachsige Biegung und Normalkraft mit den Bedingungen (41) und (42), wenn für die Querkräfte $V_z \leq 0,33 V_{pl,z,d}$ und $V_y \leq 0,25 V_{pl,y,d}$ gilt,

nachgewiesen werden, dass die Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand nicht überschritten sind.

Tabelle 16 — Vereinfachte Tragsicherheitsnachweise für doppeltsymmetrische I-Querschnitte mit N , M_y , V_z

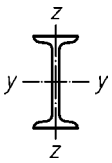
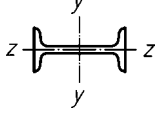
Momente um y-Achse 	Gültigkeits- bereich	$\frac{V}{V_{pl,d}} \leq 0,33$	$0,33 < \frac{V}{V_{pl,d}} \leq 1$
	$\frac{N}{N_{pl,d}} \leq 1$	$\frac{M}{M_{pl,d}} \leq 1$	$0,88 \frac{M}{M_{pl,d}} + 0,37 \frac{V}{V_{pl,d}} \leq 1$
	$0,1 < \frac{N}{N_{pl,d}} \leq 1$	$0,9 \frac{M}{M_{pl,d}} + \frac{N}{N_{pl,d}} \leq 1$	$0,8 \frac{M}{M_{pl,d}} + 0,89 \frac{N}{N_{pl,d}} + 0,33 \frac{V}{V_{pl,d}} \leq 1$

Tabelle 17 — Vereinfachte Tragsicherheitsnachweise für doppelsymmetrische I-Querschnitte mit N , M_z , V_y

Momente um z-Achse 	Gültigkeitsbereich	$\frac{V}{V_{pl,d}} \leq 0,25$	$0,25 < \frac{V}{V_{pl,d}} \leq 0,9$
	$\frac{N}{N_{pl,d}} \leq 0,3$	$\frac{M}{M_{pl,d}} \leq 1$	$0,95 \frac{M}{M_{pl,d}} + 0,82 \left(\frac{V}{V_{pl,d}} \right)^2 \leq 1$
	$0,3 < \frac{N}{N_{pl,d}} \leq 1$	$0,91 \frac{M}{M_{pl,d}} + \left(\frac{N}{N_{pl,d}} \right)^2 \leq 1$	$0,87 \frac{M}{M_{pl,d}} + 0,95 \left(\frac{N}{N_{pl,d}} \right)^2 + 0,75 \left(\frac{V}{V_{pl,d}} \right)^2 \leq 1$

Mit

$$M_y^* = [1 - (N/N_{pl,d})^{1,2}] \cdot M_{pl,y,d} \quad (40)$$

gilt

— für $M_y \leq M_y^*$:

$$\frac{M_z}{M_{pl,z,d}} + c_1 + c_2 \left(\frac{M_y}{M_{pl,y,d}} \right)^{2,3} \leq 1 \quad (41)$$

mit

$$c_1 = (N/N_{pl,d})^{2,6}$$

$$c_2 = (1 - c_1)^{-N_{pl,d}/N}$$

— für $M_y > M_y^*$:

$$\frac{1}{40} \left(\frac{M_z}{M_{pl,z,d}} - \frac{M_z^*}{M_{pl,z,d}} \right) + \left(\frac{N}{N_{pl,d}} \right)^{1,2} + \frac{M_y}{M_{pl,y,d}} \leq 1 \quad (42)$$

mit $M_z^* = [1 - c_1 - c_2 (M_y^*/M_{pl,y,d})^{2,3}] M_{pl,z,d}$.

DIN 18800-1:2008-11

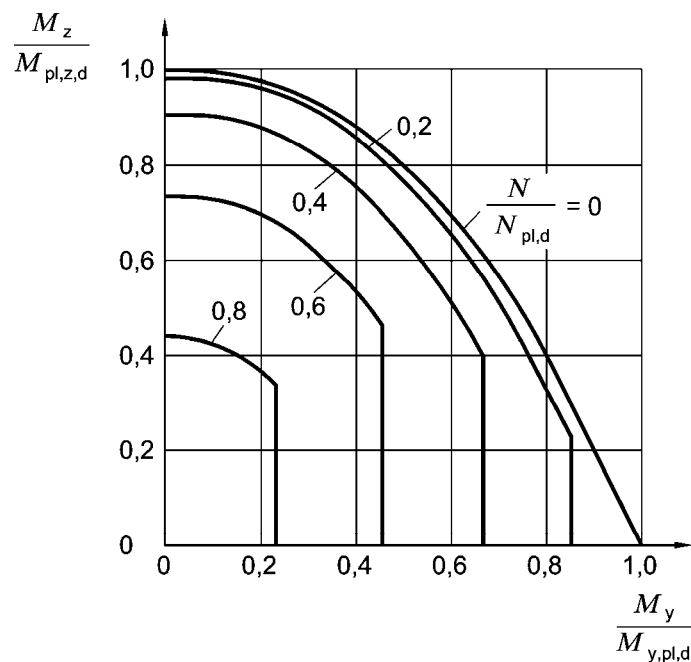


Bild 19 — Interaktion für die Normalkraft N und die Biegemomente M_y und M_z nach den Bedingungen (41) und (42)

ANMERKUNG 1 Andere Interaktionsgleichungen können der Literatur, z. B. [8], entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Vereinfachend sind die Faktoren in den Tabellen 16 und 17 auf 2 Ziffern gerundet. Aus diesem Grunde ergeben sich geringfügig veränderte Zahlenwerte, wenn man in Grenzfällen von den allgemeinen Interaktionsgleichungen mit allen drei Schnittkräften M , N , V auf die Sonderfälle übergeht.

ANMERKUNG 3 Querschnitte mit nicht konstanter Streckgrenze sind z. B. solche mit unterschiedlicher Erzeugnisdicke nach Tabelle 1 oder unterschiedlicher Streckgrenze für die Querschnittsteile.

ANMERKUNG 4 Die Schnittgrößen im vollplastischen Zustand nach Bild 18 können nicht alle als Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand verwendet werden; offensichtlich ist dies z. B. für $V_{pl,y,d}$.

ANMERKUNG 5 $M_{pl,d}$, $N_{pl,d}$ und $V_{pl,d}$ in Tabellen 16 und 17 sind Grenzschnittgrößen. Es ist $M_{pl,z,d} = 1,25 \cdot \sigma_{R,d} \cdot W_z$.

ANMERKUNG 6 Die in den Tabellen 16 und 17 angegebenen Interaktionsbeziehungen sind Näherungen. Es wird auf die genaueren, auch für andere Querschnitte anwendbaren Gleichungen in [10] hingewiesen.

7.5.4 Nachweis nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch

(758) Grundsätze

Die Beanspruchungen sind nach der Fließgelenk- oder Fließzonentheorie, die Beanspruchbarkeiten unter Ausnutzung plastischer Tragfähigkeiten der Querschnitte und des Systems zu berechnen. Es ist nachzuweisen, dass

- 1) das System im stabilen Gleichgewicht ist und
- 2) in allen Querschnitten die Beanspruchungen unter Beachtung der Interaktion nicht zu einer Überschreitung der Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand führen und

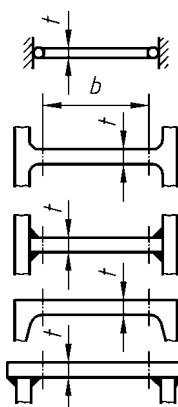
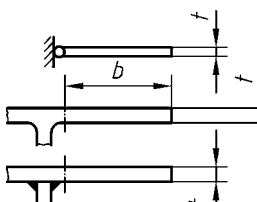
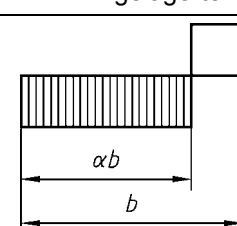
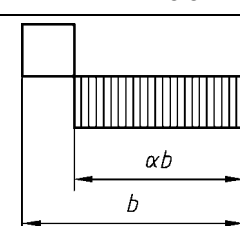
- 3) in den Querschnitten im Bereich der Fließgelenke bzw. Fließzonen die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ und $\text{grenz}(d/t)$ nach Tabelle 18 eingehalten sind.

Für die Querschnitte in den übrigen Bereichen des Tragwerkes gilt 7.5.3, Element 753, Nummer 3.

ANMERKUNG 1 Beim Verfahren Plastisch-Plastisch werden plastische Querschnitts- und Systemreserven ausgenutzt.

ANMERKUNG 2 Zur Berechnung der plastischen Beanspruchbarkeit siehe 7.5.3, Elemente 755 bis 757.

Tabelle 18 — Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ und $\text{grenz}(d/t)$ für volles Mitwirken von Querschnittsteilen unter Druckspannungen σ_x beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch
 $f_{y,k}$ in N/mm²

Beidseitig gelagerter Plattenstreifen		
Lagerung und Breite b	 $\text{grenz } (b/t) = \frac{32}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$	
Einseitig gelagerter Plattenstreifen		
Lagerung und Breite b	Druckspannung $f_{y,k}/\gamma_M$ am	
	gelagerten Rand	freien Rand
	 $\text{grenz } (b/t) = \frac{9}{\alpha \sqrt{\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$	 $\text{grenz } (b/t) = \frac{9}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$
Kreiszyylinder		
$\text{grenz } (d/t) = 50 \frac{240}{f_{y,k}}$		
Druckspannungen sind durch Schraffur gekennzeichnet.		

DIN 18800-1:2008-11**(759) Berücksichtigung oberer Grenzwerte der Streckgrenze**

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

$$\sigma_{R,d}^{(\text{oben})} = 1,3 \cdot \sigma_{R,d} \quad (43)$$

anzunehmen.

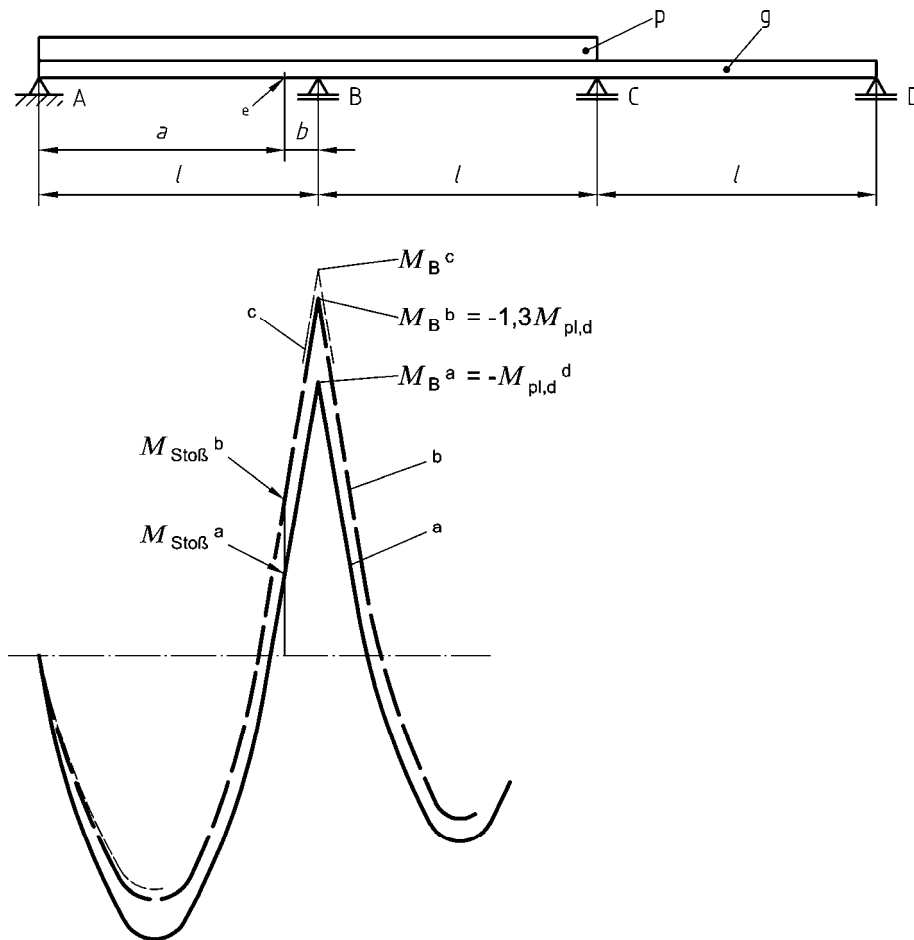
Bei durch- oder gegengeschweißten Nähten kann die Erhöhung der Beanspruchbarkeit unterstellt werden (vergleiche hierzu auch 8.4.1.4, Element 832).

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 1,25fachen 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 σ_{Rd} nach Gleichung (31) (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.



Legende

- a Beanspruchung für Streckgrenze = $\sigma_{R,d}$ (unterer Grenzwert)
- b Beanspruchung für Streckgrenze = $\sigma_{R,d}^{(oben)}$ (oberer Grenzwert)
- c Beanspruchung bei Berechnung nach der Elastizitätstheorie
- d unter Berücksichtigung der gleichzeitig wirkenden Querkraft
- e Stoß

ANMERKUNG Wenn $|M_B^c| < 1,3 M_{pl,d}$, wird Fall 3 maßgebend.

Bild 20 — Beispiel zur Berücksichtigung des oberen Grenzwertes der Streckgrenze

(760) Vereinfachte Berechnung der Beanspruchungen

Für den Tragsicherheitsnachweis nach Element 758 darf bei unverschieblichen Systemen die Lage der Fließgelenke beliebig angenommen werden, wenn die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ und $\text{grenz}(d/t)$ nach Tabelle 18 überall eingehalten sind.

7.6 Nachweis der Lagesicherheit

(761) Grundsätze

Die Sicherheit gegen Gleiten, Abheben und Umkippen von Tragwerken und Tragwerksteilen ist nach den Regeln für den Nachweis der Tragsicherheit nachzuweisen.

DIN 18800-1:2008-11

Zwischenzustände sind zu berücksichtigen, wenn das Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch angewendet wird.

ANMERKUNG 1 Die Nachweise der Lagesicherheit sind Nachweise der Tragsicherheit, die sich auf unverankerte und verankerte Lagerfugen beziehen.

ANMERKUNG 2 Im Allgemeinen genügt es, nur die Zustände unter den Bemessungswerten der Einwirkungen zu betrachten. Für den Nachweis der Lagesicherheit können Zwischenzustände maßgebend werden, bei denen alle oder einige Einwirkungen noch nicht ihren Bemessungswert erreicht haben.

(762) Beanspruchungen

Die Beanspruchungen sind nach 7.2.2 zu berechnen; im Allgemeinen gilt Element 711.

Wenn nach 7.4, Element 728, ein Nachweis nach Theorie II. Ordnung notwendig ist, gelten die so ermittelten Schnittkräfte auch für den Lagesicherheitsnachweis.

(763) Beanspruchbarkeit von Verankerungen

Die Beanspruchbarkeiten von Lagerfugen und deren Verankerungen sind nach den 7.3 und Abschnitt 8 zu berechnen.

(764) Gleiten

Es ist nachzuweisen, dass in der Fugenebene die Gleitkraft nicht größer als die Grenzgleitkraft ist.

Für die Berechnung der Grenzgleitkraft dürfen Reibwiderstand und Scherwiderstand von mechanischen Schubsicherungen als gleichzeitig wirkend angesetzt werden.

Der Bemessungswert der Grenzgleitkraft $V_{R,d}$ ist wie folgt zu ermitteln:

$$V_{R,d} = \mu_d N_{z,d} + V_{a,R,d}$$

Dabei ist

$N_{z,d}$ der kleinste zugehörige Bemessungswert der Druckkraft in der Gleitfuge;

$V_{a,R,d}$ der Bemessungswert des Scherwiderstandes einer vorhandenen Schubsicherung;

μ_d der Bemessungswert der Reibungszahl in der untersuchten Fuge, z. B. für

— Stahl/Stahl 0,20;

— Stahl/Beton 0,50.

Die Sicherheit gegen Gleiten darf nach DIN V 4141-1:2003-05, Abschnitt 6, nachgewiesen werden.

(765) Abheben

Für unverankerte Lagerfugen ist nachzuweisen, dass die Beanspruchung keine abhebende Kraftkomponente rechtwinklig zur Lagerfuge aufweist.

Für verankerte Lagerfugen ist nachzuweisen, dass die Beanspruchung der Verankerung nicht größer als deren Beanspruchbarkeit ist.

ANMERKUNG Charakteristische Werte für Festigkeiten von Verankerungsteilen aus Stahl sind im Abschnitt 4, Grenzwerte im Abschnitt 8 zu finden.

(766) Umkippen

Für den Nachweis gegen Umkippen sind die Normaldruckspannungen gleich verteilt über eine Teilfläche der Lagerfugenfläche anzunehmen. Dabei darf die Teilfläche beliebig angenommen werden. Es ist nachzuweisen, dass die Drucknormalspannungen (Pressungen) nicht größer als die Grenzpressungen der angrenzenden Bauteile sind.

Für verankerte Lagerfugen ist außerdem nachzuweisen, dass die Beanspruchung der Verankerung nicht größer als deren Beanspruchbarkeit ist.

ANMERKUNG 1 Das anzunehmende Tragmodell hat Ähnlichkeit mit dem der Fließgelenktheorie. Die Teilfläche ist eine „Fließfläche“ und entspricht dem Fließgelenk.

ANMERKUNG 2 Der Nachweis von Kantenpressungen, z. B. für Mauerwerk bei Auflagerung von Stahlträgern, ist hiervon nicht berührt.

(767) Charakteristische Werte der Hertzschen Pressung von Stahl lagern

Sofern keine Regelung für den speziellen Verwendungszweck vorliegt und kein genauerer Nachweis erfolgt, dürfen die Werte nach Tabelle 18a verwendet werden.

Tabelle 18a — Charakteristische Werte $\sigma_{H,k}$ des Grenzdruckes nach Hertz für Lager mit nicht mehr als 2 Rollen

	Werkstoff	$\sigma_{H,k}$ in N/mm ²
1	S235, S275	800
2	S355, S420, S460	1 000
3	C35+N, C45+N	950

7.7 Nachweis der Dauerhaftigkeit**(768) Grundsätze**

Die Dauerhaftigkeit erfordert bei der Herstellung der Stahlbauten Maßnahmen gegen Korrosion, die der zu erwartenden Beanspruchung genügen.

Die Erhaltung der Dauerhaftigkeit erfordert eine sachgemäße Instandhaltung der Stahlbauten. Sie ist auf die bei der Herstellung getroffenen Maßnahmen abzustimmen oder bei veränderter Beanspruchung dieser anzupassen.

(769) Maßnahmen gegen Korrosion

Stahlbauten müssen gegen Korrosionsschäden geschützt werden. Während der Nutzungsdauer darf keine Beeinträchtigung der erforderlichen Tragsicherheit durch Korrosion eintreten.

Maßnahmen gegen Korrosion müssen neben dem allgemeinen Schutz gegen flächenhafte Korrosion auch den besonderen Schutz gegen lokal erhöhte Korrosion einschließen.

Anstelle von Maßnahmen gegen Korrosion darf die Auswirkung der Korrosion durch Dickenzuschläge berücksichtigt werden, wenn sie auf den Korrosionsabtrag und die Nutzungsdauer abgestimmt sind.

ANMERKUNG Maßnahmen gegen Korrosion können sein:

- Beschichtungen und/oder Überzüge nach Normen der Reihe DIN EN ISO 12944 ;
- kathodischer Korrosionsschutz;

DIN 18800-1:2008-11

- Wahl geeigneter nichtrostender Werkstoffe (nicht geeignet sind diese z. B. in chlorhaltiger und chlorwasserstoffhaltiger Atmosphäre, vergleiche hierzu z. B. die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für nichtrostende Stähle);
- Umhüllung mit geeigneten Baustoffen.

Besondere Maßnahmen gegen Korrosion können erforderlich sein z. B.

- bei hochfesten Zuggliedern,
- in Fugen und Spalten,
- an Berührungsflächen mit anderen Baustoffen,
- an Berührungsflächen mit dem Erdreich und
- an Stellen möglicher Kontaktkorrosion.

(770) Korrosionsschutzgerechte Konstruktion

Die Konstruktion soll so ausgebildet werden, dass Korrosionsschäden weitgehend vermieden, frühzeitig erkannt und Erhaltungsmaßnahmen während der Nutzungsdauer einfach durchgeführt werden können.

ANMERKUNG Grundregeln zur korrosionsschutzgerechten Gestaltung sind in DIN EN ISO 12944-3 enthalten.

(771) Unzugängliche Bauteile

Sind Bauteile zur Kontrolle und Wartung nicht mehr zugänglich und kann ihre Korrosion zu unangekündigtem Versagen mit erheblichen Gefährdungen oder erheblichen wirtschaftlichen Auswirkungen führen, müssen die Maßnahmen gegen Korrosion so getroffen werden, dass keine Instandhaltungsarbeiten während der Nutzungsdauer nötig sind. In diesem Fall ist das Korrosionsschutzsystem Bestandteil des Tragsicherheitsnachweises.

ANMERKUNG 1 Beispiele solcher Bauteile sind Haltekonstruktionen hinterlüfteter Fassaden, verkleidete Stahlbauteile, Verankerungen und ähnliches.

ANMERKUNG 2 Sichtbares Auftreten von Korrosionsprodukten kann im Allgemeinen als Ankündigung der Möglichkeit eines Versagens gewertet werden.

ANMERKUNG 3 Nach Bauteil und Nutzungsdauer unterschiedliche Maßnahmen gegen Korrosion werden in den entsprechenden Fachnormen oder bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt.

(772) Kontaktkorrosion

Zur Vermeidung von Kontaktkorrosion an Berührungsflächen von Stahlteilen mit Bauteilen aus anderen Metallen ist DIN EN ISO 12944-3 zu beachten.

(773) Hochfeste Zugglieder

Der Korrosionsschutz aus Verfüllung und Beschichtung muss der Konstruktionsart und den Einsatzbedingungen der hochfesten Zugglieder angepasst sein. Bei der konstruktiven Ausbildung von Klemmen, Schellen und Verankerungen sind Schutzmaßnahmen für die Zugglieder zu berücksichtigen.

(774) Überwachung des Korrosionsschutzes

Wird eine besondere Überwachung des Korrosionsschutzes während der Nutzungsdauer des Bauwerkes vorgesehen, so sind in den Entwurfsunterlagen die Zeitabstände und die zu überprüfenden Bauteile festzulegen.

8 Beanspruchungen und Beanspruchbarkeiten der Verbindungen

8.1 Allgemeine Regeln

(801) Die Beanspruchung der Verbindungen eines Querschnittsteiles soll aus den Schnittgrößenanteilen dieses Querschnittsteiles bestimmt werden.

Es ist zu beachten, dass in Schraubenverbindungen Abstützkräfte entstehen können und dadurch die Beanspruchungen in der Verbindung beeinflusst werden.

In doppelsymmetrischen I-förmigen Biegeträgern mit Schnittgrößen N , M_y und V_z dürfen die Verbindungen vereinfacht mit folgenden Schnittgrößenanteilen nachgewiesen werden.

$$\text{Zugflansch: } N_Z = N/2 + M_y/h_F \quad (44)$$

$$\text{Druckflansch: } N_D = N/2 - M_y/h_F \quad (45)$$

$$\text{Steg: } V_{St} = V_z \quad (46)$$

wobei h_F der Schwerpunktabstand der Flansche ist. Vorausgesetzt ist, dass in den Flanschen die Beanspruchungen N_Z und N_D nicht größer als die Beanspruchbarkeiten nach Abschnitt 7 sind.

ANMERKUNG 1 Die Regel des ersten Absatzes folgt aus 5.2.1, Element 504, zweiter Absatz.

ANMERKUNG 2 Ein Beispiel für die Beeinflussung der Beanspruchungen einer Verbindung ist der T-Stoß von Zugstäben: Abhängig von den Abmessungen der Schrauben und der Stirnplatte können im Bereich der Stirnplattenkante Abstützkräfte K entstehen. Die Abstützkräfte K und die Zugkraft F stehen mit den Schraubenzugkräften im Gleichgewicht, siehe z. B. [4].

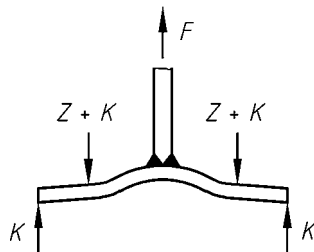


Bild 21 — T-Stoß

8.2 Verbindungen mit Schrauben oder Nieten

8.2.1 Nachweise der Tragsicherheit

8.2.1.1 Allgemeines

(802) Anwendungsbereich

Die in 8.2.1.2, Elemente 804 und 805, genannten Tragsicherheitsnachweise gelten für alle Ausführungsformen von Schraubenverbindungen nach Tabelle 6 und für Nietverbindungen.

Für Schraubenverbindungen mit zugbeanspruchten Schrauben darf das Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch nur dann angewendet werden, wenn

- keine Fließgelenke im Bereich der Verbindung auftreten oder
- im Bereich der Verbindung eine ausreichende Rotationskapazität nachgewiesen werden kann.

DIN 18800-1:2008-11**(803) Begrenzung der Anzahl von Schrauben und Nieten**

Bei unmittelbaren Laschen- und Stabanschlüssen dürfen in Krafrichtung hintereinander liegend höchstens 8 Schrauben oder Nieten für den Nachweis berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Bei kontinuierlicher Krafteinleitung ist eine obere Begrenzung nicht erforderlich.

8.2.1.2 Abscheren und Lochleibung**(804) Abscheren**

Die Grenzabscherkraft ist nach Gleichung (47) zu ermitteln.

$$V_{a,R,d} = A \cdot \tau_{a,R,d} = A \cdot \alpha_a \cdot f_{u,b,k} / \gamma_M \quad (47)$$

Dabei ist

$\alpha_a = 0,60$ für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6 und 8.8;

$\alpha_a = 0,55$ für Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9.

Als maßgebender Abscherquerschnitt A ist dabei einzusetzen

- der Schaftquerschnitt A_{Sch} , wenn der glatte Teil des Schaftes in der Scherfuge liegt, oder
- der Spannungsquerschnitt A_{Sp} , wenn der Gewindeteil des Schaftes in der Scherfuge liegt.

Es ist mit Bedingung (48) nachzuweisen, dass die vorhandene Abscherkraft V_a je Scherfuge und je Schraube die Grenzabscherkraft $V_{a,R,d}$ nicht überschreitet.

$$\frac{V_a}{V_{a,R,d}} \leq 1 \quad (48)$$

Beim Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch ist Element 808 zu beachten.

Bei einschnittigen ungestützten Verbindungen ist Element 807 zu beachten.

Die Grenzabscherkräfte der Schrauben einer Verbindung dürfen innerhalb eines Anschlusses addiert werden.

$\alpha_a = 0,60$ gilt auch für Bolzen aus Werkstoffen nach Tabelle 4.

Liegt bei Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 der Gewindeteil des Schaftes in der Scherfuge, so ist die Grenzabscherkraft um 20 % abzumindern. Es ist dann mit einem Beiwert $\alpha_a = 0,44$ zu rechnen.

Bei einschnittigen ungestützten Verbindungen ist $\gamma_M = 1,25$ anzusetzen.

ANMERKUNG 1 Der Faktor α_a resultiert aus dem Verhältnis Abscherfestigkeit zu Zugfestigkeit.

ANMERKUNG 2 Die Grenzabscherkraft einer zweischnittigen Schraubenverbindung, bei der in einer Scherfuge der Schaft- und in der anderen der Gewindequerschnitt liegt, ergibt sich beispielsweise als Summe der einzelnen Grenzabscherkräfte in den beiden Scherfugen.

(805) Lochleibung

Die Grenzlochleibungskraft ist nach Gleichung (49) zu ermitteln; sie gilt für Blechdicken $t \geq 3$ mm.

$$V_{I,R,d} = t \cdot d_{Sch} \cdot \sigma_{I,R,d} = t \cdot d_{Sch} \cdot \alpha_1 \cdot f_{y,k} / \gamma_M \quad (49)$$

Der Wert α_1 ist nach den Gleichungen (50a) bis (50d) zu berechnen. Dabei darf der Randabstand in Krafrichtung e_1 höchstens mit $3,0 d_L$ und der Lochabstand in Krafrichtung e höchstens mit $3,5 d_L$ in Rechnung gestellt werden.

- Für $e_2 \geq 1,5 d_L$ und $e_3 \geq 3,0 d_L$ gilt, wenn der Randabstand in Krafrichtung maßgebend ist,

$$\alpha_1 = 1,1 e_1 / d_L - 0,30 \quad (50a)$$

und, wenn der Lochabstand in Krafrichtung maßgebend ist,

$$\alpha_1 = 1,08 e / d_L - 0,77 . \quad (50b)$$

- Für $e_2 = 1,2 d_L$ und $e_3 = 2,4 d_L$ gilt, wenn der Randabstand in Krafrichtung maßgebend ist,

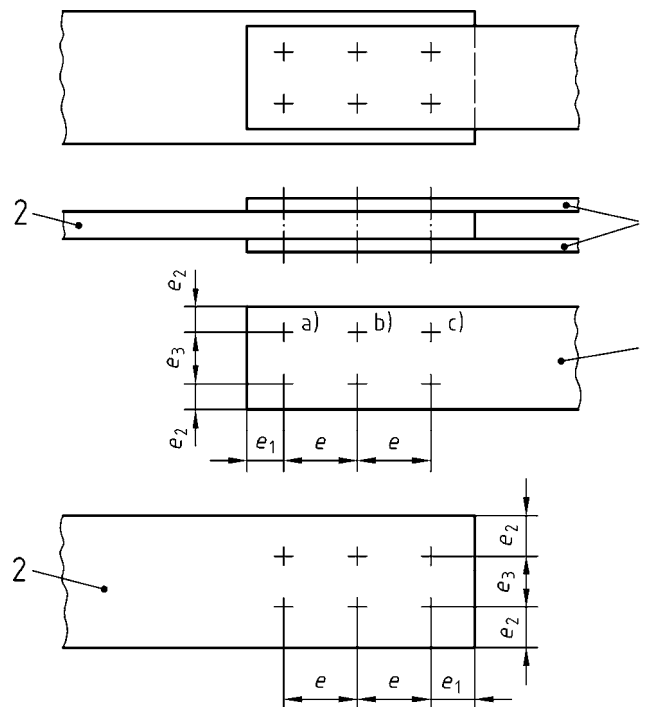
$$\alpha_1 = 0,73 e_1 / d_L - 0,20 \quad (50c)$$

und, wenn der Lochabstand in Krafrichtung maßgebend ist,

$$\alpha_1 = 0,72 e / d_L - 0,51 . \quad (50d)$$

Die Bezeichnungen für die Loch- und Randabstände sind Bild 22 zu entnehmen.

Für Zwischenwerte von e_2 und e_3 darf geradlinig interpoliert werden.

**Legende**

- 1 Außenlaschen
2 Innenlaschen

Bild 22 — Randabstände e_1 und e_2 und Lochabstände e und e_3

DIN 18800-1:2008-11

Die Grenzlochleibungskräfte der Schrauben einer Verbindung dürfen innerhalb eines Anschlusses addiert werden, wenn die einzelnen Schraubenkräfte beim Nachweis auf Abscheren berücksichtigt werden.

Sofern beim Tragsicherheitsnachweis des Nettoquerschnittes die Grenznormalspannung $\sigma_{R,d}$ des Bauteilwerkstoffes nach Gleichung (31) nicht erreicht wird, darf bei GV- und GVP-Verbindungen eine erhöhte Grenzlochleibungskraft $V_{l,R,d}$ eingesetzt werden:

$$V_{l,R,d} = \min \begin{cases} (\alpha_l + 0,5) t \cdot d_{Sch} \cdot f_{y,k} / \gamma_M \\ 3,0 t \cdot d_{Sch} \cdot f_{y,k} / \gamma_M \end{cases} \quad (51)$$

Es ist mit Bedingung (52) nachzuweisen, dass die vorhandene Lochleibungskraft V_l einer Schraube an einer Lochwandung die Grenzlochleibungskraft $V_{l,R,d}$ nicht überschreitet.

$$\frac{V_l}{V_{l,R,d}} \leq 1 \quad (52)$$

ANMERKUNG Für die von einer Schraube auf Lochleibung und Abscheren zu übertragenden Kräfte sind selbstverständlich die Gleichgewichtsbedingungen einzuhalten. Daraus folgt:

Für jede einzelne Schraube sind

- die Summe der Grenzabscherkräfte $V_{a,R,d}$, die Summe der für die maßgebenden Rand- und Lochabstände für eine Krafrichtung ermittelten Grenzlochleibungskräfte $V_{l,R,d}$ und
- die entsprechende Summe für die entgegengesetzte Krafrichtung

zu berechnen. Der Kleinstwert ist die Beanspruchbarkeit der betrachteten Schraube. Die Beanspruchbarkeit der Verbindung ist die Summe der Beanspruchbarkeiten der einzelnen Schrauben.

Für die Schraube *a* nach Bild 22 z. B. sind die Summe der Grenzabscherkräfte für die beiden Scherfugen, die Summe der Grenzlochleibungskräfte für die beiden Außenlaschen 1 mit dem Randabstand e_1 sowie die Grenzlochleibungskraft für die Innenlasche 2 mit dem Lochabstand e zu berechnen. Der kleinste Wert der drei berechneten Größen ist die Beanspruchbarkeit der Schraube *a*).

Im Allgemeinen ergeben sich nicht für alle Schrauben einer Verbindung dieselben Werte für die maßgebenden Grenzkkräfte. Dies ist gleichbedeutend mit einer ungleichmäßigen Aufteilung der Scherkraft der Verbindung (Beanspruchung der Verbindung) auf die einzelnen Schrauben. Mit der Annahme gleichmäßiger Aufteilung liegt man jedoch beim Nachweis immer auf der „sicheren Seite“.

(806) Senkschrauben und -niete

Bei der Berechnung der Grenzlochleibungskraft für Bauteile, die mit Senkschrauben oder -nieten verbunden sind, ist auf der Seite des Senkkopfes anstelle der Querschnittsteildicke der größere der beiden folgenden Werte einzusetzen: $0,8 t$ oder t_s (Bild 23).

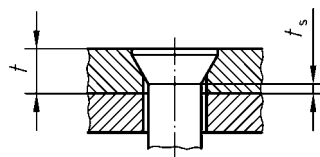


Bild 23 — Verbindung mit Senkschraube oder -niet

ANMERKUNG Bei Senkschrauben- und Senknietverbindungen treten infolge der Verdrehung des Senkkopfes größere gegenseitige Verschiebungen der Bauteile auf als bei Verbindungen mit Schrauben, Bolzen oder Nieten.

(807) Einschnittige ungestützte Verbindungen

Bei einschnittigen ungestützten Verbindungen mit nur einer Schraube in Krafrichtung muss anstelle von Bedingung (52) Bedingung (53) erfüllt sein.

$$V_l/V_{l,R,d} \leq 1/1,2 \quad (53)$$

Für die Randabstände gilt:

$$e_1 \geq 2,0 d_L \text{ und}$$

$$e_2 \geq 1,5 d_L$$

ANMERKUNG Die Gültigkeit des Nachweises der Verbindung für kleinere als die angegebenen Randabstände e_1 und e_2 ist nicht belegt.

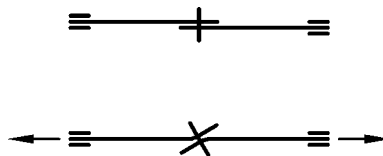


Bild 24 — Tragverhalten einschnittiger ungestützter Schraubenverbindungen

(808) Zusätzliche Bedingung für das Berechnungsverfahren Plastisch-Plastisch

Wenn

- die Schnittgrößen nach dem Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch berechnet und
- Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 oder 10.9 in SL-Verbindungen mit mehr als 1 mm Lochspiel verwendet werden und
- die Beanspruchbarkeit der Verbindung kleiner ist als die der anzuschließenden Querschnitte und
- der Ausnutzungsgrad auf Abscheren $V_a/V_{a,R,d} > 0,5$ ist,

muss für alle Schrauben der Verbindung Bedingung (54) erfüllt sein:

$$V_l/V_{l,R,d} \geq V_a/V_{a,R,d} \quad (54)$$

ANMERKUNG Durch Bedingung (54) wird abgesichert, dass in den genannten Verbindungen plastische Verformungen durch Ovalisierung der Schraubenlöcher und nicht durch Scherversatz der Schrauben entstehen, planmäßiges Tragen aller Schrauben erreicht wird und ausreichende Duktilität der Gesamtverbindung vorhanden ist.

8.2.1.3 Zug

(809) Die Grenzzugkraft von Gewindeteilen mit Gewindedurchmessern bis maximal M100 ist unter Berücksichtigung der nach Element (504) erforderlichen Einschraubtiefe nach Gleichung (55) zu ermitteln.

$$N_{R,d} = \min \begin{cases} A_{Sch} \cdot \sigma_{1,R,d} \\ A_{Sp} \cdot \sigma_{2,R,d} \end{cases} \quad (55)$$

DIN 18800-1:2008-11

Hierin bedeutet:

$$\sigma_{1,R,d} = f_{y,b,k} / (1,1 \gamma_M) \quad (56a)$$

$$\sigma_{2,R,d} = f_{u,b,k} / (1,25 \gamma_M) \quad (56b)$$

Für Gewindeteile, bei denen der gewindefreie, zugbeanspruchte Bereich nicht länger als $0,5d_{Sch}$ ist, ist in Gleichung (55) anstelle des Schaftquerschnittes A_{Sch} der Spannungsquerschnitt A_{Sp} einzusetzen, sofern dieser kleiner ist. Das gleiche gilt für Gewindeteile, wenn die beim Fließen auftretenden Verformungen nicht zulässig sind.

Es ist mit Bedingung (57) nachzuweisen, dass die in der Schraube vorhandene Zugkraft N die Grenzzugkraft $N_{R,d}$ nicht überschreitet.

$$\frac{N}{N_{R,d}} \leq 1 \quad (57)$$

ANMERKUNG 1 Die in der Schraube vorhandene Zugkraft ist z. B. die anteilig auf die Schraube entfallende Zugkraft, gegebenenfalls erhöht durch die Abstützkraft K nach Bild 21.

ANMERKUNG 2 Ist eine auf Zug beanspruchte Schraube Teil einer vorgespannten Verbindung, so ist beim Nachweis auf Zug die anteilige Vorspannkraft bei der Ermittlung von N nicht zu berücksichtigen.

8.2.1.4 Zug und Abscheren

(810) Für Beanspruchung von Schrauben auf Zug und Abscheren in gestützten Verbindungen ist der Tragsicherheitsnachweis nach 8.2.1.3, Element 809, und zusätzlich nach Bedingung (58) zu führen, wobei in Bedingung (58) für $N_{R,d}$ derjenige Querschnitt zugrunde zu legen ist, der in der Scherfuge liegt.

$$\left(\frac{N}{N_{R,d}} \right)^2 + \left(\frac{V_a}{V_{a,R,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (58)$$

Auf den Interaktionsnachweis darf verzichtet werden, wenn $N/N_{R,d}$ oder $V_a/V_{a,R,d}$ kleiner als 0,25 ist.

8.2.1.5 Betriebsfestigkeit

(811) Für den Betriebsfestigkeitsnachweis zugbeanspruchter Schrauben gilt 7.5.1, Element 741, wobei in den Bedingungen (25) und (26) für $\Delta\sigma$ die Spannungsschwingbreite im Spannungsquerschnitt einzusetzen ist.

Für Schrauben, die auf Abscheren beansprucht werden, gilt 7.5.1, Element 741, jedoch sind hier an die Stelle der Bedingungen (25) und (26) die Bedingungen (59a) und (59b) zu setzen.

$$\Delta\tau_a \leq 46 \text{ N/mm}^2 \quad (59a)$$

$$n \leq 10^8 (46/\Delta\tau_a)^5 \quad (59b)$$

Dabei ist

$\Delta\tau_a = \max \tau_a - \min \tau_a$ Scherspannungs-Schwingbreite im Schaftquerschnitt in N/mm^2 ;

46 N/mm^2 Dauerfestigkeit bei 10^8 Spannungsspielen;

n Anzahl der Spannungsspiele.

Bei schwingender Beanspruchung auf Abscheren darf das Gewinde nicht in die zu verbindenden Teile hineinreichen.

ANMERKUNG 1 Die Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ in den Bedingungen (25) und (26) bezieht sich bei planmäßig vorgespannten, zugbeanspruchten Schrauben auf die Schwingbreite der Schraubenkraft und nicht auf die der anteiligen Anschlusskraft.

ANMERKUNG 2 Die Bedingung (25) ist wegen des sehr geringen Wertes $\Delta\sigma$ für nichtplanmäßig vorgespannte Schrauben im Allgemeinen nicht erfüllbar.

8.2.2 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

(812) Für gleitfeste planmäßig vorgespannte Verbindungen (GV, GVP) ist mit Bedingung (60) nachzuweisen, dass die im Gebrauchstauglichkeitsnachweis auf eine Schraube in einer Scherfuge entfallende Kraft V_g die Grenzgleitkraft $V_{g,R,d}$ nach Gleichung (61) nicht überschreitet.

$$\frac{V_g}{V_{g,R,d}} \leq 1 \quad (60)$$

$$V_{g,R,d} = \mu \cdot F_v (1 - N/F_v) / (1,15 \gamma_M) \quad (61)$$

Dabei ist

μ	die Reibungszahl nach Vorbehandlung der Reibflächen nach DIN 18800-7;
F_v	die Vorspannkraft nach DIN 18800-7;
N	die anteilig auf die Schraube entfallende Zugkraft für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis.
γ_M	$\gamma_M = 1,0$

Es dürfen Reibungszahlen $\mu > 0,5$ verwendet werden, wenn sie belegt werden.

ANMERKUNG 1 Für nicht zugbeanspruchte Schrauben folgt: $V_{g,R,d} = \mu \cdot F_v / (1,15 \gamma_M)$.

ANMERKUNG 2 Zugkräfte in vorgespannten Verbindungen reduzieren die Klemmkraft zwischen den Berührungsflächen, so dass die Gleitlasten ebenfalls reduziert werden.

ANMERKUNG 3 Der Faktor 1,15 ist ein Korrekturfaktor. Die Zugbeanspruchung aus äußerer Belastung wird rechnerisch ausschließlich den Schrauben zugewiesen, das heißt, der tatsächlich eintretende Abbau der Klemmkraft in den Berührungsflächen der zu verbindenden Bauteile sowie die Vergrößerung der Pressung in den Auflageflächen von Schraubenkopf und Mutter werden nicht berücksichtigt.

8.2.3 Verformungen

(813) Muss nach 7.4, Element 733, der Schlupf von Schraubenverbindungen bei der Tragwerksverformung berücksichtigt werden, ist er mit dem 1,0fachen Nennlochspiel Δd nach Tabelle 6 anzusetzen. Dabei ist von deckungsgleichen Löchern auszugehen.

8.3 Augenstäbe und Bolzen

(814) Grenzabmessungen

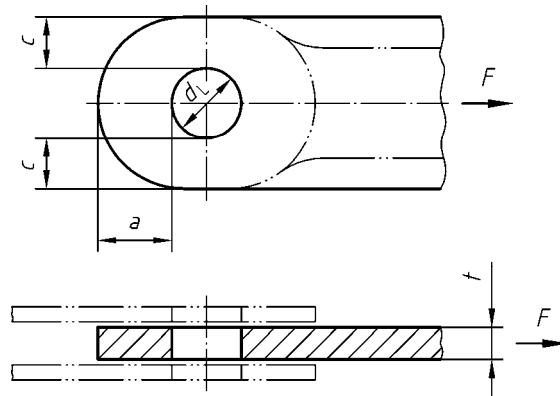
Falls für Bolzen mit einem Lochspiel $\Delta d \leq 0,1 d_L$, höchstens jedoch 3 mm, auf einen genaueren Tragsicherheitsnachweis verzichtet wird, müssen die Grenzabmessungen (Mindestwerte) der Augenstäbe nach Form A oder Form B eingehalten werden.

DIN 18800-1:2008-11

Form A nach Bild 25:

$$\text{grenz } a = \frac{F}{2 t \cdot f_{y,k} / \gamma_M} + \frac{2}{3} d_L \quad (62)$$

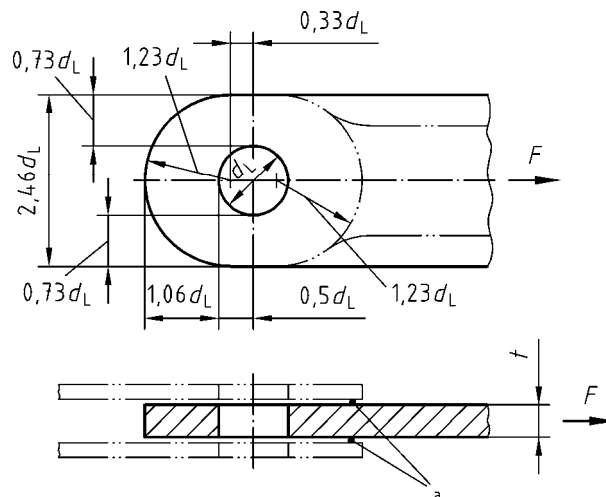
$$\text{grenz } c = \frac{F}{2 t \cdot f_{y,k} / \gamma_M} + \frac{1}{3} d_L \quad (63)$$

**Bild 25 — Augenstababmessungen Form A**

Form B nach Bild 26:

$$\text{grenz } t = 0,7 \sqrt{\frac{F}{f_{y,k} / \gamma_M}} \quad (64)$$

$$\text{grenz } d_L = 2,5 \text{ grenz } t \quad (65)$$

^a Laschenspiel**Bild 26 — Augenstababmessungen Form B**

(815) Grenzscherkraft

Der Nachweis auf Abscheren ist nach 8.2.1.2, Element 804, zu führen

(816) Grenzlochleibungskraft

Falls auf eine genauere Berechnung verzichtet wird, ist der Nachweis mit Bedingung (52) zu führen.

Für Bolzen mit einem Lochspiel $\Delta d \leq 0,1 d_L$, höchstens jedoch 3 mm, ist dabei die Grenzlochleibungskraft wie folgt zu ermitteln:

$$V_{I,R,d} = t \cdot d_{Sch} \cdot 1,5 f_{y,k} / \gamma_M \quad (66)$$

(817) Grenzbiegemoment

Für Bolzen mit einem Lochspiel $\Delta d \leq 0,1 d_L$, höchstens jedoch 3 mm, ist das Grenzbiegemoment wie folgt zu ermitteln:

$$M_{R,d} = W_{Sch} \cdot \frac{f_{y,b,k}}{1,25 \cdot \gamma_M} \quad (67)$$

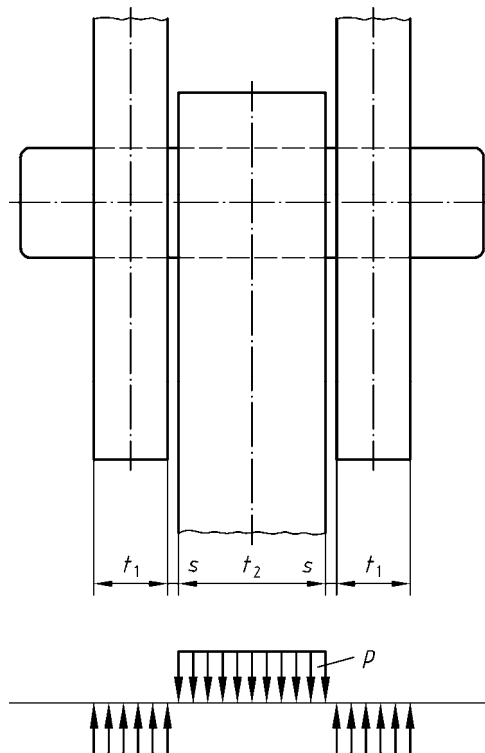
Dabei ist

W_{Sch} Widerstandsmoment des Bolzenschaftes.

Falls auf eine genauere Berechnung verzichtet wird, ist mit Bedingung (68) nachzuweisen, dass das vorhandene Biegemoment M das Grenzbiegemoment $M_{R,d}$ nicht überschreitet.

$$\frac{M}{M_{R,d}} \leq 1 \quad (68)$$

ANMERKUNG Ein auf der sicheren Seite liegendes Beispiel für die Ermittlung des Biegemomentes in einem Bolzen ist in Bild 27 dargestellt.

DIN 18800-1:2008-11

$$\max M = \frac{p \cdot t_2}{8} (t_2 + 4 s + 2 t_1)$$

Bild 27 — Ermittlung des Biegemomentes in einem Bolzen**(818) Biegung und Abscheren**

Es ist nachzuweisen, dass in den maßgebenden Schnitten Bedingung (69) eingehalten ist.

$$\left(\frac{M}{M_{R,d}} \right)^2 + \left(\frac{V_a}{V_{a,R,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (69)$$

Auf den Interaktionsnachweis darf verzichtet werden, wenn $M/M_{R,d}$ oder $V_a/V_{a,R,d}$ kleiner als 0,25 ist.

8.4 Verbindungen mit Schweißnähten**8.4.1 Verbindungen mit Lichtbogenschweißen****8.4.1.1 Maße und Querschnittswerte****(819) Rechnerische Schweißnahtdicke a**

Die rechnerische Schweißnahtdicke a für verschiedene Nahtarten ist Tabelle 19 zu entnehmen. Andere als die dort aufgeführten Nahtarten sind sinngemäß einzuordnen.

(820) Rechnerische Schweißnahtlänge l

Die rechnerische Schweißnahtlänge l einer Naht ist ihre geometrische Länge. Für Kehlnähte ist sie die Länge der Wurzellinie. Kehlnähte dürfen beim Nachweis nur berücksichtigt werden, wenn $l \geq 6,0 a$, mindestens jedoch 30 mm, ist.

ANMERKUNG Größte Nahtlänge siehe Element 823.

(821) Rechnerische Schweißnahtfläche A_w

Die rechnerische Schweißnahtfläche A_w ist

$$A_w = \sum a \cdot l \quad (70)$$

Beim Nachweis sind nur die Flächen derjenigen Schweißnähte anzusetzen, die aufgrund ihrer Lage vorzugsweise imstande sind, die vorhandenen Schnittgrößen in der Verbindung zu übertragen.

(822) Rechnerische Schweißnahtlage

Für Kehlnähte ist die Schweißnahtfläche konzentriert in der Wurzellinie anzunehmen.

(823) Unmittelbarer Stabanschluss

In unmittelbaren Laschen- und Stabanschlüssen darf als rechnerische Schweißnahtlänge l der einzelnen Flankenkehlnähte bei Bauteilen aus den Stahlsorten nach Spalte 4 bis 6 von Tabelle 21 höchstens 150 a und bei Stahlsorten nach Spalte 7 höchstens 100 a angesetzt werden.

Wenn die rechnerische Schweißnahtlänge nach Tabelle 20 bestimmt wird, dürfen die Momente aus den Außermittigkeiten des Schweißnahtschwerpunktes zur Stabachse unberücksichtigt bleiben. Das gilt auch dann, wenn andere als Winkelprofile angeschlossen werden.

In unmittelbaren Laschen- und Stabanschlüssen mit Bauteilen aus den Stahlsorten S420, S450 und S460 darf für die rechnerische Schweißnahtlänge maximal 100 a angesetzt werden.

ANMERKUNG 1 Mindestnahtlänge siehe Element 820.

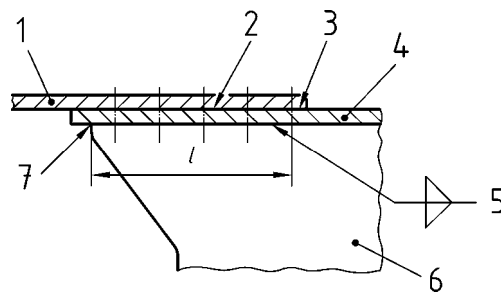
ANMERKUNG 2 Bei kontinuierlicher Krafteinleitung über die Schweißnaht ist eine obere Begrenzung nicht erforderlich.

(824) Mittelbarer Anschluss

Bei zusammengesetzten Querschnitten ist auch die Schweißverbindung zwischen mittelbar und unmittelbar angeschlossenen Querschnittsteilen nachzuweisen.

Wenn Teile von Querschnitten im Anschlussbereich von Stäben zur Aufnahme von Schnittgrößen nicht erforderlich sind, brauchen deren Anschlüsse in der Regel nicht nachgewiesen zu werden.

ANMERKUNG Ein Beispiel für eine Schweißverbindung zwischen dem unmittelbar (Flansch) und dem mittelbar angeschlossenen Querschnittsteil (Steg) ist in Bild 28 dargestellt. Diese Schweißverbindung wird in diesem Fall mittelbarer Anschluss genannt. Als rechnerische Nahtlänge des mittelbaren Anschlusses gilt die Nahtlänge l vom Beginn des unmittelbaren Anschlusses bis zum Ende des mittelbaren Anschlusses.

DIN 18800-1:2008-11**Legende**

- 1 Knotenblech
- 2 Unmittelbarer Anschluss Flansch-Knotenblech (geschraubt)
- 3 Beginn des unmittelbaren Anschlusses
- 4 Flansch (= unmittelbar angeschlossener Querschnittsteil)
- 5 mittelbarer Anschluss Steg - Flansch (geschweißt)
- 6 Steg (= mittelbar angeschlossener Querschnittsteil)
- 7 Ende des mittelbaren Anschlusses

Bild 28 — Mittelbarer Anschluss bei zusammengesetzten Querschnitten**8.4.1.2 Schweißnahtspannungen****(825) Nachweis für Schweißnähte nach Tabelle 19**

Für Schweißnähte nach Tabelle 19 ist mit Bedingung (71) nachzuweisen, dass der Vergleichswert $\sigma_{w,v}$ der vorhandenen Schweißnahtspannungen (z. B. nach Bild 29), die Grenzschweißnahtspannung $\sigma_{w,R,d}$ nicht überschreitet.

$$\frac{\sigma_{w,v}}{\sigma_{w,R,d}} \leq 1 \quad (71)$$

mit

$$\sigma_{w,v} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \quad (72)$$

und $\sigma_{w,R,d}$ nach 8.4.1.3, Elemente 829 und 830.

Die Schweißnahtspannung $\sigma_{\parallel}$ in Richtung der Schweißnaht braucht nicht berücksichtigt zu werden.

Tabelle 19 — Rechnerische Schweißnahtdicken a

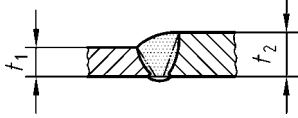
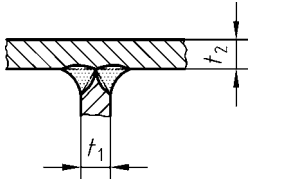
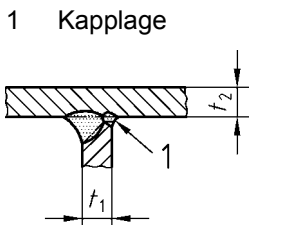
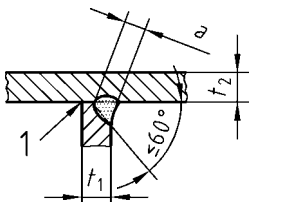
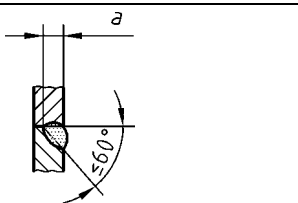
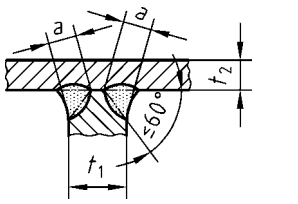
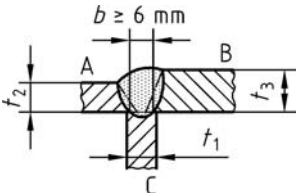
	1		2	3
	Nahtart ^a		Bild	Rechnerische Nahtdicke a
1	Durch- oder gegengeschweißte Nähte	Stumpfnah		$a = t_1$
2		D(oppel)HV-Naht (K-Naht)		$a = t_1$
3		HV-Naht	1 Kapplage 	
4			Wurzel durchgeschweiß	
5	Nicht durchgeschweißte Nähte	HY-Naht mit Kehlnaht ^b	1 eventuell Kapplage 	Die Nahtdicke a ist gleich dem Abstand vom theoretischen Wurzelpunkt zur Nahtoberfläche
6		HY-Naht ^b		
7		D(oppel)HY-Naht mit Doppelkehlnaht ^b		

Tabelle 19 (fortgesetzt)

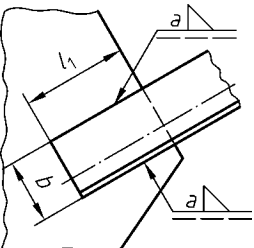
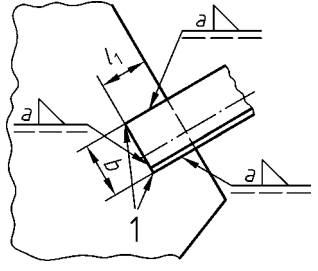
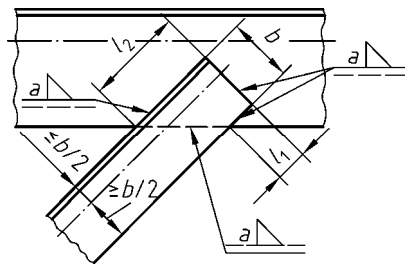
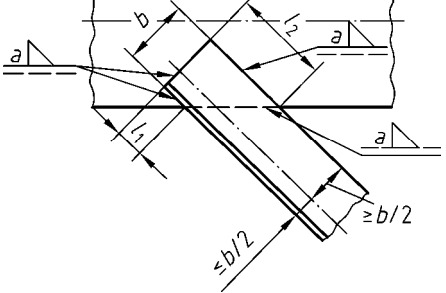
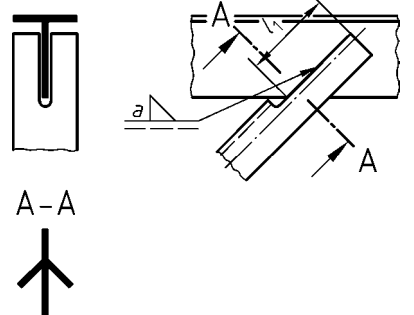
	1		2	3
	Nahtart ^a		Bild	Rechnerische Nahtdicke ^a
8	Nicht durchgeschweißte Nähte	D(oppel)HY-Naht ^b		Die Nahtdicke a ist gleich dem Abstand vom theoretischen Wurzelpunkt zur Nahtoberfläche
9		Doppel I - Naht ohne Nahtvorbereitung (Vollmechanische Naht)		Nahtdicke a mit Verfahrensprüfung festlegen. Spalt b ist verfahrensabhängig UP-Schweißung: $b = 0$
10	Kehlnähte	Kehlnaht	1 theoretischer Wurzelpunkt 	Nahtdicke ist gleich der bis zum theoretischen Wurzelpunkt gemessenen Höhe des einschreibbaren gleichschenkligen Dreiecks
11		Doppelkehlnaht	1 theoretischer Wurzelpunkt 	
12		Kehlnaht	1 theoretischer Wurzelpunkt 	$a = \bar{a} + e$ entspricht Nahtdicke a nach Zeile 10 und 11 mit Verfahrensprüfung festlegen (siehe DIN 18800-7)
13		Doppelkehlnaht	1 theoretischer Wurzelpunkt 	

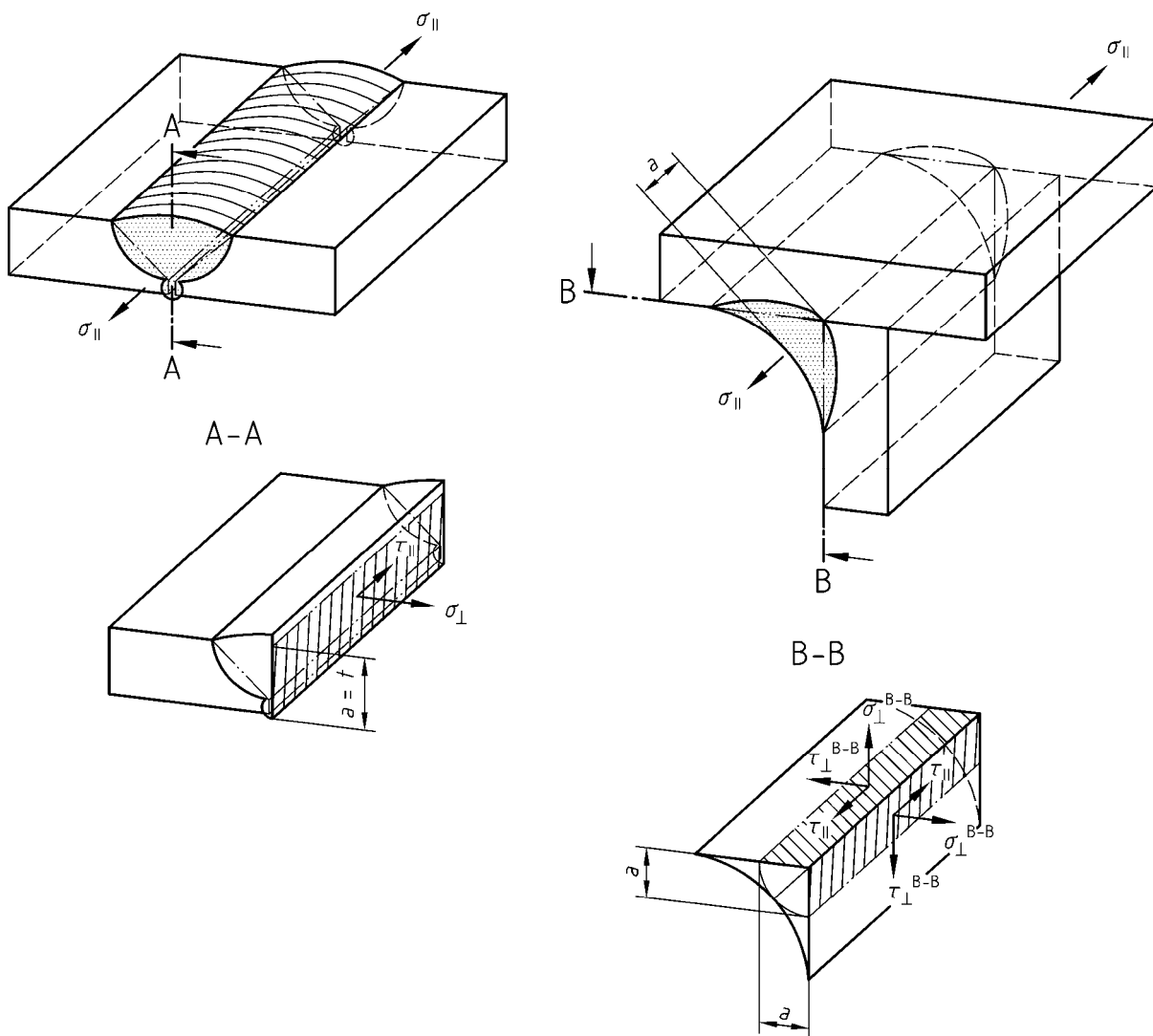
Tabelle 19 — (fortgesetzt)

	1	2	3	
	Nahtart ^a	Bild	Rechnerische Nahtdicke <i>a</i>	
14	Dreiblechnaht Steifflankennaht		Kraft- übertra- gung	<i>a</i> = <i>t</i> ₂ für <i>t</i> ₂ < <i>t</i> ₃
15				Von C nach A und B <i>a</i> = <i>b</i>
^a Ausführung nach DIN 18800-7. Bei Nähten nach Zeilen 5 bis 8 mit einem Öffnungswinkel < 45° ist das rechnerische <i>a</i> -Maß um 2 mm zu vermindern oder durch eine Verfahrensprüfung festzulegen. Ausgenommen hiervon sind Nähte, die in Position <i>w</i> (Wannenposition) und <i>h</i> (Horizontalposition) mit Schutzgasschweißung ausgeführt werden.				

DIN 18800-1:2008-11

Tabelle 20 — Rechnerische Schweißnahtlängen Σl bei unmittelbaren Stabanschlüssen

	1	2	3
	Nahtart	Bild	Rechnerische Nahtlänge Σl
1	Flankenkehlnähte		$\Sigma l = 2 l_1$
2	Stirn- und Flankenkehlnähte	 1 Endkrater unzulässig	$\Sigma l = b + 2 l_1$
3	Ringsumlaufende Kehlnaht - Schwerachse näher zur längeren Naht		$\Sigma l = l_1 + l_2 + 2 b$
4	Ringsumlaufende Kehlnaht - Schwerachse näher zur kürzeren Naht		$\Sigma l = 2 l_1 + 2 b$
5	Kehlnaht oder HV-Naht bei geschlitztem Winkelprofil		$\Sigma l = 2 l_1$



ANMERKUNG Zur Definition von a siehe Tabelle 19, Zeilen 10 und 11.

- a) Schweißnahtspannungen in Stumpfnähten b) Schweißnahtspannungen in Kehlnähten

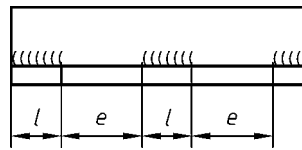
Bild 29 — Schweißnahtspannungen in Stumpfnähten und in Kehlnähten

(826) Schweißnahtschubspannungen bei Biegeträgern

Die Schweißnahtschubspannungen $\tau_{||}$ in Längsnähten von Biegeträgern ist nach Gleichung (73) zu berechnen.

$$\tau_{||} = \frac{V \cdot S}{I \cdot \sum a} \quad (73)$$

Bei unterbrochenen Nähten nach Bild 30 ist sie mit dem Faktor $(e + l)/l$ zu erhöhen.

DIN 18800-1:2008-11**Bild 30 — Zur Berechnung von Schweißnahtschubspannungen $\tau_{\parallel}$ in unterbrochenen Längsnähten**

ANMERKUNG Regelungen für unterbrochene Nähte zur Verbindung gedrückter Bauteile enthält DIN 18800-3.

(827) Exzentrisch beanspruchte Nähte

Bei exzentrisch beanspruchten Nähten ist die Exzentrizität rechnerisch zu berücksichtigen, wenn die angeschlossenen Teile ungestützt sind.

(828) Nichttragende Schweißnähte

Nähte, die – z. B. wegen erswerter Zugänglichkeit – nicht einwandfrei ausgeführt werden können, dürfen bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden.

8.4.1.3 Grenzsweißnahtspannungen**(829) $\sigma_{w,R,d}$ für alle Nähte**

Die Grenzsweißnahtspannung $\sigma_{w,R,d}$ ist mit $f_{y,k}$ nach Tabelle 1, Zeile 1, 3 oder 5 und α_w nach Tabelle 21 mit Gleichung (74) zu ermitteln.

$$\sigma_{w,R,d} = \alpha_w \cdot f_{y,k} / \gamma_M \quad (74)$$

Für Schweißnähte in Bauteilen mit Erzeugnisdicken über 40 mm gilt hier jeweils als charakteristischer Wert der Streckgrenze $f_{y,k}$ der Wert für Erzeugnisdicken bis 40 mm.

(830) entfällt

Gleichung (75) entfällt.

Tabelle 21 — α_w -Werte für Grenzsweißnahtspannungen

	1	2	3	4	5	6	7
	Nähte nach Tabelle 19	Nahtgüte	Bean- spruchungs art	S235 GS200, GS240, G17Mn5+QT	S275, P275	S355, P355 G20Mn5+N, G20Mn5+QT	S420, S450, S460
1	Zeilen 1 bis 4	alle Nahtgüten	Druck	1,0 ^a	1,0 ^a	1,0 ^a	1,0 ^a
2		Nahtgüte nachgewiesen	Zug, Schub				
3		Nahtgüte nicht nachgewiesen					
4	Zeilen 5 bis 15	alle Nahtgüten	Druck, Zug, Schub	0,95	0,85	0,80	0,70
^a Diese Nähte brauchen im Allgemeinen rechnerisch nicht nachgewiesen zu werden, da der Bauteilwiderstand maßgebend ist.							

8.4.1.4 Sonderregelungen für Tragsicherheitsnachweise nach den Verfahren Elastisch-Plastisch und Plastisch-Plastisch

(831) Nicht erlaubte Schweißnähte

Werden die Schnittgrößen nach dem Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch mit Umlagerung von Momenten nach 7.5.3, Element 754, oder dem Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch ermittelt, so dürfen die Schweißnähte nach Tabelle 19, Zeilen 5, 6, 10, 12 und 15, in Bereichen von Fließgelenken nicht verwendet werden, wenn sie durch Spannungen $\sigma_{\perp}$ oder $\tau_{\perp}$ beansprucht werden. Dies gilt auch für Nähte nach Zeile 4, wenn diese Nähte nicht prüfbar sind, es sei denn, dass durch eine entsprechende Überhöhung (Kehlnaht) das mögliche Defizit ausgeglichen ist.

Bei Bauteilen aus Stahlguss sind in den Beanspruchungszonen H und M nach Tabelle 0 Schweißverbindungen mit nicht durchgeschweißten Nähten (siehe Zeilen 5 bis 15 von Tabelle 19) nicht zulässig.

ANMERKUNG Schweißverbindungen in den Beanspruchungszonen H und M sind mit voll durchgeschweißten Nähten (vgl. Zeilen 1 bis 4 von Tabelle 19) auszuführen. In der Beanspruchungszone N sind auch nicht durchgeschweißte Nähte (vgl. Zeilen 5 bis 15 von Tabelle 19) zulässig.

(832) Schweißnähte mit Nachweis der Nahtgüte

Werden die Schnittgrößen nach dem Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch mit Umlagerung von Momenten nach 7.5.3, Element 754, oder dem Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch ermittelt, so darf bei Schweißnähten nach Tabelle 19, Zeilen 1 bis 4, der Tragsicherheitsnachweis nach 7.5.4, Element 759, entfallen, sofern bei Zugbeanspruchung die Nahtgüte nachgewiesen wird.

(833) Anschluss oder Querstoß von Walzträgern mit I-Querschnitt und I-Trägern mit ähnlichen Abmessungen

Der Anschluss oder Querstoß eines Walzträgers mit I-Querschnitt oder eines I-Trägers mit ähnlichen Abmessungen darf ohne weiteren Tragsicherheitsnachweis nach Bild 31 und Tabelle 22 ausgeführt werden.

Für die Stahlauswahl ist 4.1, Element 403, zu beachten.

ANMERKUNG 1 Diese Regelung gilt für alle Nachweisverfahren nach Tabelle 11.

ANMERKUNG 2 Walzträger sind hier warmgewalzte Träger mit I-Querschnitt nach den Normen der Reihe DIN 1025; I-Träger mit ähnlichen Abmessungen sind geschweißte Träger, die in ihrer Form und in ihren Abmessungen nur unwesentlich von den Walzträgern nach den Normen der Reihe DIN 1025 abweichen.

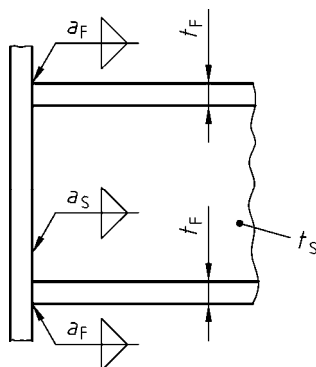


Bild 31 — Trägeranschluss oder -querstoß ohne weiteren Tragsicherheitsnachweis

DIN 18800-1:2008-11**Tabelle 22 — Erforderliche Nahtdicken beim Anschluss nach Bild 31**

Stahlsorte	Wurzelmaß	
S235	$a_F \geq 0,5t_F$	$a_S \geq 0,5t_S$
S275, P275	$a_F \geq 0,6t_F$	$a_S \geq 0,6t_S$
S355, P355	$a_F \geq 0,7t_F$	$a_S \geq 0,7t_S$
S420	$a_F \geq 0,8t_F$	$a_S \geq 0,8t_S$
S450	$a_F \geq 0,8t_F$	$a_S \geq 0,8t_S$
S460	$a_F \geq 0,9t_F$	$a_S \geq 0,9t_S$

8.4.2 Andere Schweißverfahren**(834) Gasschweißen, Laserstrahlschweißen und Widerstandspunktschweißen**

Bei Bauteilen mit vorwiegend ruhender Beanspruchung ist die Anwendung des Gasschweißens, Widerstandspunktschweißens sowie für die Nahtarten 1, 2 und 4 nach Tabelle 19 des Laserstrahlschweißens zulässig. Für das Gasschweißen gelten die Ausführungen nach 8.4.1 sinngemäß. Für das Widerstandspunktschweißen gelten die Regelungen in DAST – Richtlinie 016. Für das Laserstrahlschweißen müssen die Schweißnähte den Anforderungen der Zeilen 1 und 2 der Tabelle 21 entsprechen und brauchen gemäß zugehöriger Fußnote rechnerisch nicht nachgewiesen zu werden.

(835) Bolzenschweißen

Für Kopfbolzen (Bolzentyp SD), Stifte (Bolzentyp UD, und US) und Gewindebolzen (Bolzentyp ID, PD, RD, IS und PS) nach DIN EN ISO 13918 gelten bei Anwendung der Bolzenschweißprozesse Hubzündungs – Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit – Bolzenschweißen mit Hubzündung die Grenzspannungen nach den Gleichungen (76) und (77) sowohl für die Schweißnaht als auch für den Bolzen.

$$\sigma_{b,R,d} = f_{y,b,k} / \gamma_M \quad (76)$$

$$\tau_{b,R,d} = 0,7 f_{y,b,k} / \gamma_M \quad (77)$$

mit $f_{y,b,k}$ nach Tabelle 4.

Die Bezugsfläche ist bei Kopfbolzen der Schaftquerschnitt und bei Gewindebolzen der Spannungsquerschnitt.

8.5 Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel

(836) Werden verschiedene Verbindungsmittel in einem Anschluss oder Stoß verwendet, ist auf die Verträglichkeit der Formänderungen zu achten.

Gemeinsame Kraftübertragung darf angenommen werden bei

- Nieten und Passschrauben oder
- GVP-Verbindungen und Schweißnähten oder
- Schweißnähten in einem oder in beiden Gurten und Niete oder Passschrauben in allen übrigen Querschnittsteilen bei vorwiegender Beanspruchung durch Biegemomente M_y .

Die Grenzschnittgrößen ergeben sich in diesen Fällen durch Addition der Grenzschnittgrößen der einzelnen Verbindungsmittel.

SL- und SLV-Verbindungen dürfen nicht mit SLP-, SLVP-, GVP- und Schweißnahtverbindungen zur gemeinsamen Kraftübertragung herangezogen werden.

8.6 Druckübertragung durch Kontakt

(837) Druckkräfte normal zur Kontaktfuge dürfen vollständig durch Kontakt übertragen werden, wenn seitliches Ausweichen der Bauteile am Kontaktstoß ausgeschlossen ist.

Die Grenzdruckspannungen in der Kontaktfuge sind gleich denen des Werkstoffes der gestoßenen Bauteile.

Beim Nachweis der zu stoßenden Bauteile müssen Verformungen, Toleranzen und eventuelles Bilden einer klaffenden Fuge berücksichtigt werden.

Die ausreichende Sicherung der gegenseitigen Lage der Bauteile ist nachzuweisen. Dabei dürfen Reibungskräfte nicht berücksichtigt werden.

In Querschnittsteilen mit Dicken t von 10 mm bis 30 mm aus den Stahlsorten S235, S275 oder S355, die durch Doppelkehlnähte an Stirnplatten angeschlossen sind, genügt für die Druckübertragung die rechnerische Schweißnahtdicke $a = 0,15 t$, wenn die als Stegabstand bezeichnete Spaltbreite h zwischen Querschnittsteil und Stirnplatte nicht größer als 2,0 mm ist. Sofern in diesem Anschluss des Profils gleichzeitig auch Querkkräfte zu übertragen sind, muss die Übertragung der Druckspannungen und der Schubspannungen unterschiedlichen Querschnittsteilen zugewiesen werden. Die Schweißnahtbemessung für die Querkraftübertragung ist nach 8.4 vorzunehmen. Für die zur Übertragung der Druckspannungen und die zur Übertragung der Schubspannungen aus der Querkraft herangezogenen Kehl­nähte ist einheitlich der größere Wert der aus den beiden Nachweisen ermittelten Schweißnahtdicke anzusetzen. Sofern in dem Anschluss des Profils auch Zugspannungen übertragen werden, ist dafür die Schweißnahtbemessung nach 8.4 vorzunehmen.

ANMERKUNG 1 Verformungen können hierbei Vorverformungen, elastische Verformungen und lokale plastische Verformungen sein.

ANMERKUNG 2 Toleranzen können einen Versatz in der Schwerlinie von Querschnittsteilen bewirken.

ANMERKUNG 3 Hinweise können der Literatur entnommen werden, z. B. [2] und [3].

9 Beanspruchbarkeit hochfester Zugglieder beim Nachweis der Tragsicherheit

9.1 Allgemeines

(901) Beanspruchbarkeiten von Zuggliedern, Verankerungen, Umlenklagern, Klemmen und Schellen sind durch Versuche zu ermitteln, wenn im Folgenden keine anderen Regeln gegeben sind.

Die Prüfkörper müssen mit der Ausführung im Bauwerk übereinstimmen.

ANMERKUNG Auch scheinbar geringe konstruktive Unterschiede können die Beanspruchbarkeit nachhaltig beeinflussen.

DIN 18800-1:2008-11**9.2 Hochfeste Zugglieder und ihre Verankerungen****9.2.1 Tragsicherheitsnachweise**

(902) Es ist mit Bedingung (78) nachzuweisen, dass die vorhandene Zugkraft Z die Grenzzugkraft $Z_{R,d}$ nicht überschreitet.

$$\frac{Z}{Z_{R,d}} \leq 1 \quad (78)$$

9.2.2 Beanspruchbarkeit von hochfesten Zuggliedern**(903) Grenzzugkraft**

Die Grenzzugkraft hochfester Zugglieder ist mit Gleichung (79) zu ermitteln.

$$Z_{R,d} = \min \begin{cases} Z_{B,k} / (1,5 \gamma_M) \\ Z_{D,k} / (1,0 \gamma_M) \end{cases} \quad (79)$$

Dabei ist

$Z_{B,k}$ die Bruchkraft nach Element 904 oder 905;

$Z_{D,k}$ die Dehnkraft nach Element 906.

ANMERKUNG Bei hochfesten Zuggliedern wird im Allgemeinen gegenüber der Bruchkraft $Z_{B,k}$ abgesichert. Bei Seilen kann aber auch die Dehnkraft $Z_{D,k}$ maßgebend werden.

(904) Durch Versuch bestimmte Bruchkraft

Wird die Bruchkraft von hochfesten Zuggliedern durch Versuche bestimmt (wirkliche Bruchkraft), ist eine ausreichende Zahl von Eignungs- oder Überwachungsversuchen zwischen den am Bau Beteiligten zu vereinbaren. Die Versuche sind von oder unter Aufsicht einer anerkannten Prüfstelle durchzuführen oder zu überwachen und zu bescheinigen. Die Probestücke müssen derjenigen Lieferung entnommen werden, die für das Bauwerk, für das der Nachweis erbracht wird, bestimmt ist. Sie müssen mindestens an einem Ende mit der für das Bauwerk vorgesehenen Verankerung und Lagerung versehen sein.

Bei Eignungsversuchen ist als charakteristischer Wert der wirklichen Bruchkraft vers $Z_{B,k}$ die 5 %-Fraktile der Versuchswerte zu verwenden.

Bei Überwachungsversuchen muss mindestens die durch Rechnung ermittelte Bruchkraft nach Element 905 erreicht werden.

ANMERKUNG Der Versuchswert vers $Z_{B,k}$ wird in DIN EN 12385-2 wirkliche Bruchkraft genannt. Bei der Ermittlung der 5 %-Fraktile dürfen Vorinformationen zwecks Reduzierung des Versuchsumfanges benutzt werden (vergleiche z. B. [9]).

(905) Durch Rechnung ermittelte Bruchkraft

Die Bruchkraft darf nach Gleichung (80) ermittelt werden.

$$\text{cal } Z_{B,k} = k_e F_{\min} \quad (80)$$

Dabei ist

k_e der Verlustfaktor nach Tabelle 24;

$F_{\min}$ die Mindestbruchkraft nach DIN EN 12385-1.

Tabelle 23 — Verseilfaktoren k_S

	1	2	3	4
			Verseilfaktor k_S	
	Art des hochfesten Zuggliedes nach Element 523		Anzahl der um den Kerndraht angeordneten Drahtlagen	
		1	2	≥ 3
1	Offene Spiralseile	0,90	0,88	0,87
2	Vollverschlossene Spiralseile	—		0,95
3	Rundlitzenseile mit Stahleinlage			
4	Zugglieder aus Spannstählen	1,00		

Tabelle 24 — Verlustfaktor k_e

	1	2	3
	Art der Verankerung	nach Norm	Verlustfaktor k_e
1	Verguss mit Metall oder Kunstharz	DIN EN 13411-4	1,00
2	Pressklemmen	DIN EN 13411-3	0,90
3	Drahtseilklemmen mit U-förmigem Klemmbügel	DIN EN 13411-5	0,80

ANMERKUNG 1 Typische Werte für die Mindestbruchkraft von vollverschlossenen Spiralseilen und Spirallitzenseilen werden als Anhaltswerte in DIN EN 12385-10 angegeben. Als Alternative besteht die Möglichkeit, solche Anhaltswerte mit $F_{\min} = A_m f_{u,k} k_S$ mit A_m nach Gleichung (81), $f_{u,k}$ nach Element 425 und k_S nach Tabelle 23 zu ermitteln. Dies kann nur zu einer Abschätzung dienen und ersetzt nicht den Nachweis der Mindestbruchkraft $F_{\min}$ nach DIN EN 12385-1.

DIN 18800-1:2008-11

ANMERKUNG 2 Der metallische Querschnitt A_m ist die Summe der Querschnitte aller Drähte bzw. Spanndrähte oder Spannstäbe.

$$A_m = f \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \quad (81)$$

Hierin ist d der Nenndurchmesser des umschreibenden Kreises und der Füllfaktor f das Verhältnis des metallischen Querschnittes zum Flächeninhalt des umschreibenden Kreises, siehe Tabelle 10.

ANMERKUNG 3 Der charakteristische Wert der Zugfestigkeit der Drähte wird in den einschlägigen Seilnormen auch als Nennfestigkeit bezeichnet.

ANMERKUNG 4 Der Verseilfaktor k_s berücksichtigt den Einfluss des Verseilens auf die Bruchkraft ohne den Einfluss der Verankerung.

ANMERKUNG 5 Der Verlustfaktor k_e berücksichtigt den Einfluss der Verankerung auf die Bruchkraft.

(906) Dehnkraft von Seilen

Die Dehnkraft (0,2%-Dehngrenze) von Seilen ist durch Versuche unter Beachtung der Belastungsgeschichte und des eventuellen Vorreckens zu bestimmen. Als charakteristischer Wert vers $Z_{D,k}$ der Dehnkraft ist die 5%-Fraktile der Versuchswerte vers Z_D zu verwenden.

4.3.5, Element 426, ist zu beachten.

ANMERKUNG Die Dehnkraft ist kein Maß für die Sicherheit des Seiles selbst. Die Forderung ausreichender Sicherheit gegen die 0,2%-Dehngrenze bedeutet lediglich, dass sich das Seil auch unter – kurzzeitig wirkend gedachter – γ_F -facher Belastung elastisch verhält und sich somit keine Lastumlagerung auf andere Bauteile ergibt. Bei voll verschlossenen Spiralseilen ist die Dehnkraft $\geq 0,66 \cdot$ Bruchkraft und deshalb für den Nachweis nicht maßgebend.

9.2.3 Beanspruchbarkeit von Verankerungsköpfen**(907) Allgemeines**

Die Beanspruchbarkeit von Verankerungsköpfen ist durch Versuch oder Berechnung zu bestimmen.

(908) Berechnung der Grenzfließkraft

Bei der Berechnung der Grenzfließkraft sind Verankerungsköpfe als dickwandige Rohre mit Innendruck anzunehmen. Es ist mit den Bedingungen (82) und (83) nachzuweisen, dass die vorhandene Längsspannung σ_l und die vorhandene Ringzugspannung $\sigma_{r,i}$ die Grenzspannung $\sigma_{R,d}$ nach Gleichung (84) nicht überschreiten.

$$\frac{\sigma_l}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \quad (82)$$

$$\frac{\sigma_{r,i}}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \quad (83)$$

$$\sigma_{R,d} = f_y \cdot k / \gamma_M \quad (84)$$

Vereinfachend darf für zylindrische Verankerungsköpfe, die auf der Austrittsfläche ringförmig und zentrisch gelagert sind, angenommen werden, dass

- die größte Längsspannung

$$\sigma_l = \frac{1,5Z}{A} \quad (85)$$

ist,

- die Ringzugkraft

$$P_r = \frac{Z}{2\pi \cdot \tan(\rho + \alpha)} \quad (86)$$

ist und sich entsprechend Bild 32 über die Länge des Verankerungskopfes verteilt und

- die größte Ringzugspannung auf der Innenseite des Verankerungskopfes

$$\sigma_{r,i} = 1,5 \frac{\max p_r}{(d_a - d_i)/2} \quad (87)$$

ist.

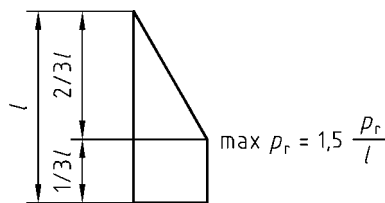
Dabei ist

Z	vorhandene Zugkraft;
A	Aufstandfläche des Verankerungskopfes;
α	Neigungswinkel des Verankerungskonus (siehe Bild 10);
l	Hülsenlänge (siehe Bild 10);
ρ	Wandreibungswinkel. Für Kugel-Epoxidharzverguss ist $\rho = 22^\circ$, und für Metallvergüsse mit Legierung Z 610 ist $\rho = 17^\circ$ zu setzen;
d_a, d_i	Außen- bzw. Innendurchmesser des Verankerungskopfes;
$\max p_r = 1,2 \frac{P_r}{l}$	für Kugel-Epoxidharzverguss;
$\max p_r = 1,5 \frac{P_r}{l}$	für Metallverguss.

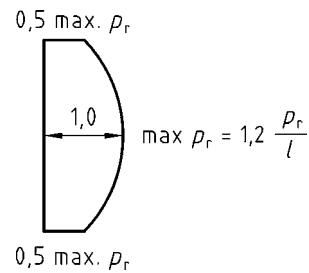
ANMERKUNG 1 Die angegebenen Gleichungen und die Zahlenwerte für den Wandreibungswinkel beruhen auf der Auswertung zahlreicher Zerreißversuche.

ANMERKUNG 2 Der Faktor 1,5 bei der Ermittlung der Längsspannung σ_l berücksichtigt das Einspannmoment infolge Innendruck.

ANMERKUNG 3 Der Faktor 1,5 bei der Ermittlung der Ringzugspannung $\sigma_{r,i}$ berücksichtigt die ungleichförmige Spannungsverteilung über die Wanddicke

DIN 18800-1:2008-11

Metallverguss



Kugel-Epoxidharzverguss

Bild 32 — Verteilung der Ringzugkraft über die Länge des Verankerungskopfes**9.3 Umlenklager, Klemmen und Schellen****9.3.1 Grenzquerpressung und Teilsicherheitsbeiwert****(909) Nachweis**

Es ist mit Bedingung (88) nachzuweisen, dass die vorhandene mittlere Querpressung q aus Klemmen- oder Schellendruck die Grenzquerpressung $q_{R,d}$ nicht überschreitet.

$$\frac{q}{q_{R,d}} \leq 1 \quad (88)$$

mit

$$q = D/d' \quad (89)$$

Dabei ist

D Klemmen- oder Schellendruck (Kraft je Längeneinheit);

d' Auflagerungsbreite nach Bild 11; $0,6 d \leq d' \leq d$

d Seildurchmesser.

ANMERKUNG Bei der Berechnung der Querpressung braucht der Umlenkdruck nicht berücksichtigt zu werden, da dieser über die Begrenzung des Umlenkradius nach 5.3.3, Element 528, begrenzt ist.

(910) Grenzquerpressung

Die Grenzquerpressung $q_{R,d}$ von vollverschlossenen Spiralseilen ist für

— Lagerung auf Stahl

$$q_{R,d} = \frac{40}{\gamma_M} \text{ N/mm}^2 \quad (90)$$

— Lagerung auf Weichmetalleinlage oder Spritzverzinkung mit einer Dicke von mindestens 1 mm

$$q_{R,d} = \frac{100}{\gamma_M} \text{ N/mm}^2 \quad (91)$$

— den Runddrahtkern

$$q_{R,d} = \frac{200}{\gamma_M} \text{ N/mm}^2 \quad (92)$$

Für andere hochfeste Zugglieder ist die Grenzquerpressung durch Versuche zu bestimmen.

ANMERKUNG Bei der angegebenen Grenzquerpressung ist die Bruchlast des Seils auf dem Umlenkklager gegenüber der Bruchlast des freien Seiles ohne Querpressung um nicht mehr als 3 % abgemindert.

9.3.2 Gleiten

(911) Nachweis

Für das Gleiten von hochfesten Zuggliedern auf Sattellagern sowie von Klemmen und Schellen auf hochfesten Zuggliedern ist mit Bedingung (93) nachzuweisen, dass die vorhandene Gleitkraft G die Grenzgleitkraft $G_{R,d}$ nicht überschreitet.

$$\frac{G}{G_{R,d}} \leq 1 \quad (93)$$

(912) Grenzgleitkraft von Seilen

Die Grenzgleitkraft $G_{R,d}$ von Seilen auf Sattellagern und von Klemmen und Schellen auf Seilen ist

$$G_{R,d} = \mu (U \alpha_u / 1,5 + K \alpha_k) / \gamma_M \quad (94)$$

Dabei ist

γ_M Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite = 1,1;

U Summe der Umlenkkräfte;

K Summe der Klemmkkräfte;

α_u Umlenkkraftbeiwert;

α_k Klemmkraftbeiwert;

μ Reibungszahl nach 4.3.5, Element 429.

Der Abbau der Klemmkkräfte durch elastische und plastische Seileinschnürung ist zu berücksichtigen. Die Dicke der Klemmen und Schellen im Scheitelpunkt ist so zu begrenzen, dass dieser Abbau möglichst gering ist.

ANMERKUNG Die Beiwerte α_u und α_k berücksichtigen, dass durch die entsprechende Formgebung der Sattellager, Klemmen und Schellen die Umlenk- bzw. Klemmkkräfte mehrfach aktiviert werden können.

(913) Grenzgleitkraft für andere hochfeste Zugglieder

Die Grenzgleitkraft für andere hochfeste Zugglieder ist durch Versuche zu bestimmen.

Anhang A (normativ)

Regelungen

Dieser Anhang enthält Regelungen, die ihrem Sachinhalt entsprechend eigentlich anderen Normen zuzuordnen sind. Sie können, sobald sie dort enthalten und damit zitierfähig sind, hier entfallen.

A.1 Sonderregelung für die Stahlsorte St 52-3

Die Stahlsorte St 52-3 wird in DIN 18800-7 geregelt.

A.2 Bescheinigungen

Bescheinigungen werden in DIN 18800-7 geregelt.

A.3 Kennzeichnung der Erzeugnisse

Die Kennzeichnung der Erzeugnisse wird in DIN 18800-7 geregelt.

A.4 entfällt

A.5 entfällt

A.6 Ausführungen

Die Ausführung wird in DIN 18800-7 geregelt.

A.7 Nachweis der Nahtgüte

Der Nachweis der Nahtgüte wird in DIN 18800-7 geregelt.

A.8 Fertigungsbeschichtungen

Fertigungsbeschichtungen werden in DIN 18800-7 geregelt.

Anhang B (informativ)

Liste der zurückgezogenen oder ersetzten Normen und technischen Regelwerke soweit sie in Bezug genommen werden

Nachstehende Tabelle fasst diejenigen Normen und technischen Regelwerke der DIN 18800-1:1990-11 zusammen, die bis zur Erarbeitung der vorliegenden Änderung A2 zurückgezogen oder ersetzt worden sind. Die entsprechenden Ausgabedaten sind ebenfalls angegeben, damit ist jedoch keine Datierung im Sinne der Regeln von DIN 820-2 beabsichtigt.

Liste der zurückgezogenen oder ersetzten Normen und technischen Regelwerke soweit sie in Bezug genommen werden

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
1	<u>Zurückgezogen:</u> 1992-06 DIN 267-9:1979-08, <i>Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen, Teile mit galvanischen Überzügen</i>	Nachfolgedokument: DIN EN ISO 4042:2001-01, <i>Verbindungselemente – Galvanische Überzüge (ISO 4042:1999)</i>
2	<u>Zurückgezogen:</u> 2003-02 DIN 779:1980-12, <i>Formstahldrähte für vollverschlossene Spiralseile – Maße und Technische Lieferbedingungen</i>	Nachfolgedokumente: DIN EN 10264-1:2002-06, <i>Stahldraht und Drahterzeugnisse – Stahldraht für Seile – Teil 1: Allgemeine Anforderungen</i> DIN EN 10264-3:2003-02, <i>Stahldraht und Drahterzeugnisse – Stahldraht für Seile – Teil 3: Runder und profilierter Draht aus unlegiertem Stahl für hohe Beanspruchungen</i>
3	<u>Zurückgezogen:</u> 1995-05 DIN 1025-1:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Schmale I-Träger, I-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-1:1995-05, <i>Warmgewalzte I-Träger – Teil 1: Schmale I-Träger, I-Reihe – Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10024:1995-05, <i>I-Profile mit geneigten inneren Flanschen – Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
4	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-2:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, IPB- und IB-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-2:1995-11, <i>Warmgewalzte I-Träger – Teil 2: I-Träger, IPB-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>

DIN 18800-1:2008-11

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
5	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-3:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPBI-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-3:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPBI-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
6	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-4:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBV-Reihe, Maße, Gewichte, Zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-4:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBV-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
7	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-5:1965-03, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-5:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
8	<u>Zurückgezogen:</u> 2002-10 DIN 1055-3:1971-06, <i>Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1055-3:2002-10, <i>Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten</i> DIN 1055-9:2003-08, <i>Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 9: Außergewöhnliche Einwirkungen</i>
9	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-07 DIN 1055-5:1975-06, <i>Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Schneelast und Eislast</i>	Nachfolgedokument: DIN 1055-5:2005-07, <i>Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten</i>
10	<u>Zurückgezogen:</u> 2003-09 DIN 1142:1982-01, <i>Drahtseilklemmen für Seil-Endverbindungen bei sicherheitstechnischen Anforderungen</i>	Nachfolgedokument: DIN EN 13411-5:2003-09, <i>Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht – Sicherheit – Teil 5: Drahtseilklemmen mit U-förmigem Klemmbügel</i>
11	<u>Zurückgezogen:</u> 2003-04 DIN 3051-3:1972-03, <i>Drahtseile aus Stahldrähten – Grundlagen, Berechnung, Faktoren</i>	Nachfolgedokument: DIN EN 12385-2:2003-04, <i>Stahldrahtseile – Sicherheit – Teil 2: Begriffe, Bezeichnung und Klassifizierung</i>

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
12	<u>Zurückgezogen:</u> 2002-05 DIN 3090:1989-08, <i>Kauschen – Formstahlkauschen für Drahtseile</i>	Nachfolgedokument: DIN EN 13411-1:2002-05, <i>Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht – Sicherheit – Teil 1: Kauschen für Anschlagseile aus Drahtseilen</i>
13	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-09 DIN 3093-2:1988-12, <i>Preßklemmen aus Aluminium-Knetlegierungen; Preßverbindungen; Sicherheitstechnische Anforderungen</i>	Nachfolgedokument: DIN EN 13411-3:2004-09, <i>Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht – Sicherheit – Teil 3: Pressklemmen und Verpressen</i>
14	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-09 DIN 3095-2:1988-12, <i>Flämische Augen mit Stahlpreßklemmen; Formen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung</i>	Nachfolgedokument: DIN EN 13411-3:2004-09, <i>Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht – Sicherheit – Teil 3: Pressklemmen und Verpressen</i>
15	<u>Zurückgezogen:</u> 2003-05 DIN 4141-1:1984-09, <i>Lager im Bauwesen — Allgemeine Regelungen</i>	Nachfolgedokumente: DIN V 4141-1:2003-05, <i>Lager im Bauwesen — Teil 1: Allgemeine Regelungen</i> DIN EN 1337-1:2001-02, <i>Lager im Bauwesen — Teil 1: Allgemeine Regelungen</i>
16	<u>Zurückgezogen:</u> 2000-10 DIN 18800-7:1983-05, <i>Stahlbauten – Herstellen, Eignungsnachweise zum Schweißen</i>	Nachfolgedokument: DIN 18800-7: 2002-09, <i>Stahlbauten – Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation</i>
17	<u>Zurückgezogen:</u> 1991-05 E DIN 55928-1:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Allgemeines, Begriffe, Korrosionsbelastungen</i>	Nachfolgedokumente: DIN EN ISO 12944-1:1998-07, <i>Beschichtungssysteme – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 1: Allgemeine Einleitung (ISO 12944-1:1998)</i> DIN EN ISO 12944-2:1998-07, <i>Beschichtungssysteme – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen (ISO 12944-2:1998)</i>
18	<u>Zurückgezogen:</u> 1991-05 E DIN 55928-2:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Korrosionsschutzgerechte Gestaltung</i>	Nachfolgedokument: DIN EN ISO 12944-3:1998-07, <i>Beschichtungssysteme – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung (ISO 12944-3:1998)</i>

DIN 18800-1:2008-11

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
19	<u>Zurückgezogen:</u> 1991-05 E DIN 55928-3:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Planung der Korrosionsschutzarbeiten</i>	Nachfolgedokument: DIN EN ISO 12944-8:1998-07, <i>Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 8: Erarbeiten von Spezifikationen für Erstschutz und Instandsetzung (ISO 12944-8:1998)</i>
20	<u>Zurückgezogen:</u> 1991-05 E DIN 55928-4:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtung und Überzüge; Vorbereitung und Prüfung der Oberflächen</i>	Nachfolgedokument: DIN EN ISO 12944-4:1998-07, <i>Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung (ISO 12944-4:1998)</i>
21	<u>Zurückgezogen:</u> 1991-05 E DIN 55928-5:1990-02, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Beschichtungsstoffe und Schutzsysteme</i>	Nachfolgedokument: DIN EN ISO 12944-5:1998-07, <i>Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO 12944-5:1998)</i>
22	<u>Zurückgezogen:</u> 1991-05 E DIN 55928-6:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Ausführung und Überwachung der Korrosionsschutzarbeiten</i>	Nachfolgedokument: DIN EN ISO 12944-7:1998-07, <i>Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten (ISO 12944-7:1998)</i>
23	<u>Zurückgezogen:</u> 1991-05 E DIN 55928-7:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Technische Regeln und Kontrollflächen</i>	Nachfolgedokumente: DIN EN ISO 12944-7:1998-07, <i>Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten (ISO 12944-7:1998)</i> DIN EN ISO 12944-8:1998-07, <i>Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 8: Erarbeiten von Spezifikationen für Erstschutz und Instandsetzung (ISO 12944-8:1998)</i>
24	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-07 DIN 55928-8:1980-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen (Stahlleichtbau)</i>	Nachfolgedokument: DIN 55928-8:1994-07, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Teil 8: Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen</i>

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
25	<u>Zurückgezogen:</u> 1991-05 E DIN 55928-9:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Beschichtungsstoffe; Zusammensetzung von Bindemitteln und Pigmenten</i>	
26	<u>Zurückgezogen:</u> 1992-04 DIN ISO 898-1:1989-01, <i>Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Schrauben; Identisch mit ISO 898-1:1988</i>	Nachfolgedokument: DIN EN ISO 898-1:1999-11, <i>Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Teil 1: Schrauben (ISO 898-1:1999)</i>
27	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-02 DIN ISO 898-2:1981-03, <i>Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Muttern mit festgelegten Prüfkraften</i>	Nachfolgedokument(e): DIN EN 20898-2:1994-02, <i>Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen – Teil 2: Muttern mit festgelegten Prüfkraften; Regelgewinde (ISO 898-2:1992)</i>
28	<u>Zurückgezogen:</u> 1997-08 ISO 3898:1987-12, <i>Bases for design of structures – Notations – General symbols (Berechnungsgrundlagen für Bauten; Begriffe; Allgemeine Symbole)</i>	Nachfolgedokument: ISO 3898:1997-08, <i>Bases for design of structures – Notations – General symbols (Berechnungsgrundlagen für Bauten; Begriffe; Allgemeine Symbole)</i>

Literaturhinweise

- [1] DIN: Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen. Berlin, Köln: Beuth Verlag, 1981.
- [2] Scheer, J., Peil, U. und Scheibe, H.-J.: Zur Übertragung von Kräften durch Kontakt im Stahlbau. Bauingenieur **62** (1987), S. 419–424.
- [3] Lindner, J. und Gietzelt, R.: Kontaktstöße in Druckstäben. Stahlbau **57** (1988), S. 39–50, S. 384.
- [4] Valtinat, G.: Schraubenverbindungen. Stahlbau Handbuch Band 1. Köln: Stahlbau-Verlag 1982, dort S. 402–425.
- [5] Fischer, M. und Wenk, P.: Zur Frage der Abhängigkeit der Kehlnahtdicke von der Blechdicke beim Verschweißen von Baustählen. Stahlbau **54** (1985), S. 239–242.
- [6] SIA 160 Einwirkungen auf Tragwerke. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein 1970.
- [7] Scheer, J. und Bahr, G.: Interaktionsdiagramme für die Querschnittstraglasten außermittig längsbelasteter, dünnwandiger Winkelprofile. Bauingenieur **56** (1981), S. 459–466.
- [8] Rubin, H.: Interaktionsbeziehungen ... Stahlbau **47** (1978), S. 76–85, S. 145–151, S. 174–281.
- [9] Grundlagen zur Beurteilung von Baustoffen, Bauteilen und Bauarten im Prüf- und Zulassungsverfahren. Berlin: Institut für Bautechnik, 1986.
- [10] Rubin, H.: Baustatik ebener Stabtragwerke; Tabelle 3.4-1, in Stahlbauhandbuch 1, Teil A, 3. Auflage, S. 197, Stahlbauverlagsgesellschaft.
- [11] Hofmann, H.-G.: Die versenkte Kehlnaht, Stahlbau **54** (1985), S. 14–16

DIN 18800-2

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN 18800-2:1990-11 und
DIN 18800-2/A1:1996-02

**Stahlbauten –
Teil 2: Stabilitätsfälle –
Knicken von Stäben und Stabwerken**

Steel structures –
Part 2: Stability –
Buckling of bars and skeletal structures

Constructions métalliques –
Partie 2: Stabilité –
Flambement des barres et des structures à barres

Gesamtumfang 91 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 18800-2:2008-11**Inhalt**

Seite

Vorwort	4
1 Allgemeines	5
1.1 Anwendungsbereich	5
1.2 Normative Verweisungen	5
1.3 Begriffe	5
1.4 Häufig verwendete Formelzeichen.....	6
1.5 Grundsätzliches zum Tragsicherheitsnachweis	9
1.5.1 Allgemeines	9
1.5.2 Tragsicherheitsnachweis bei Berechnung der Schnittgrößen nach der Elastizitätstheorie	12
1.5.3 Tragsicherheitsnachweis bei Berechnung der Schnittgrößen nach der Fließgelenktheorie	13
2 Imperfektionen für Stäbe und für Stabwerke aus planmäßig geraden Stäben	13
2.1 Allgemeines	13
2.2 Vorkrümmung	14
2.3 Vorverdrehung	15
2.4 Gleichzeitiger Ansatz von Vorkrümmung und Vorverdrehung.....	18
3 Einteilige Stäbe	18
3.1 Allgemeines	18
3.2 Planmäßig mittiger Druck	19
3.2.1 Biegeknicken	19
3.2.2 Biegedrillknicken	21
3.3 Einachsige Biegung ohne Normalkraft	22
3.3.1 Allgemeines	22
3.3.2 Behinderung der Verformung.....	22
3.3.3 Nachweis des Druckgurtes als Druckstab	28
3.3.4 Biegedrillknicken	30
3.4 Einachsige Biegung mit Normalkraft.....	32
3.4.1 Stäbe mit geringer Normalkraft.....	32
3.4.2 Biegeknicken	33
3.4.3 Biegedrillknicken	34
3.5 Zweiachsige Biegung mit oder ohne Normalkraft.....	35
3.5.1 Biegeknicken	35
3.5.2 Biegedrillknicken	38
4 Mehrteilige, einfeldrige Stäbe.....	39
4.1 Allgemeines	39
4.2 Häufig verwendete Formelzeichen.....	40
4.3 Ausweichen rechtwinklig zur stofffreien Achse	41
4.3.1 Schnittgrößenermittlung am Gesamtstab	41
4.3.2 Nachweis der Einzelstäbe.....	42
4.3.3 Nachweis der Einzelfelder von Rahmenstäben	44
4.4 Mehrteilige Rahmenstäbe mit geringer Spreizung.....	45
4.5 Konstruktive Anforderungen	47
5 Stabwerke	47
5.1 Fachwerke	47
5.1.1 Allgemeines	47
5.1.2 Knicklängen planmäßig mittig gedrückter Fachwerkstäbe.....	48
5.2 Rahmen und Durchlaufträger mit unverschieblichen Knotenpunkten	52
5.2.1 Vernachlässigbarkeit von Normalkraftverformungen.....	52
5.2.2 Definition der Unverschieblichkeit von Rahmen	53
5.2.3 Berechnung der Aussteifungselemente.....	54

	Seite
5.2.4 Berechnung von Rahmen und Durchlaufträgern	55
5.3 Rahmen und Durchlaufträger mit verschieblichen Knotenpunkten	57
5.3.1 Vernachlässigbarkeit von Normalkraftverformungen	57
5.3.2 Verschiebliche ebene Rahmen	57
5.3.3 Elastisch gelagerte Durchlaufträger	63
6 Bogenträger	64
6.1 Mittlerer Druck (Stützlinienbogen)	64
6.1.1 Ausweichen in der Bogenebene	64
6.1.2 Ausweichen rechtwinklig zur Bogenebene	68
6.2 Einachsige Biegung in Bogenebene mit Normalkraft	72
6.2.1 Ausweichen in der Bogenebene	72
6.2.2 Ausweichen rechtwinklig zur Bogenebene	73
6.3 Planmäßig räumliche Belastung	74
7 Planmäßig gerade Stäbe mit ebenen dünnwandigen Querschnittsteilen	75
7.1 Allgemeines	75
7.2 Berechnungsgrundlagen	76
7.3 Wirksame Breite beim Verfahren Elastisch-Elastisch	78
7.4 Wirksame Breite beim Verfahren Elastisch-Plastisch	82
7.5 Biegeknicken	82
7.5.1 Spannungsnachweis beim Verfahren Elastisch-Elastisch	82
7.5.2 Vereinfachte Nachweise	82
7.6 Biegedrillknicken	86
7.6.1 Nachweis	86
7.6.2 Planmäßig mittlerer Druck	86
7.6.3 Einachsige Biegung ohne Normalkraft	86
7.6.4 Einachsige Biegung mit Normalkraft	87
7.6.5 Zweiachsige Biegung mit oder ohne Normalkraft	87
Anhang A (informativ) Liste der zurückgezogenen oder ersetzten Normen und technischen Regelwerke soweit sie in Bezug genommen werden	88
Literaturhinweise	90

DIN 18800-2:2008-11**Vorwort**

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Bauwesen (NABau), NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ erarbeitet. Sie enthält die vom Arbeitsausschuss verabschiedeten Änderungen aus dem Entwurf der DIN 18800-2/A2:2007-06. Die Änderungen zu DIN 18800-2:1990-11 sind mit einem senkrechten Strich am linken Seitenrand gekennzeichnet.

In DIN 18800-2:1990-11 wurde neben der üblichen, allgemein bekannten Gliederung in Abschnitte und Unterabschnitte der gesamte Text in überschaubare, (abschnittsweise) durchgehend benummerte, so genannte „Elemente“ gegliedert, deren jedes eine in sich geschlossene Aussage enthält und damit auch bei Übernahme in eine andere Norm verständlich bleibt. Diese Gliederung in Elemente wurde beibehalten, obwohl dadurch eine Anpassung an die neuen Gestaltungsregeln nach DIN 820 nicht vollständig erfolgen konnte. Die Abschnitte 1 (Anwendungsbereich), 2 (Normative Verweisungen) und 3 (Begriffe) wurden hier in Abschnitt 1 zusammengefasst. Dadurch konnte die alte Struktur der Norm beibehalten werden.

Änderungen

Gegenüber DIN 18800-2:1990-11 und DIN 18800-2/A1:1996-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an Nachfolgenormen von zurückgezogenen Normen und Aktualisierung der in der Norm zitierten normativen Verweisungen;
- b) Übernahme der Regelungen der 3. Auflage der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (Oktober 1998) und der Änderungen und Ergänzungen der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (Dezember 2001);
- c) Aktualisierung der Stahlsorten.

Frühere Ausgaben

DIN 4114-1: 1952xx-07
DIN 4114-2: 1952-07, 1953x-02
DIN 18800-2: 1990-11
DIN 18800-2/A1: 1996-02

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(101) Tragsicherheitsnachweis

Diese Norm regelt die Tragsicherheitsnachweise für stabilitätsgefährdete Stäbe und Stabwerke aus Stahl. Diese Norm gilt stets in Verbindung mit DIN 18800-1.

(102) Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Gebrauchstauglichkeitsnachweise sind nur dann zu führen, wenn sie in den Fachnormen gefordert werden.

ANMERKUNG Siehe dazu DIN 18800-1:2008-11, 7.2.3 und 7.3.1, Element 723.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1025 (alle Teile), *Warmgewalzte I-Träger*

DIN 1053 (alle Teile), *Mauerwerk*

DIN 18800-1:2008-11, *Stahlbauten — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

DIN 18800-3:2008-11, *Stahlbauten — Teil 2: Stabilitätsfälle — Plattenbeulen*

DIN 18800-4, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle, Schalenbeulen*

DIN 18807 (alle Teile), *Trapezprofile im Hochbau*

DIN EN 10024, *I-Profile mit geneigten inneren Flanschflächen - Grenzabmaße und Formtoleranzen*

DIN EN 10034, *I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen*

1.3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

1.3.1

(103) Knicken

Beim Versagen infolge Knicken treten Verschiebungen v , w oder Verdrehungen ϑ um die Stabachse auf, oder diese Verformungen kommen gleichzeitig vor.

ANMERKUNG Man unterscheidet Biegeknicken und Biegedrillknicken.

1.3.2

(104) Biegeknicken

Beim Biegeknicken treten nur Verschiebungen v oder w oder beide auf, oder die Verdrehungen ϑ um die Stabachse dürfen vernachlässigt werden.

DIN 18800-2:2008-11**1.3.3****(105) Biegedrillknicken**

Beim Biegedrillknicken treten Verschiebungen v , w und gleichzeitig Verdrehungen ϑ um die Stabachse auf, wobei diese Verdrehungen berücksichtigt werden müssen.

ANMERKUNG 1 In älterer Literatur und in früheren Regelwerken (z. B. DIN 4114-1 und DIN 4114-2) wird das Biegedrillknicken bei Beanspruchung durch Biegemomente und Querlasten als Kippen bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Das Drillknicken, bei dem die Verschiebungen v und w gleich Null sind, stellt einen Sonderfall des Biegedrillknickens dar.

1.4 Häufig verwendete Formelzeichen**(106) Koordinaten, Verschiebungs- und Schnittgrößen sowie Imperfektionen**

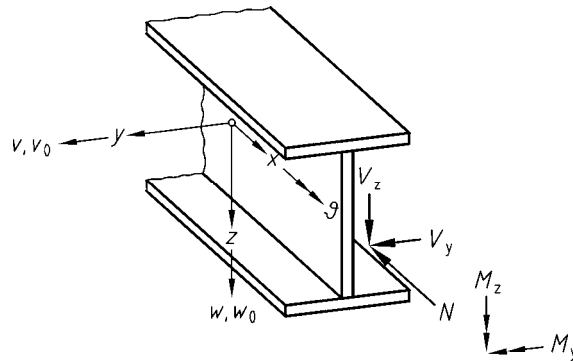
x	Stabachse;
y, z	Hauptachsen des Querschnitts (die Zeichen sind bei einteiligen Stäben so gewählt, dass $I_y > I_z$ ist);
u, v, w	Verschiebung in Richtung der Achsen x, y, z ;
ϑ	Verdrehung um die x -Achse;
v_0, w_0	Stich einer Verkrümmung im spannungslosen (unbelasteten) Zustand;
φ_0	Stabdrehwinkel des vorverformten (imperfekten) Tragwerks im spannungslosen (unbelasteten) Zustand;
N	Normalkraft, als Druck positiv;
M_y, M_z	Biegemomente;
V_y, V_z	Querkräfte.

(107) Nebenzeichen

Index k charakteristischer Wert einer Größe;

Index d Bemessungswert einer Größe.

ANMERKUNG Die Begriffe „charakteristischer Wert“ und „Bemessungswert“ sind in DIN 18800-1:2008-11, 3.1 definiert.

**Bild 1 — Koordinaten, Verschiebungs- und Schnittgrößen****(108) Physikalische Kenngrößen, Festigkeiten** E Elastizitätsmodul; G Schubmodul; f_y Streckgrenze.ANMERKUNG Für die Zahlenwerte von E , G und $f_{y,k}$ siehe DIN 18800-1:2008-11, Tabelle 1.**(109) Querschnittsgrößen** A Querschnittsfläche; I Flächenmoment 2. Grades (früher: Trägheitsmoment); $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ Trägheitsradius; I_T Torsionsflächenmoment 2. Grades (St. Venantscher Torsionswiderstand); I_ω Wölbfächenmoment 2. Grades (Wölbwiderstand); W elastisches Widerstandsmoment; N_{pl} Normalkraft im vollplastischen Zustand; M_{pl} Biegemoment im vollplastischen Zustand; M_{el} Biegemoment, bei dem an der ungünstigsten Stelle des Querschnitts die Streckgrenze f_y erreicht wird; $\alpha_{pl} = \frac{M_{pl}}{M_{el}}$ plastischer Formbeiwert.

DIN 18800-2:2008-11

ANMERKUNG Die Bezeichnung „vollplastischer Zustand“ bezieht sich auf die volle Ausnutzung der Plastizität. In Sonderfällen (z. B. Winkel, U-Profile) können hierbei elastische Restquerschnitte vorhanden sein. Bei veränderlichen Querschnitten oder Schnittgrößen sind N_{pl} , M_{pl} , M_{el} für die maßgebende Stelle zu ermitteln.

(110) Systemgrößen

l Systemlänge eines Stabes;

N_{Ki} Normalkraft unter der kleinsten Verzweigungslast nach der Elastizitätstheorie;

$s_K = \sqrt{\frac{\pi^2(E \cdot I)}{N_{Ki}}}$ zu N_{Ki} gehörende Knicklänge eines Stabes;

$\lambda_K = \frac{s_K}{i}$ Schlankheitsgrad;

$\lambda_a = \pi \sqrt{\frac{E}{f_{y,k}}}$ Bezugsschlankheitsgrad;

$\bar{\lambda}_K = \frac{\lambda_K}{\lambda_a} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{Ki}}}$ bezogener Schlankheitsgrad bei Druckbeanspruchung;

κ Abminderungsfaktor nach den Europäischen Knickspannungslinien;

$\varepsilon = l \sqrt{\frac{N}{(E \cdot I)_d}}$ Stabkennzahl;

$\eta_{Ki} = \frac{N_{Ki,d}}{N}$ Verzweigungslastfaktor des Systems;

$M_{Ki,y}$ Biegedrillknickmoment nach der Elastizitätstheorie bei Wirkung von Momenten M_y ohne Normalkraft;

$\bar{\lambda}_M = \sqrt{\frac{M_{pl,y}}{M_{Ki,y}}}$ bezogener Schlankheitsgrad bei Biegemomentenbeanspruchung;

κ_M Abminderungsfaktor für das Biegedrillknicken.

ANMERKUNG 1 Bei veränderlichen Querschnitten oder Normalkräften sind $(E \cdot I)$, N_{Ki} und s_K für die Stelle zu ermitteln, für die der Tragsicherheitsnachweis geführt wird. Im Zweifelsfall sind mehrere Stellen zu untersuchen (siehe auch 3.4.2.2, Element 316).

ANMERKUNG 2 entfällt.

ANMERKUNG 3 Bei der Ermittlung bezogener Schlankheitsgrade ist für f_y , $(E \times I)$, N_{Ki} und M_{Ki} entsprechend 1.5.1, Elemente 116 und 117, einheitlich entweder mit deren charakteristischen Werten oder mit deren Bemessungswerten zu rechnen.

ANMERKUNG 4 η_{Ki} ist für alle Stäbe eines biegesteifen Stabwerkes gleich groß.

ANMERKUNG 5 Das Moment $M_{Kl,y}$ wird in der Literatur häufig als Kippmoment bezeichnet. Bei veränderlichen Querschnitten oder Schnittgrößen ist M_{Kl} für die Stelle zu ermitteln, für die der Tragsicherheitsnachweis geführt wird. Im Zweifelsfall sind mehrere Stellen zu untersuchen.

(111) Teilsicherheitsbeiwerte

γ_F Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen;

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand.

ANMERKUNG Die Werte γ_F , γ_M sind DIN 18800-1:2008-11, Abschnitt 7, zu entnehmen. Damit gilt in den zu führenden Tragsicherheitsnachweisen sowohl für die Streckgrenze als auch für die Steifigkeiten (z. B. $E \cdot I$, $E \cdot A$, $G \cdot A_S$, S) stets der Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_M = 1,1$.

1.5 Grundsätzliches zum Tragsicherheitsnachweis

1.5.1 Allgemeines

(112) Berechnungsverfahren und Grundlagen

Ausreichende Tragsicherheit ist wahlweise nach einem der in Tabelle 1 angegebenen Verfahren nachzuweisen. Dabei sind folgende Grundlagen zu beachten:

- Werkstoffgesetz (Element 113);
- Imperfektionen (Element 114 und Abschnitt 2);
- Schnittgrößen (Elemente 115 und 116);
- Einfluss der Verformungen (Element 116);
- Schlupf (Element 118);
- Querschnittsmitwirkung (Element 119);
- Lochschwächungen (Element 120).

Tabelle 1 — Nachweisverfahren

	Nachweisverfahren	Berechnung der	
		Schnittgrößen infolge der Einwirkungen	Beanspruchbarkeiten
		nach	
1	Elastisch-Elastisch	Elastizitätstheorie	Elastizitätstheorie
2	Elastisch-Plastisch	Elastizitätstheorie	Plastizitätstheorie
3	Plastisch-Plastisch	Fließgelenktheorie	Plastizitätstheorie

Zur Vereinfachung dürfen Biegeknicken und Biegedrillknicken getrennt untersucht werden. Dabei ist nach dem Nachweis des Biegeknickens der Biegedrillknicknachweis für die aus dem Gesamtsystem herausgelöst gedachten Einzelstäbe zu führen, die durch die am Gesamtsystem ermittelten Stabendschnittgrößen und durch die Einwirkungen auf den betrachteten Einzelstab beansprucht werden.

DIN 18800-2:2008-11

Hinweise auf die erforderliche Anwendung der Theorie I. oder II. Ordnung finden sich bei den entsprechenden Nachweisen.

Anstelle der in Tabelle 1 angegebenen Verfahren dürfen auch vereinfachte Nachweise nach den Abschnitten 3 bis 7 geführt werden.

ANMERKUNG 1 Ergänzende Angaben zur Fließzonentheorie, deren Anwendung grundsätzlich erlaubt ist, sind in dieser Norm nicht enthalten, siehe hierzu z. B. [1].

ANMERKUNG 2 In DIN 18800-1:2008-11, Tabelle 11; wird statt „Schnittgrößen infolge der Einwirkungen“ der Oberbegriff „Beanspruchungen“ verwendet.

ANMERKUNG 3 Die beim gedanklichen Herauslösen des Einzelstabes angenommenen Randbedingungen und Schnittgrößen sind beim Nachweis des Biegedrillknickens zu beachten.

ANMERKUNG 4 Vereinfachte Tragsicherheitsnachweise der Abschnitte 3 und 4 für Stäbe sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2 — Zusammenstellung vereinfachter Tragsicherheitsnachweise

	Schnittgrößen	Versagensart	Vereinfachte Nachweise nach	
			Abschnitt	Gleichung
Einteilige Stäbe				
1	N	Biegeknicken	3.2.1	3
2	N	Biegedrillknicken	3.2.2	3
3	M_y	Biegedrillknicken	3.3.2, 3.3.3, 3.3.4	7, 8, 12, 14, 16, 21
4	$N + M_y$	Biegeknicken	3.4.2	24
5	$N + M_z$	Biegeknicken	3.4.2	24
6	$N + M_y$	Biegedrillknicken	3.4.3	27
7	$N + M_y + M_z$	Biegeknicken	3.5.1	28, 29
8	$N + M_y + M_z$	Biegedrillknicken	3.5.2	30
Mehrteilige Stäbe				
9	N	Biegeknicken	4.3	31 bis 38
10	$N + M_z$	Biegeknicken	4.3	

(113) Werkstoffgesetz

Der Werkstoff muss ein ausreichendes Plastizierungsvermögen haben. Anstatt des tatsächlichen Werkstoffverhaltens darf eine linearelastisch-idealplastische Spannungs-Dehnungs-Beziehung zugrunde gelegt werden.

ANMERKUNG Die in DIN 18800-1:2008-11, 4.1, Element 401, Nummer 1 bis 5, genannten Stahlsorten besitzen ein ausreichendes Plastizierungsvermögen.

(114) Imperfektionen

Zur Berücksichtigung des Einflusses geometrischer und struktureller Imperfektionen müssen sinnvolle Annahmen, z. B. nach Abschnitt 2, getroffen werden.

ANMERKUNG Geometrische Imperfektionen sind z. B. unplanmäßige Außermittigkeiten des Lastangriffs und Abweichungen von der planmäßigen Geometrie. Strukturelle Imperfektionen sind z. B. Eigenspannungen.

(115) Schnittgrößen

Die Schnittgrößen sind mit den Bemessungswerten der Einwirkungen für die maßgebenden Nachweisstellen zu ermitteln.

Auf die Kennzeichnung der Schnittgrößen mit dem Index d wird aus Vereinfachungsgründen verzichtet.

ANMERKUNG Die Regeln zur Berechnung der Bemessungswerte der Einwirkungen enthält DIN 18800-1:2008-11, 7.2.1 und 7.2.2.

(116) Einfluss der Verformungen

Bei der Berechnung der Schnittgrößen ist in der Regel der Einfluss der Verformungen auf das Gleichgewicht (Theorie II. Ordnung) zu berücksichtigen. Hierfür sind als Bemessungswerte der Steifigkeiten die aus den Nennwerten der Querschnittsabmessungen und den charakteristischen Werten der Elastizitäts- und Schubmodulen berechneten charakteristischen Werte der Steifigkeiten, dividiert durch den Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,1$, zu verwenden.

Der Einfluss von Verformungen aus Querkraftschubspannungen darf in der Regel vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 1 Bei der Berechnung der Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung ist beispielsweise bei der Ermittlung der Stabkennzahl ε und des Verzweigungslastfaktors η_{KI} als Steifigkeit deren Bemessungswert $(E \cdot I)_d$ einzusetzen.

ANMERKUNG 2 Die Entscheidung, ob nach Theorie II. Ordnung gerechnet werden muss, richtet sich nach den in DIN 18800-1:2008-11, 7.5.1, Element 739, angegebenen Abgrenzungskriterien.

ANMERKUNG 3 Verformungen können auch aus Nachgiebigkeiten von Anschlüssen resultieren.

ANMERKUNG 4 Bei mehrteiligen Druckstäben werden die Verformungen aus Querkraft nach Abschnitt 4 berücksichtigt.

(117) Nachweis mit γ_M -fachen Bemessungswerten der Einwirkungen

Abweichend von 1.5.1, Elemente 115 und 116 dürfen die Schnittgrößen und Verformungen auch mit den $\gamma_M (= 1,1)$ -fachen Bemessungswerten der Einwirkungen berechnet werden. In diesem Fall sind bei den Tragsicherheitsnachweisen die charakteristischen Werte der Festigkeiten und Steifigkeiten zu verwenden. In den Gleichungen der Abschnitte 3 bis 7 müssen dann statt der Bemessungswerte des Widerstandes, ausgedrückt durch den Index d, jeweils die charakteristischen Werte, ausgedrückt durch den Index k, verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Hierbei ist beispielsweise bei der Ermittlung der Stabkennzahl ε und des Verzweigungslastfaktors η_{KI} als Steifigkeit deren charakteristischer Wert $(E \cdot I)_k$ einzusetzen.

ANMERKUNG 2 Diese alternative Nachweismöglichkeit besteht insbesondere bei den allgemeinen Tragsicherheitsnachweisen der Abschnitte 6, 6 und 7, ist aber sinngemäß auch in den Abschnitten 3 und 4 anwendbar. Sie führt zu denselben Ergebnissen wie die Berücksichtigung von γ_M auf der Widerstandsseite. Ihre Anwendung ist in der Statischen Berechnung kenntlich zu machen, falls Verwechslungen nicht auszuschließen sind.

ANMERKUNG 3 Hinweise zu den Widerstandsgrößen siehe DIN 18800-1:2008-11, 7.3.1.

DIN 18800-2:2008-11**(118) Schlupf**

Der Schlupf in SL- oder SLV-Verbindungen ist bei stabilitätsgefährdeten Stäben und Stabwerken zu berücksichtigen.

Hierbei dürfen die in DIN 18800-1:2008-11, 8.2.3, Element 813, angegebenen Werte angesetzt werden.

ANMERKUNG Die Berücksichtigung des Schlupfes ist dann erforderlich, wenn durch den Schlupf die Stabilitätsgefährdung deutlich vergrößert wird.

(119) Querschnittsmitwirkung (Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ und $\text{grenz}(d/t)$)

Wird bei druckbeanspruchten Querschnittsteilen die volle Fläche in Rechnung gestellt, so dürfen die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ und $\text{grenz}(d/t)$ nach DIN 18800-1 nicht überschritten werden.

Wenn diese Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ und $\text{grenz}(d/t)$ nicht eingehalten sind, sind für diese dünnwandigen Querschnitte die Nachweise unter Berücksichtigung des Zusammenwirkens von Biegeknicken und Beulen bzw. von Biegedrillknicken und Beulen nach Abschnitt 7 oder nach DIN 18800-3 bzw. DIN 18800-4 zu führen.

ANMERKUNG 1 Die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ sind vom angewendeten Nachweisverfahren gemäß Tabelle 1 abhängig. Nähere Angaben über $\text{grenz}(b/t)$ für ebene Querschnittsteile enthält DIN 18800-1:2008-11, Tabellen 12, 13, 15 und 18.

ANMERKUNG 2 Nähere Angaben über $\text{grenz}(d/t)$ von Rohren enthält DIN 18800-1:2008-11, Tabellen 14, 15 und 18. Möglichkeiten des Nachweises bei Überschreiten dieser Grenzwerte sind im Rahmen dieser Norm nicht angegeben.

(120) Lochschwächungen

Lochschwächungen dürfen bei der Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen vernachlässigt werden, wenn sichergestellt ist, dass die Lochschwächungen zu keinem vorzeitigen, örtlichen Versagen führen.

1.5.2 Tragsicherheitsnachweis bei Berechnung der Schnittgrößen nach der Elastizitätstheorie**(121) Nachweis**

Die Tragsicherheit ist ausreichend, wenn bei der Berechnung der Schnittgrößen nach der Elastizitätstheorie das System im stabilen Gleichgewicht ist und

- entweder die Vergleichsspannung unter diesen Schnittgrößen höchstens den Bemessungswert der Streckgrenze $f_{y,d}$ erreicht (Verfahren Elastisch-Elastisch nach Tabelle 1, Zeile 1), wobei sinngemäß auch 1.5.1, Element 117, anwendbar ist.

In kleinen Bereich darf die Vergleichsspannung die Grenzspannung $f_{y,d}$ um 10 % überschreiten (vergleiche DIN 18800-1:2008-11, 7.5.2, Element 749).

- oder die Schnittgrößen unter Beachtung der Interaktion nicht zu einer Überschreitung der Grenzschnittgrößen im vollplastischen Zustand führen (Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch nach Tabelle 1, Zeile 2).

ANMERKUNG 1 Der Wert $f_{y,d}$ ist in DIN 18800-1:2008-11, 7.5.2, Element 746, angegeben.

ANMERKUNG 2 Beim Verfahren Elastisch-Plastisch werden Querschnittsplastizierungen zugelassen, wobei im Grenzfall an einer oder mehreren Stellen Fließgelenke auftreten können. In diesem Zustand dürfen sich jedoch noch keine Verdrehungen der Fließgelenke einstellen. Damit werden die plastischen Reserven der Querschnitte ausgenutzt, nicht jedoch die des Systems.

ANMERKUNG 3 Die Querschnittstragfähigkeit wird mit Hilfe von Interaktionsbedingungen (siehe z. B. DIN 18800-1:2008-11, Tabellen 16 und 17) ermittelt.

(122) Schnittgrößen bei zweiachsiger Biegung

Bei zweiachsiger Biegung mit oder ohne Normalkraft ohne planmäßige Torsion dürfen die Schnittgrößen (Momente und Querkraften) durch Superposition der Schnittgrößen für Einwirkungen, die zu Biegemomenten M_y und Querkraften V_z , und denen, die zu Biegemomenten M_z und Querkraften V_y führen, bestimmt werden. Dabei müssen jedoch für beide Berechnungen die Stabkennzahlen ε für die Summe der Normalkräfte aus allen Einwirkungen berechnet werden.

(123) Begrenzung des plastischen Formbeiwertes α_{pl}

Wenn der zur betreffenden Biegeachse gehörende Formbeiwert $\alpha_{pl} > 1,25$ ist und nicht nach Theorie I. Ordnung gerechnet werden darf, muss das unter gleichzeitig wirkender Normal- und Querkraft im vollplastisierten Stabquerschnitt aufnehmbare Biegemoment mit dem Faktor $1,25/\alpha_{pl}$ abgemindert werden.

Sinngemäß ist bei zweiachsiger Biegung für jedes der beiden Biegemomente zu verfahren, wenn $\alpha_{pl,y} > 1,25$ oder $\alpha_{pl,z} > 1,25$ ist.

ANMERKUNG Anstelle der Abminderung des aufnehmbaren Momentes kann das vorhandene (nachzuweisende) Moment mit dem Faktor $\alpha_{pl}/1,25$ erhöht werden.

1.5.3 Tragsicherheitsnachweis bei Berechnung der Schnittgrößen nach der Fließgelenktheorie

(124) Die Tragsicherheit ist ausreichend, wenn bei der Berechnung nach der Fließgelenktheorie die Schnittgrößen unter Beachtung der Interaktion nicht zu einer Überschreitung der Grenzschnittgrößen im vollplastischen Zustand führen (Verfahren Plastisch-Plastisch nach Tabelle 1, Zeile 3). Das System muss im stabilen Gleichgewicht sein.

Für die Begrenzung des plastischen Formbeiwertes α_{pl} gilt 1.5.2, Element 123.

ANMERKUNG Interaktionsbedingungen sind z. B. in DIN 18800-1:2008-11, Tabellen 16 und 17, angegeben.

2 Imperfektionen für Stäbe und für Stabwerke aus planmäßig geraden Stäben**2.1 Allgemeines****(201) Berücksichtigung der Imperfektionen**

Der Einfluss von geometrischen und strukturellen Imperfektionen ist zu berücksichtigen, wenn sie zu einer Vergrößerung der Beanspruchung führen.

Zur Erfassung beider Imperfektionen dürfen geometrische Ersatzimperfektionen angenommen werden. Man unterscheidet zwischen Vorkrümmungen (siehe 2.2) und Vorverdrehungen (siehe 2.3).

ANMERKUNG 1 Ersatzimperfektionen können auch durch den Ansatz gleichwertiger Ersatzlasten berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Ersatzimperfektionen decken neben den geometrischen Imperfektionen auch den Einfluss von Eigenspannungen infolge Walzens, Schweißens und von Richtarbeiten, Werkstoffinhomogenitäten sowie der Ausbreitung der Fließzonen auf die Traglast im Mittel ab. Weitere in Einzelfällen denkbare Einflüsse auf die Traglast wie Nachgiebigkeiten von Verbindungsmitteln, Rahmenecken und Gründungen sowie Schubverformungen sind damit nicht abgedeckt.

DIN 18800-2:2008-11

Bei Anwendung des Verfahrens Elastisch-Elastisch nach Tabelle 1, Zeile 1 brauchen nur 2/3 der Werte der Ersatzimperfektionen nach 2.2 und 2.3 angesetzt zu werden. Dies gilt nicht, wenn die Vergleichsspannung die Grenzspannung $f_{y,d}$ überschreitet. Bei Tragsicherheitsnachweisen für mehrteilige Stäbe nach 4.3 ist die Ersatzimperfektion nach Tabelle 3, Zeile 5 stets in voller Größe anzusetzen.

ANMERKUNG 1 Der Faktor 2/3 trägt dem Umstand Rechnung, dass die plastische Querschnittsreserve nicht ausgenutzt wird. Es wird angestrebt, dass sich bei Anwendung von Tabelle 1, Zeilen 1 oder 2, im Mittel gleiche Traglasten ergeben.

ANMERKUNG 2 Die Nachweise nach 4.3 beruhen auf Vergleichen von experimentellen und rechnerischen Traglasten, die die Ersatzimperfektionen nach Tabelle 3, Zeile 5, belegen (siehe auch Anmerkung zu 4.1, Element 402).

In den vereinfachten Tragsicherheitsnachweisen nach Abschnitt 3 und 7 sind die Ersatzimperfektionen bereits berücksichtigt.

(202) Ansatz der Ersatzimperfektionen

Die geometrischen Ersatzimperfektionen sind so anzusetzen, dass sie sich der zum niedrigsten Knickeigenwert gehörenden Verformungsfigur möglichst gut anpassen. Sie sind in ungünstigster Richtung anzusetzen.

Die Ersatzimperfektionen brauchen mit den geometrischen Randbedingungen des Systems nicht verträglich zu sein.

Beim Biegeknicken infolge einachsiger Biegung mit Normalkraft brauchen Vorkrümmungen nur mit dem Stich v_0 oder w_0 in der jeweils untersuchten Ausweichrichtung angesetzt zu werden.

Beim Biegeknicken infolge zweiachsiger Biegung mit Normalkraft brauchen nur diejenigen Ersatzimperfektionen angesetzt zu werden, die zur Ausweichrichtung bei planmäßig mittiger Druckbeanspruchung gehören.

Beim Biegedrillknicken genügt es, lediglich eine Vorkrümmung nach 2.2 mit dem Stich $0,5 v_0$ anzusetzen. Dies gilt nicht für Bauteile mit doppelsymmetrischem Querschnitt mit $h/b > 2$ im Bereich $\lambda_M = 0,7$ bis $1,3$.

(203) Imperfektionen für Sonderfälle

Soweit für Sonderfälle in einzelnen Fachnormen abweichende (bauartabhängige) Angaben über die Imperfektionen enthalten sind, müssen diese der Schnittgrößenermittlung zugrunde gelegt werden.
ANMERKUNG Solche Imperfektionen für Sonderfälle sind mit den Regelungen in den Abschnitten 3 bis 7 nicht erfasst.

2.2 Vorkrümmung

(204) Für Einzelstäbe, für Stäbe von Stabwerken mit unverschieblichen Knotenpunkten und für Stäbe nach 2.4, Element 207, sind in der Regel die Vorkrümmungen nach Bild 2 und Tabelle 3 anzusetzen.

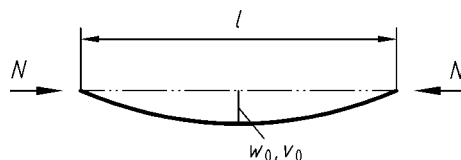


Bild 2 — Vorkrümmung eines Stabes, quadratische Parabel oder sin - Halbwellen

Wenn die Abgrenzungskriterien nach DIN 18800-1:2008-11, 7.5.1, Element 739, für die Anwendung der Theorie I. Ordnung erfüllt sind, darf ohne Ansatz von Vorkrümmungen gerechnet werden.

Tabelle 3 — Stich der Vorkrümmung

	Stabart	Stich w_0, v_0 der Vorkrümmung
0	Einteilige Stäbe mit Querschnitten, denen nach Tabelle 5 folgende Knickspannungslinie zugeordnet ist a_0	$l/350$
1	a	$l/300$
2	b	$l/250$
3	c	$l/200$
4	d	$l/150$
5	Mehrteilige Stäbe , wenn der Nachweis nach 4.3 erfolgt	$l/500$

ANMERKUNG Ersatzimperfectionen für Bogenträger enthält Tabelle 23.

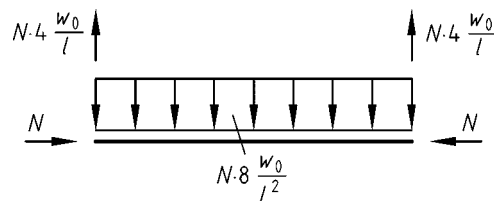


Bild 3 — Ersatzbelastung bei quadratischer Parabel (Gleichgewichtsgruppe)

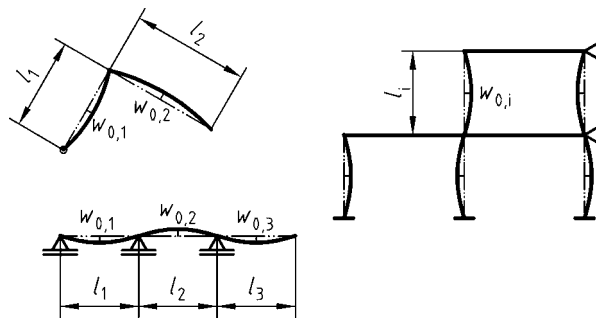


Bild 4 — Beispiele für den Ansatz von Vorkrümmungen

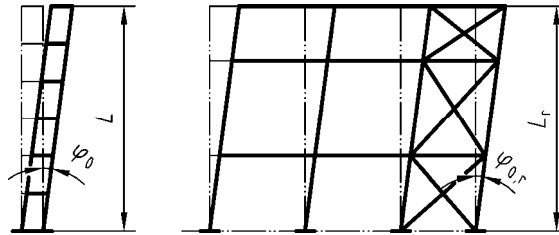
2.3 Vorverdrehung

(205) Ansatz von Vorverdrehungen

Vorverdrehungen sind nach Bild 5 für solche Stäbe und Stabzüge anzunehmen, die am verformten Stabwerk Stabdrehwinkel aufweisen können und die durch Normalkräfte beansprucht werden.

DIN 18800-2:2008-11

Wenn die Abgrenzungskriterien nach DIN 18800-1:2008-11, 7.5.1, Element 739, für die Anwendung der Theorie I. Ordnung erfüllt sind, darf mit verminderten Vorverdrehungen gerechnet werden.

**Legende**

L, L_r Länge des Stabes bzw. Stabzuges r

$\varphi_0, \varphi_{0,r}$ Winkel der Vorverdrehung eines Stabes bzw. Stabzuges r

Bild 5 — System eines perfekten (unterbrochen dargestellt) und infolge Vorverdrehung möglichen imperfekten (ausgezogen dargestellt) Stabes bzw. Stabwerkes

Die Vorverdrehung beträgt in der Regel

— für einteilige Stäbe:

$$\varphi_0 = \frac{1}{200} r_1 \cdot r_2 \quad (1)$$

— für mehrteilige Stäbe nach den Bildern 20 und 21 sowie 4.3

$$\varphi_0 = \frac{1}{400} r_1 \cdot r_2 \quad (2)$$

Dabei ist

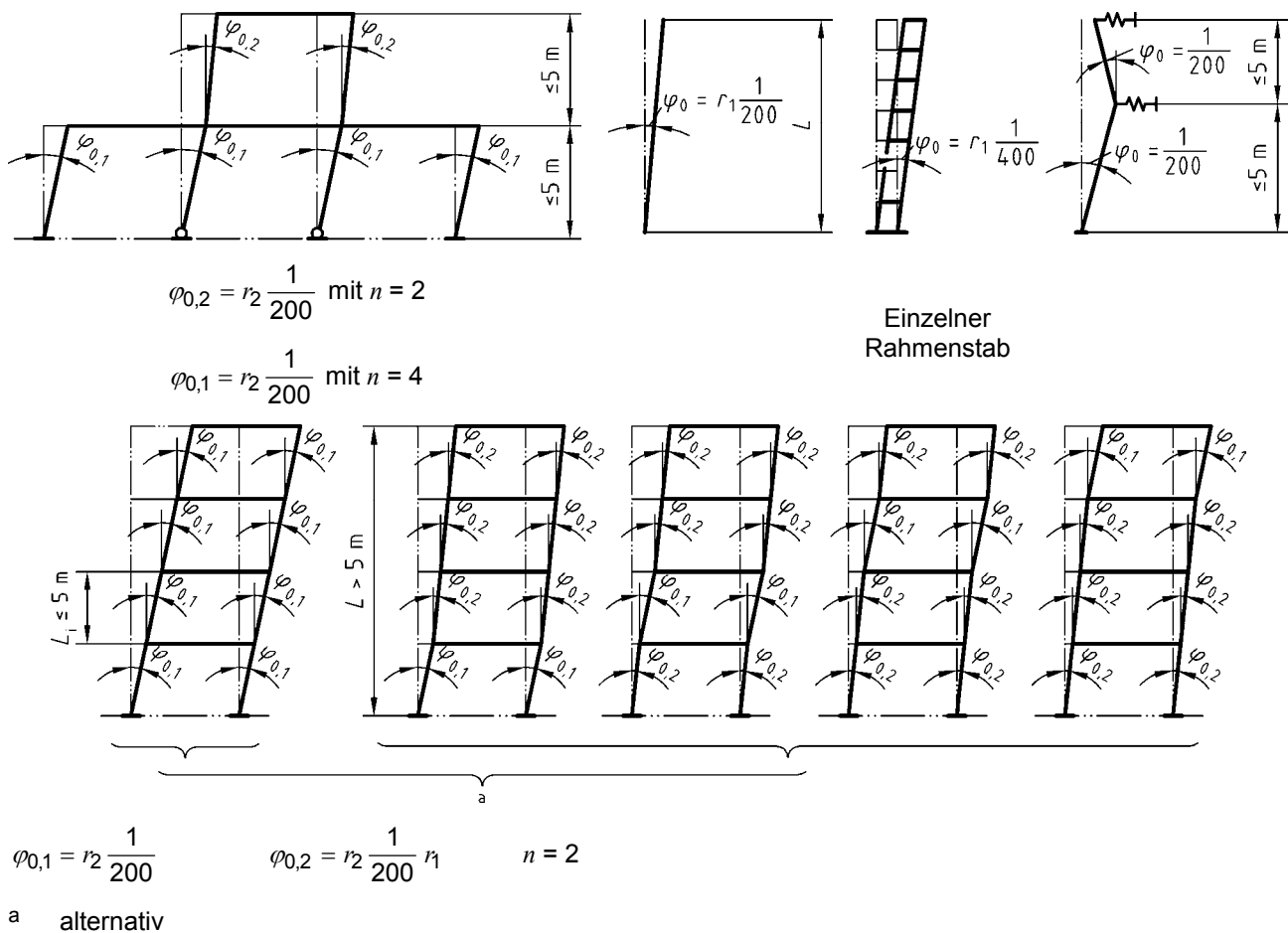
$$r_1 = \sqrt{\frac{5}{l}} \quad \text{Reduktionsfaktor für Stäbe oder Stabzüge mit } l > 5 \text{ m, wobei } l \text{ die Systemlänge des vorverdrehenden Stabes } L \text{ bzw. Stabzuges } L_r \text{ in m ist. Maßgebend ist jeweils derjenige Stab oder Stabzug, dessen Vorverdrehung sich auf die betrachtete Beanspruchung am ungünstigsten auswirkt.}$$

$$r_2 = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{\frac{1}{n}} \right) \quad \text{Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung von } n \text{ voneinander unabhängigen Ursachen für Vorverdrehungen von Stäben und Stabzügen.}$$

Bei der Berechnung des Reduktionsfaktors r_2 für Rahmen darf in der Regel für n die Anzahl der Stiele des Rahmens je Stockwerk in der betrachteten Rahmenebene eingesetzt werden. Stiele mit geringer Normalkraft zählen dabei nicht. Als Stiele mit geringer Normalkraft gelten solche, deren Normalkraft kleiner als 25 % der Normalkraft des maximal belasteten Stieles im betrachteten Geschoss und der betrachteten Rahmenebene ist.

ANMERKUNG 1 Bei der Berechnung der Geschossquerkraft in einem mehrgeschossigen Stabwerk sind Vorverdrehungen für die Stäbe des betrachteten Geschosses am ungünstigsten. Daher ist in r_1 die Systemlänge L der Geschossstiele einzusetzen. In den übrigen Geschossen darf in r_1 für l die Gebäudehöhe L_r gesetzt werden (Bild 6).

ANMERKUNG 2 Imperfektionen können auch durch den Ansatz gleichwertiger Ersatzlasten berücksichtigt werden.

**Bild 6 — Beispiele für Vorverdrehungen in Stabwerken und Rahmen**

ANMERKUNG 3 Vorverdrehungen aus Schraubenschlupf sind gegebenenfalls zusätzlich zu berücksichtigen; vergleiche 1.5.1, Element 118.

**Bild 7 — Ersatzbelastung für eine Vorverdrehung φ_0**

ANMERKUNG 4 Die verminderten Vorverdrehungen sind in DIN 18800-1:2008-11, 7.4, Element 730, angegeben; auch hier sind gegebenenfalls Vorverdrehungen aus Schraubenschlupf zusätzlich zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 5 Der Reduktionsfaktor r_2 darf sinngemäß auch bei Dachverbänden, die Träger stabilisieren, angewendet werden.

DIN 18800-2:2008-11**(206) Vorverdrehungen bei Aussteifungskonstruktionen**

Für die Stiele von Aussteifungskonstruktionen sind die Vorverdrehungen wie für die Stiele von verschieblichen Stockwerkrahmen anzusetzen. Das gleiche gilt gegebenenfalls für weitere, angehängte Stiele, die mit der Aussteifungskonstruktion verbunden sind und durch diese stabilisiert werden.

ANMERKUNG Aussteifungskonstruktionen sind z. B. Verbände.

2.4 Gleichzeitiger Ansatz von Vorkrümmung und Vorverdrehung

(207) Für Stäbe, die am verformten Stabwerk Stabdrehwinkel aufweisen können und eine Stabkennzahl $\varepsilon > 1,6$ haben, ist zusätzlich zu den Vorverdrehungen (nach 2.3) auch die Vorkrümmung (nach 2.2) in ungünstigster Richtung anzusetzen.

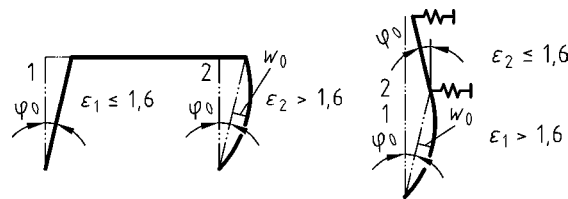


Bild 8 — Beispiele für die gleichzeitige Berücksichtigung von Vorkrümmung und Vorverdrehung

3 Einteilige Stäbe**3.1 Allgemeines****(301) Geltungsbereich**

Die in 3.2 bis 3.5 angegebenen Nachweise gelten für Einzelstäbe und für Stäbe von Stabwerken, die für den Nachweis aus dem Stabwerk gedanklich herausgelöst werden. Biegeknicken und Biegedrillknicken werden dabei getrennt untersucht.

ANMERKUNG Wenn Stäbe für die Rechnung gedanklich aus einem Stabwerk herausgelöst werden, sind die realen Randbedingungen des betreffenden Stabes zu beachten.

(302) Biegeknicken

In den Biegeknickuntersuchungen nach 3.2 bis 3.5 ist neben dem Ansatz von Imperfektionen (siehe Abschnitt 2, Elemente 201 ff.) auch der Einfluss aus Theorie II. Ordnung bereits berücksichtigt. Daher sind in 3.2 bis 3.5 die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung einzusetzen.

ANMERKUNG 1 Die Anwendung der Bedingungen (3), (24), (28) und (29) wird in der Literatur als Ersatzstabverfahren bezeichnet, wobei die zu den entsprechenden Stabwerken gehörenden Knicklängen benutzt werden.

ANMERKUNG 2 Wenn Stäbe aus einem Stabwerk herausgelöst werden, sind bei Anwendung des Ersatzstabverfahrens 3.4.2.2, 3.5.1 und 5.3.2.3 zu beachten.

(303) Biegedrillknicken

Die Biegedrillknickuntersuchung ist für die aus dem Stabwerk herausgelöst gedachten Stäbe durchzuführen. Dabei sind die Stabendmomente erforderlichenfalls nach Theorie II. Ordnung zu bestimmen. Die Feldmomente dürfen mit diesen Stabendmomenten nach Theorie I. Ordnung berechnet werden.

Die Biegedrillknickuntersuchung ist nicht erforderlich für

- Stäbe mit Hohlquerschnitten;
- Stäbe, deren Verdrehung ϑ oder seitliche Verschiebung v ausreichend behindert ist;
- Stäbe mit planmäßiger Biegung, wenn deren bezogener Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_M \leq 0,4$ ist.

ANMERKUNG Zum Nachweis ausreichender Behinderung der Verformungen siehe 3.3.2.

3.2 Planmäßig mittiger Druck

3.2.1 Biegeknicken

(304) Nachweisformat

Der Tragsicherheitsnachweis ist für die maßgebende Ausweichrichtung mit Bedingung (3) zu führen.

$$\frac{N}{\kappa \cdot N_{pl,d}} \leq 1 \quad (3)$$

Der Abminderungsfaktor κ ($= \kappa_y$ bzw. κ_z) ist in Abhängigkeit von dem bezogenen Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_K$ und der dem jeweiligen Querschnitt nach Tabelle 5 zugeordneten Knickspannungslinie mit den Gleichungen (4a) bis (4c) zu ermitteln.

$$\bar{\lambda}_K \leq 0,2: \quad \kappa = 1 \quad (4a)$$

$$\bar{\lambda}_K > 0,2: \quad \kappa = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \bar{\lambda}_K^2}} \quad (4b)$$

$$k = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda}_K - 0,2) + \bar{\lambda}_K^2]$$

vereinfachend für

$$\bar{\lambda}_K > 3,0: \quad \kappa = \frac{1}{\bar{\lambda}_K (\bar{\lambda}_K + \alpha)} \quad (4c)$$

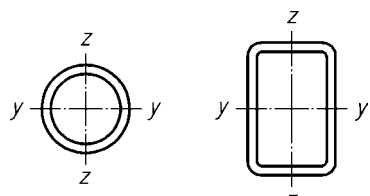
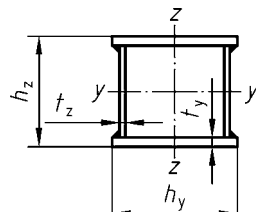
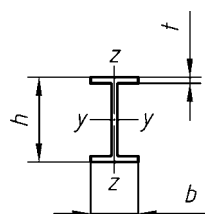
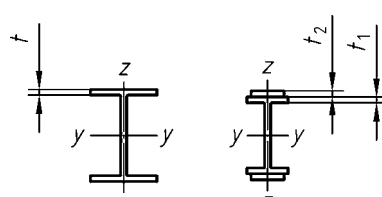
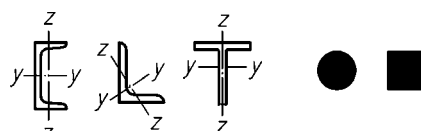
mit α nach Tabelle 4.

Tabelle 4 — Parameter α zur Berechnung des Abminderungsfaktors κ

Knickspannungslinie	a_0	a	b	c	d
α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

DIN 18800-2:2008-11

Tabelle 5 — Zuordnung der Querschnitte zu den Knickspannungslinien

	1	2	3	
	Querschnitt	Ausweichen rechtwinklig zur Achse	Knick- spannungs- linie	
1	Hohlprofile 	warm gefertigt kalt gefertigt	$y - y$ $z - z$ $y - y$ $z - z$	a^a b^a
	geschweißte Kastenquerschnitte 	dicke Schweißnaht und $h_y/t_y < 30$ $h_z/t_z < 30$	$y - y$ $z - z$ $y - y$ $z - z$	b c
3	gewalzte I-Profile 	$h/b > 1,2; t \leq 40 \text{ mm}$	$y - y$ $z - z$	a^a b^a
		$h/b > 1,2; 40 < t \leq 80 \text{ mm}$	$y - y$ $z - z$	b^a c^a
		$h/b \leq 1,2; t \leq 80 \text{ mm}$	$y - y$ $z - z$	d^a
		$t > 80 \text{ mm}$	$y - y$ $z - z$	
4	geschweißte I-Querschnitte 	$t_i \leq 40 \text{ mm}$	$y - y$ $z - z$	c c
		$t_i > 40 \text{ mm}$	$y - y$ $z - z$	c d
5	U-, L-, T- und Vollquerschnitte  und mehrteilige Stäbe nach 4.4	$y - y$ $z - z$	c	
6	Hier nicht aufgeführte Profile sind sinngemäß einzuordnen. Die Einordnung soll dabei nach den möglichen Eigenspannungen und Blechdicken erfolgen.			
a Bei Bauteilen aus den Stahlsorten S460 darf a_0 statt a , a statt b , b statt c und c statt d verwendet werden.				

ANMERKUNG Als dicke Schweißnähte sind solche mit einer vorhandenen Nahtdicke $a \geq \min t$ zu verstehen.

ANMERKUNG 1 Die zur Berechnung von $\bar{\lambda}_K$ benötigte Knicklänge kann der Literatur entnommen werden. Vier einfache Fälle sind in Bild 9 angegeben, weitere Fälle können mit Hilfe der Bilder 27 und 29 behandelt werden. Behält in Sonderfällen die am Stab angreifende Last ihre Richtung beim Ausweichen des Stabes nicht bei, so ist dies bei der Ermittlung der Knicklänge s_K zu berücksichtigen, z. B. mit Hilfe der Bilder 36 bis 38.

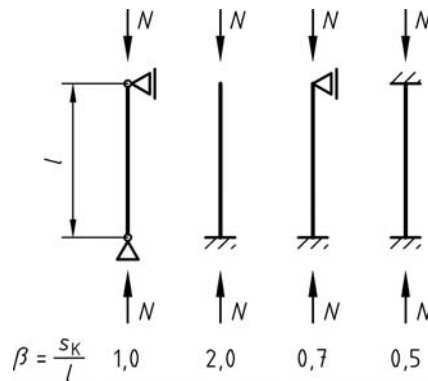


Bild 9 — Beispiele für Knicklängen einfacher Stäbe mit konstantem Querschnitt

ANMERKUNG 2 Die zahlenmäßige Auswertung der Gleichungen (4a) bis (4c) kann der Literatur entnommen werden, z. B. [2].

(305) Zusatzbedingungen bei veränderlichen Querschnitten und Normalkräften

Bei Anwendung von Bedingung (3) auf Stäbe mit veränderlichen Querschnitten und/oder Normalkräften muss der Nachweis mit Bedingung (3) für alle maßgebenden Querschnitte mit den jeweils zugehörigen Schnittgrößen, Querschnittswerten und der zugehörigen Normalkraft N_{Ki} an der betreffenden Stelle geführt werden. Zusätzlich müssen folgende Bedingungen eingehalten werden:

$$\eta_{Ki} \geq 1,2 \quad (5)$$

und

$$\min M_{pl} \geq 0,05 \max M_{pl} \quad (6)$$

3.2.2 Biegedrillknicken

(306) Für Stäbe mit beliebiger, aber unverschieblicher Lagerung der Enden, mit unveränderlichem Querschnitt und konstanter Normalkraft ist ein Tragsicherheitsnachweis nach 3.2.1 zu führen. Bei der Berechnung des bezogenen Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}_K$ ist dabei für N_{Ki} die Normalkraft unter der kleinsten Verzweigungslast für Biegedrillknicken anzusetzen. Der Abminderungsfaktor κ ist dabei für das Ausweichen rechtwinklig zur z-Achse zu ermitteln.

Für Walzträger mit I-Querschnitt und für I-Träger mit ähnlichen Abmessungen braucht ein Tragsicherheitsnachweis für das Biegedrillknicken nicht geführt zu werden.

ANMERKUNG Das Drillknicken wird hier als Sonderfall des Biegedrillknickens betrachtet.

DIN 18800-2:2008-11

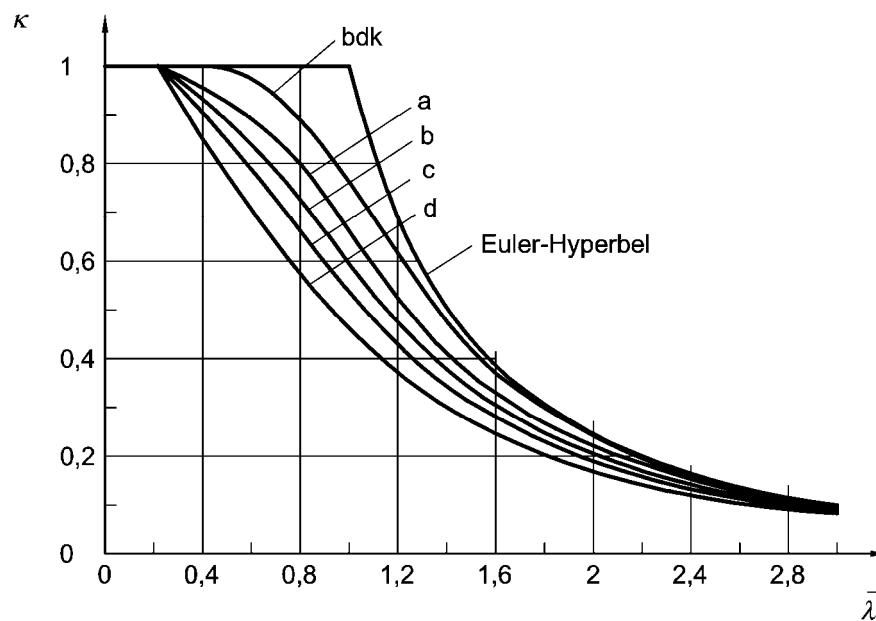


Bild 10 — Abminderungsfaktoren κ für Biegeknicken (Knickspannungslinien a, b, c, d) und κ_M für Biegedrillknicken (bdk) nach Gleichung (18) mit $n = 2,5$

3.3 Einachsige Biegung ohne Normalkraft

3.3.1 Allgemeines

(307) Es ist ein Tragsicherheitsnachweis nach 3.3.4 zu führen.

Dieser Nachweis darf

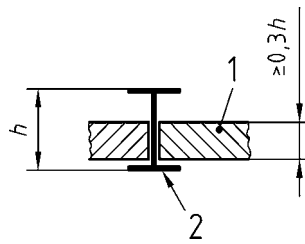
- bei Biegung um die z-Achse oder
 - wenn, jeweils die Bedingungen nach 3.3.2 oder 3.3.3 eingehalten werden
- entfallen.

ANMERKUNG Der hier behandelte Stabilitätsfall wurde in DIN 4114-1:1952-07 und meistens in der Literatur als „Kippen“ bezeichnet.

3.3.2 Behinderung der Verformung

(308) Behinderung der seitlichen Verschiebung

Ausreichende Behinderung der seitlichen Verschiebung ist vorhanden bei Stäben, die durch ständig am Druckgurt anschließendes Mauerwerk nach DIN 1053 (alle Teile) ausgesteift sind und dessen Dicke nicht geringer ist als die 0,3-fache Querschnittshöhe des Stabes.

**Legende**

- 1 Mauerwerk
2 Druckgurt

Bild 11 — Aussteifung durch Mauerwerk

Wenn an Träger Trapezprofile nach DIN 18807 angeschlossen sind und Bedingung (7) erfüllt ist, dann darf die Anschlussstelle als in Trapezblechebene unverschieblich gehalten angesehen werden.

$$S \geq \left(EI_{\omega} \frac{\pi^2}{l^2} + GI_T + EI_z \frac{\pi^2}{l^2} 0,25h^2 \right) \frac{70}{h^2} \quad (7)$$

Dabei ist

S der auf den untersuchten Träger entfallende Anteil der Schubsteifigkeit der Trapezblechscheiben nach DIN 18807-1 bei Befestigung in jeder Profilrippe.

Wenn die Befestigung der Trapezprofile nur in jeder zweiten Profilrippe erfolgt, ist der Wert S durch $0,2 \cdot S$ zu ersetzen.

ANMERKUNG Bedingung (7) zur Bestimmung der seitlichen Unverschieblichkeit eines Trägersgurt (gebundene Drehachse) kann bei entsprechender Ausbildung der Anschlussstellen auch für andere Bekleidungen als Trapezbleche angewandt werden.

(309) Behinderung der Verdrehung durch Nachweis ausreichender Drehbettung

Bei Trägern mit doppelsymmetrischem, I-förmigem Querschnitt, deren Abmessungsverhältnisse denen von Walzprofilen nach den Normen der Reihe DIN 1025, sowie DIN EN 10024 und DIN EN 10034 entsprechen, ist eine ausreichende Drehbettung vorhanden, wenn Bedingung (8) erfüllt ist.

$$c_{g,k} \geq \frac{M_{pl,y,k}^2}{EI_{z,k}} k_g \cdot k_v \quad (8)$$

mit

$k_v = 1,0$ bei Anwendung der Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch und Plastisch-Plastisch (Tabelle 1, Zeilen 2 und 3);

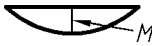
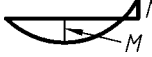
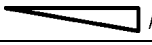
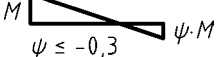
$k_v = 0,35$ bei Anwendung des Nachweisverfahrens Elastisch-Elastisch (Tabelle 1, Zeile 1), wenn die Vergleichsspannung die Grenzspannung $f_{y,d}$ nicht überschreitet. Andernfalls gilt $k_v = 1,0$.

k_g — nach Tabelle 6, Spalte 2, wenn sich der Träger ungehindert seitlich verschieben kann;

— nach Tabelle 6, Spalte 3, wenn der Träger am Obergurt seitlich unverschieblich gehalten ist (gebundene Drehachse).

DIN 18800-2:2008-11

Tabelle 6 — Beiwerte k_g

	1	2	3
	Momentenverlauf	Freie Drehachse	Gebundene
1		4,0	0
2a		3,5	0,12
2b			0,23
3		2,8	0
4		1,6	1,0
5		1,0	0,70

ANMERKUNG 1 Aus Vereinfachungsgründen ist Bedingung (8) im Gegensatz zu anderen Nachweisen mit den charakteristischen Werten formuliert.

ANMERKUNG 2 Bei der Ermittlung der wirksamen, vorhandenen Drehbettung $c_{g,k}$ sind gegebenenfalls Verformungen des Anschlussbereiches zwischen dem gestützten Träger und dem abstützenden Bauteil zu berücksichtigen. Dies kann z. B. nach Gleichung (9) geschehen.

$$\frac{1}{c_{g,k}} = \frac{1}{c_{gM,k}} + \frac{1}{c_{gA,k}} + \frac{1}{c_{gP,k}} \quad (9)$$

Dabei ist

$c_{g,k}$ wirksame vorhandene Drehbettung;

$c_{gM,k}$ theoretische Drehbettung nach Gleichung (10) aus der Biegesteifigkeit des abstützenden Bauteils „a“ bei Annahme einer starren Verbindung

$$c_{gM,k} = k \frac{(E_a \cdot I_a)_k}{a} \quad (10)$$

mit

$k = 2$ für Ein- und Zweifeldträger;

$k = 4$ für Durchlaufträger mit 3 oder mehr Feldern;

$(E \cdot I_a)_k$ Biegesteifigkeit des abstützenden Bauteils;

a Stützweite des abstützenden Bauteils.

$c_{gA,k}$ Drehbettung aus der Verformung des Anschlusses. Diese kann — wenn kein genauere Nachweis geführt wird — für Stahltrapezprofile nach DIN 18807 mit den Werten $\bar{c}_{gA,k}$ nach Tabelle 7 aus Gleichung (11a) oder (11b) ermittelt werden. Für Sandwichelemente mit Stahldeckschichten, die die Auflast q_d auf den gestützten Träger übertragen, ergibt sich $c_{gA,k}$ aus der in Bild 11a dargestellten Momenten-Verdrehungsbeziehung als Sekantensteifigkeit mit Gleichung (11c), sowie den Hilfwerten nach Tabelle 7a und 7b

$$c_{\vartheta A,k} = \bar{c}_{\vartheta A,k} \left(\frac{\text{vorh } b}{100} \right)^2 \quad \text{für} \quad \frac{\text{vorh } b}{100} \leq 1,25 \quad (11a)$$

$$c_{\vartheta A,k} = \bar{c}_{\vartheta A,k} \left(\frac{\text{vorh } b}{100} \right) \cdot 1,25 \quad \text{für} \quad 1,25 \leq \frac{\text{vorh } b}{100} \leq 2,0 \quad (11b)$$

$$c_{\vartheta A,k} = \frac{m_k}{\vartheta(m_k)} \quad (11c)$$

vorh b vorhandene Breite des Gurtes des gestützten Trägers (in mm).

Weitere Angaben, auch für andere Dachdeckungen, siehe z. B. [3].

$c_{\vartheta P,k}$ Drehbettung aus der Profilverformung des gestützten Trägers; [4].

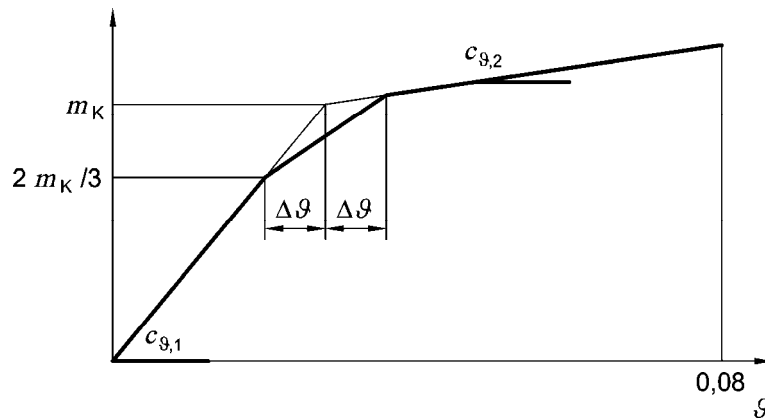


Bild 11a — Momenten-Verdrehungsbeziehung

ANMERKUNG 3 Anstelle des Nachweises mit Bedingung (8) kann die wirksame vorhandene Drehbettung $c_{\vartheta,k}$ auch bei der Ermittlung des idealen Biegedrillknickmomentes $M_{Ki,y}$ berücksichtigt werden. Der Nachweis wird dann nach 3.3.4 geführt.

DIN 18800-2:2008-11

Tabelle 7 — Charakteristische Werte für Anschlusssteifigkeiten $\bar{c}_{gA,k}$ von Trapezprofilen aus Stahl, bezogen auf eine Gurtbreite $b = 100$ mm

Zeile	Trapezprofillage		Schrauben im		Schrauben- abstand		Scheiben- durch- messer	$\bar{c}_{gA,k}$	max b_t^c
	positiv	negativ	Untergurt	Obergurt	b_r^a	$2 b_r^a$			
	Auflast								
1	x		x		x		22	5,2	40
2	x		x			x	22	3,1	40
3		x		x	x		Ka ^b	10,0	40
4		x		x		x	Ka ^b	5,2	40
5		x	x		x		22	3,1	120
6		x	x			x	22	2,0	120
	Sog								
7	x		x		x		16	2,6	40
8	x		x			x	16	1,7	40
^a b_r Rippenabstand									
^b Ka Abdeckkappen aus Stahl mit $t \geq 0,75$ mm									
^c b_t Breite des angeschlossenen Gurtes des Trapezprofils									
Die angegebenen Werte gelten für Schrauben mit dem Durchmesser $d \geq 6,3$ mm, die nach Bild 13 angeordnet sind, sowie für Unterlegscheiben aus Stahl mit der Dicke $d \geq 1,0$ mm und aufvulkanisierter Neoprendichtung.									

Tabelle 7a — Kennwerte der Momenten-Verdrehungsbeziehung für Sandwichelemente

	doppelsymmetrische Träger 60 mm ≤ vorh b ≤ 100 mm		Z- oder U-Profile 60 mm ≤ vorh b ≤ 80 mm	
$c_{g1} =$	$c_1 \cdot E_s \cdot \frac{\text{vorh } b}{82}$	(11d)	$c_1 \cdot E_s$	(11g)
$c_{g2} =$	$\zeta \cdot c_2 \cdot E_s \cdot t_K \cdot \frac{\text{vorh } b}{82}$	(11e)	0	(11h)
$m_K =$	$q_d \cdot \frac{\text{vorh } b}{2}$	(11f)	$q_d \cdot \text{vorh } b$	(11i)
2,0 N/mm ² ≤ E _s ≤ 6,0 N/mm ²		Elastizitätsmodul der Sandwich-Kernschicht		
0,42 mm ≤ t _K ≤ 0,67 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 7b		
ζ		Faktor zur Berücksichtigung der Befestigungsart, siehe Bild 13:		
		ζ=1 alternierende Anordnung		
		ζ=1,5 einseitige Anordnung (ungünstige Drehrichtung ausgeschlossen)		
		ζ=0 verdeckte Anordnung		

Tabelle 7b — Faktoren c₁ und c₂ für Gleichungen (11d), (11e) und (11g)

Zeile	Kernschicht	Einsatzbereich	Schraubenkopfseitige 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	0,69	0,18
4		Wand	quasi-eben	0,48	0,16

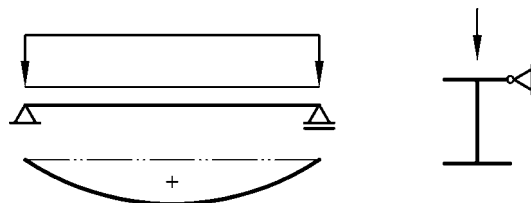


Bild 12 — Beispiel für die Lage einer gebundenen Drehachse

DIN 18800-2:2008-11

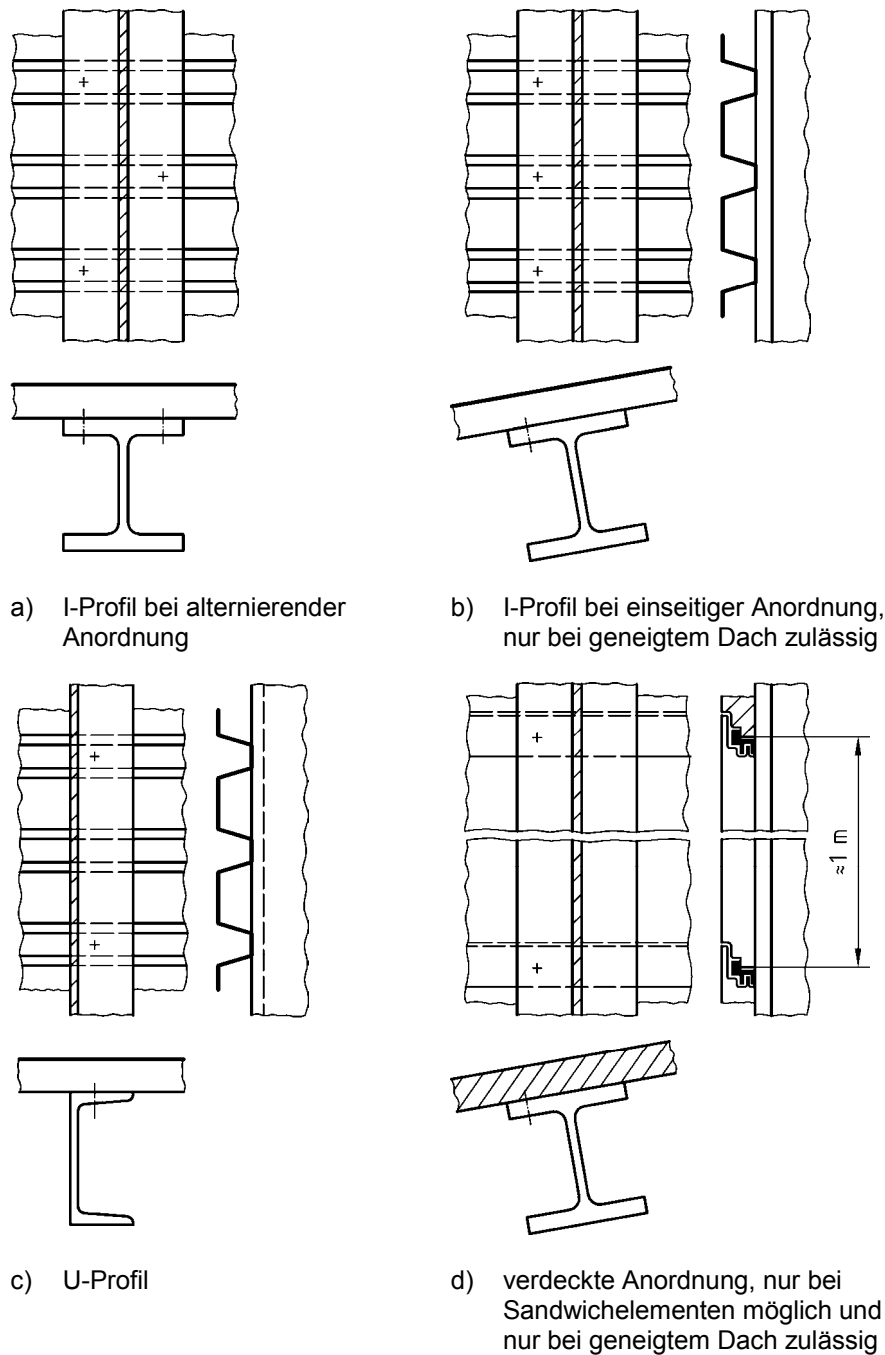


Bild 13 — Beispiele für die Schraubenanordnung bei Trapezprofilen und Sandwichelementen

3.3.3 Nachweis des Druckgurtes als Druckstab

(310) Bei I-Trägern mit zur Stegachse symmetrischem Querschnitt, deren Druckgurt in einzelnen Punkten im Abstand c seitlich unverschieblich gehalten ist, ist eine genauere Biegedrillknickuntersuchung nicht erforderlich, wenn Bedingung (12) erfüllt ist.

$$\bar{\lambda} \leq 0,5 \frac{M_{pl,y,d}}{M_y} \quad (12)$$

Dabei ist

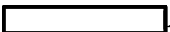
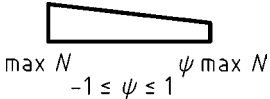
$$\bar{\lambda} = \frac{c \cdot k_c}{i_{z,g} \cdot \lambda_a} \quad (13)$$

mit

$i_{z,g}$ Trägheitsradius um die Stegachse z der aus Druckgurt und 1/5 des Steges gebildeten Querschnittsfläche;

k_c Beiwert für den Verlauf der Druckkraft im Druckgurt, nach Tabelle 8.

Tabelle 8 — Druckkraftbeiwerte k_c

	Normalkraftverlauf	k_c
1		1,00
2		0,94
3		0,86
4		$\frac{1}{1,33 - 0,33 \psi}$

Ist Bedingung (12) nicht erfüllt, darf ein vereinfachter Nachweis mit Bedingung (14) geführt werden.

$$\frac{0,843 M_y}{\kappa \cdot M_{pl,y,d}} \leq 1 \quad (14)$$

Dabei ist

M_y größter Absolutwert des Biegemomentes;

κ Abminderungsfaktor der Knickspannungslinie c oder d nach Gleichung (4) für $\bar{\lambda}$ aus Gleichung (13)
 — Knickspannungslinie d ist zu wählen für Träger, die keine gewalzten Träger nach Zeile 1 der Tabelle 9 sind und durch Querbelastrung am Obergurt beansprucht werden. Hierbei ist zusätzlich Bedingung (15) einzuhalten:

$$\frac{h}{t} \leq 44 \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}} \quad (15)$$

mit den Trägerabmessungen

h größte Gesamthöhe;

t Dicke des Druckgurtes.

— Knickspannungslinie c darf in den übrigen Fällen gewählt werden.

ANMERKUNG Vereinfachend darf statt mit $i_{z,g}$ auch mit dem Trägheitsradius i_z des Gesamtprofils gerechnet werden,

DIN 18800-2:2008-11**3.3.4 Biegedrillknicken**

(311) Für I-Träger sowie U- und C-Profile, bei denen keine planmäßige Torsion auftritt, ist der Tragsicherheitsnachweis mit Bedingung (16) zu führen.

$$\frac{M_y}{\kappa_M \cdot M_{pl,y,d}} \leq 1 \quad (16)$$

Dabei ist

M_y größter Absolutwert des Biegemomentes nach 3.1, Element 303;

κ_M Abminderungsfaktor für Biegemomente in Abhängigkeit vom bezogenen Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_M$

$$\kappa_M = 1 \quad \text{für} \quad \bar{\lambda}_M \leq 0,4 \quad (17)$$

$$\kappa_M = \left(\frac{1}{1 + \bar{\lambda}_M^{2n}} \right)^{1/n} \quad \text{für} \quad \bar{\lambda}_M > 0,4 \quad (18)$$

mit

n Trägerbeiwert nach Tabelle 9.

Falls Biegemomente M_y mit einem Momentenverhältnis $\psi > 0,5$ nach Bild 14 vorhanden sind, so ist der Trägerbeiwert n mit einem Faktor k_n nach Bild 14 zu multiplizieren.

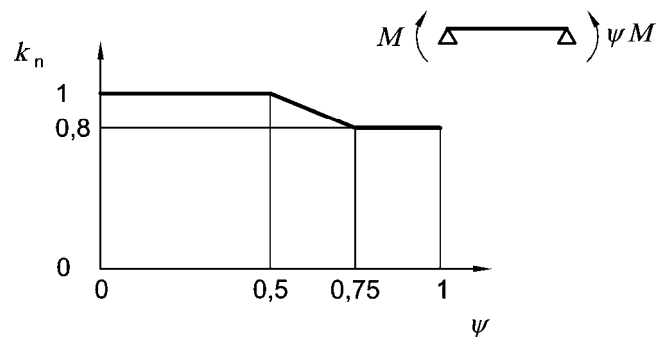
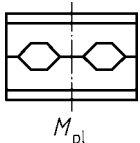
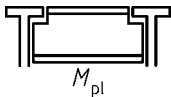
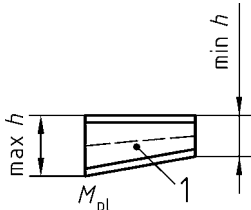


Bild 14 — Faktor k_n für den Trägerbeiwert

Tabelle 9 — Trägerbeiwert n

	Profil	n
1	gewalzte Träger 	2,5
2	geschweißte Träger 	2,0
3	Wabenträger 	1,5
4	Ausgeklinte Träger 	2,0
5	Voutenträger ^a  1 Schweißnaht $\frac{\min h}{\max h} \geq 0,25$	$0,7 + 1,8 \frac{\min h}{\max h}$
^a Wenn die Flansche an den Steg geschweißt sind, ist der Trägerbeiwert n zusätzlich mit 0,8 zu multiplizieren.		

ANMERKUNG 1 Zur Berechnung von $\bar{\lambda}_M$ muss das ideale Biegedrillknickmoment $M_{Ki,y}$ bekannt sein. Dazu können Angaben der Literatur entnommen werden, z. B. [5], [6]. Bei gleichbleibendem, doppelsymmetrischem Querschnitt darf Gleichung (19) oder (20) angewendet werden.

$$M_{Ki,y} = \zeta \cdot N_{Ki,z} \left(\sqrt{c^2 + 0,25z_p^2} + 0,5z_p \right) \quad (19)$$

mit

ζ Momentenbeiwert für Gabellagerung an den Enden, nach Tabelle 10;

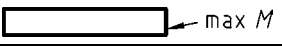
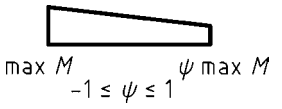
$$N_{Ki,z} = \pi^2 \cdot E \cdot I_z / l^2;$$

$$c^2 = \frac{I_\omega + 0,039 l^2 \cdot I_T}{I_z};$$

z_p Abstand des Angriffspunktes der Querbelastrung vom Schwerpunkt, entsprechend Bild 1 nach unten positiv. Dies bedeutet, dass, unabhängig vom statischen System (Einfeldträger, Kragarm), eine Last am Obergurt immer mit einem negativen Wert zu versehen ist.

DIN 18800-2:2008-11

Tabelle 10 — Momentenbeiwerte ζ

Zeile	Momentenverlauf	ζ
1		1,00
2		1,12
3		1,35
4		1,77 - 0,77 ψ

Vereinfachend darf bei Trägerhöhen $h \leq 60$ cm Gleichung (19) auch durch Gleichung (20) ersetzt werden.

$$M_{\text{Ki},y} = \frac{1,32 \, b \cdot t \, (E \cdot I_y)}{l \cdot h^2} \quad (20)$$

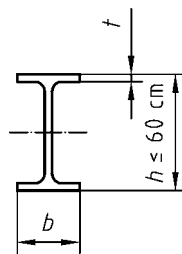


Bild 15 — Abmessungen für die vereinfachten Nachweise nach Gleichung (20) oder (21)

ANMERKUNG 2 κ_M kann auch dem Bild 10 entnommen werden, wenn der Trägerbeiwert $n = 2,5$ ist; die Kurve ist dort mit bdk bezeichnet.

ANMERKUNG 3 Der Wert $\kappa_M = 1$ darf bei Trägerhöhen $h \leq 60$ cm (siehe Bild 15) und gleichbleibendem Querschnitt angenommen werden, wenn die Bedingung (21) erfüllt ist.

$$l \leq \frac{b \cdot t}{h} \cdot 200 \cdot \frac{240}{f_{y,k}} \quad (21)$$

mit $f_{y,k}$ in N/mm².

ANMERKUNG 4 Der Trägerbeiwert n (in der Literatur [5], [6] als Systemfaktor bezeichnet) deckt Einflüsse aus Eigenspannungen und Vorverformungen auf die Traglast ab, nicht jedoch Einflüsse von Lagerbedingungen, die über $M_{\text{Ki},y}$ erfasst werden.

3.4 Einachsige Biegung mit Normalkraft

In 3.4 ist unter „Normalkraft“ stets Druck zu verstehen.

3.4.1 Stäbe mit geringer Normalkraft

(312) Stäbe mit geringer Normalkraft, die die Bedingung (22) erfüllen, dürfen unter Vernachlässigung dieser Normalkraft nach 3.3 nachgewiesen werden.

$$\frac{N}{\kappa \cdot N_{\text{pl,d}}} < 0,1 \quad (22)$$

3.4.2 Biegeknicken

3.4.2.1 Vereinfachter Nachweis für Sonderfälle

(313) Für den beidseitig gelenkig gelagerten Stab mit einer Querbelastrung in Form einer Strecken- oder Einzellast und dem maximalen Moment M nach Theorie I. Ordnung darf Bedingung (3) angewendet werden, wobei jedoch in Gleichung (4b) k nach Gleichung (23) einzusetzen ist.

$$k = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda}_K - 0,2) + \bar{\lambda}_K^2 + \frac{M / M_{pl,d}}{N / N_{pl,d}} \right] \quad (23)$$

Es ist 3.2.1, Element 305, zu beachten.

3.4.2.2 Ersatzstabverfahren

(314) Nachweisformat

Der Tragsicherheitsnachweis ist mit Bedingung (24) unter Verwendung der Knickspannungslinien nach 3.2.1 zu führen

$$\frac{N}{\kappa \cdot N_{pl,d}} + \frac{\beta_m \cdot M}{M_{pl,d}} + \Delta n \leq 1 \quad (24)$$

Dabei ist

κ Abminderungsfaktor nach Gleichung (4) in Abhängigkeit von $\bar{\lambda}_K$ für die maßgebende Knickspannungslinie (siehe Tabelle 5) für Ausweichen in der Momentenebene;

β_m Momentenbeiwert für Biegeknicken nach Tabelle 11, Spalte 2;

Momentenbeiwerte $\beta_m < 1$ sind nur bei Stäben mit unverschieblicher Lagerung der Stabenden und gleichbleibendem Querschnitt unter konstanter Druckkraft ohne Querlasten zulässig;

M Größter Absolutwert des Biegemomentes nach Elastizitätstheorie I. Ordnung ohne Ansatz von Imperfektionen;

$$\Delta n = \frac{N}{\kappa \cdot N_{pl,d}} \left(1 - \frac{N}{\kappa \cdot N_{pl,d}} \right) \cdot \kappa^2 \cdot \bar{\lambda}_K^2; \quad \text{jedoch } \Delta n \leq 0,1.$$

Bei der Berechnung von $M_{pl,d}$ ist 1.5.2, Element 123, zu beachten.

Bei doppelsymmetrischen Querschnitten, die mindestens einen Stegflächenanteil von 18 % haben, darf in Bedingung (24) $M_{pl,d}$ durch $1,1 M_{pl,d}$ ersetzt werden, wenn

$$\frac{N}{N_{pl,d}} > 0,2 \quad (25)$$

ist.

ANMERKUNG 1 Für den Sonderfall $M = 0$ geht Bedingung (24) im Traglastzustand in die Bedingung (3) über.

ANMERKUNG 2 Vereinfachend darf für Δn auch entweder $0,25 \kappa^2 \cdot \bar{\lambda}_K^2$ oder 0,1 gesetzt werden.

DIN 18800-2:2008-11**(315) Einfluss von Querkraften**

Der Einfluss der Querkraften auf die Tragfähigkeit des Querschnitts ist zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Dies kann durch Reduktion der vollplastischen Schnittgrößen berücksichtigt werden, z. B. nach DIN 18800-1:2008-11, Tabellen 16 und 17.

(316) Veränderliche Querschnitte und Normalkräfte

Bei veränderlichen Querschnitten und/oder Normalkräften muss der Nachweis mit Bedingung (24) für alle maßgebenden Querschnitte mit den jeweils zugehörigen Schnittgrößen, Querschnittswerten und der zugehörigen Normalkraft N_{Ki} an der betreffenden Stelle geführt werden. Zusätzlich müssen die Bedingungen (5) und (6) nach 3.2.1, Element 305, eingehalten werden.

(317) Biegesteife Verbindungen

Bei der Bemessung von biegesteifen Verbindungen ist statt des vorhandenen Biegemomentes M das vollplastische Biegemoment $M_{pl,d}$ zu berücksichtigen, sofern kein genauerer Nachweis geführt wird.

ANMERKUNG Bei einem genaueren Nachweis wird bei der Bemessung der Verbindungen das Biegemoment nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung von Ersatzimperfektionen zugrunde gelegt.

(318) Stababschnitte ohne Druckkräfte

Stababschnitte ohne Druckkräfte, die aufgrund der Verbindung mit druckkraftbeanspruchten Stäben Biegemomente aufnehmen, sind mit Bedingung (26) nachzuweisen. Die Streckgrenze der druckkraftfreien Querschnitte darf dabei nicht kleiner sein als die der druckkraftbeanspruchten.

$$\frac{M}{M_{pl,d}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1,15}{\eta_{Ki}}} \leq 1 \quad (26)$$

mit $\eta_{Ki} > 1,15$.

ANMERKUNG Stababschnitte ohne Druckkräfte können z. B. Rahmenriegel sein, die an druckbeanspruchten Stützen angeschlossen sind.

(319) Einwirkungsfälle Lagerbewegung und Temperatur

Bei der Bestimmung des Biegemomentes M sind gegebenenfalls auch Einflüsse von Verformungen infolge der Einwirkungsfälle Lagerbewegung oder Temperatur zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Angaben hierzu sind der Literatur zu entnehmen (z. B. [7]).

3.4.3 Biegedrillknicken

(320) Für Stäbe, bei denen keine planmäßige Torsion auftritt, mit konstanter Normalkraft und doppelt- oder einfachsymmetrischem, I-förmigem Querschnitt, deren Abmessungsverhältnisse denen der Walzprofile entsprechen, sowie für U- und C-Profile ist der Tragsicherheitsnachweis mit Bedingung (27) zu führen.

$$\frac{N}{\kappa_z \cdot N_{pl,d}} + \frac{M_y}{\kappa_M \cdot M_{pl,y,d}} k_y \leq 1 \quad (27)$$

Außer den in 3.3.4 erläuterten Größen bedeuten:

κ_z Abminderungsfaktor nach Gleichung (4) mit $\bar{\lambda}_{K,z}$ für das Ausweichen rechtwinklig zur z-Achse;

$\bar{\lambda}_{K,z} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{Ki}}}$ bezogener Schlankheitsgrad für Normalkraftbeanspruchung;

N_{Ki} Normalkraft unter der kleinsten Verzweigungslast für das Ausweichen rechtwinklig zur z-Achse oder Drillknicklast;

$\beta_{M,y}$ Momentenbeiwert β_M für Biegedrillknicken nach Tabelle 11, Spalte 3 zur Erfassung der Form des Biegemomentes M_y ;

k_y Beiwert zur Berücksichtigung des Momentenverlaufs M_y und des bezogenen Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}_{K,z}$

$$k_y = 1 - \frac{N}{\kappa_z \cdot N_{pl,d}} a_y \quad \text{jedoch} \quad k_y \leq 1$$

$$a_y = 0,15 \lambda_{K,z} \cdot \beta_{M,y} - 0,15 \quad \text{jedoch} \quad a_y \leq 0,9$$

ANMERKUNG 1 Insbesondere bei U- und C-Profilen ist zu beachten, dass planmäßige Torsion mit diesem Nachweis nicht erfasst ist.

ANMERKUNG 2 T-Querschnitte sind durch die Regelungen dieses Abschnitts nicht erfasst.

ANMERKUNG 3 Eine Näherung auf der sicheren Seite ist mit $k_y = 1$ gegeben.

ANMERKUNG 4 Die Drillknicklast wird z. B. bei einem Stab mit gebundener Drehachse maßgebend.

3.5 Zweiachsige Biegung mit oder ohne Normalkraft

In 3.5 ist unter „Normalkraft“ stets Druck zu verstehen.

3.5.1 Biegeknicken

(321) Nachweismethode 1

Bei Anwendung der Nachweismethode 1 ist der Tragsicherheitsnachweis mit Bedingung (28) zu führen.

$$\frac{N}{\kappa \cdot N_{pl,d}} + \frac{M_y}{M_{pl,y,d}} \cdot k_y + \frac{M_z}{M_{pl,z,d}} \cdot k_z \leq 1 \quad (28)$$

mit

$\kappa = \min(\kappa_y, \kappa_z)$ Abminderungsfaktor der maßgebenden Knickspannungslinie nach Gleichung (4);

M_y, M_z größter Absolutwert der Biegemomente nach Theorie I. Ordnung ohne Ansatz von Imperfektionen;

$\beta_{M,y}, \beta_{M,z}$ Momentenbeiwerte β_M nach Tabelle 11, Spalte 3 zur Erfassung der Form der Biegemomente M_y, M_z ;

DIN 18800-2:2008-11

$\alpha_{pl,y}, \alpha_{pl,z}$ plastische Formbeiwerte für Biegemomente M_y bzw. M_z ; Abschnitt 1.5.2, Element 123, ist hierbei nicht anzuwenden;

k_y Beiwert zur Berücksichtigung des Momentenverlaufs M_y und des bezogenen Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}_{K,y}$

$$k_y = 1 - \frac{N}{\kappa_y \cdot N_{pl,d}} a_y \quad \text{jedoch} \quad k_y \leq 1,5$$

$$a_y = \bar{\lambda}_{K,y}(2\beta_{M,y} - 4) + (\alpha_{pl,y} - 1) \quad \text{jedoch} \quad a_y \leq 0,8$$

k_z Beiwert zur Berücksichtigung des Momentenverlaufs M_z und des bezogenen Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}_{K,z}$

$$k_z = 1 - \frac{N}{\kappa_z \cdot N_{pl,d}} a_z \quad \text{jedoch} \quad k_z \leq 1,5$$

$$a_z = \bar{\lambda}_{K,z}(2\beta_{M,z} - 4) + (\alpha_{pl,z} - 1) \quad \text{jedoch} \quad a_z \leq 0,8$$

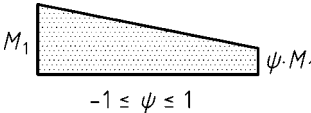
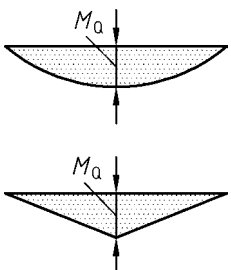
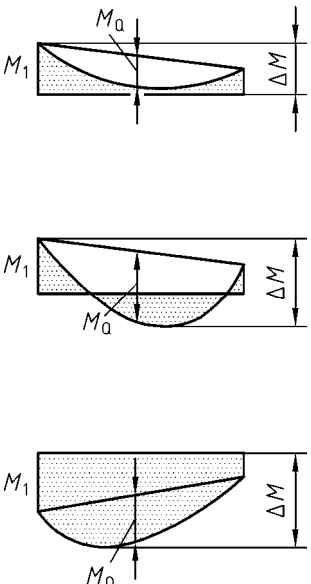
$M_{pl,z,d}$ Bemessungswert des Biegemomentes M_z im vollplastischen Zustand ohne Berücksichtigung von 1.5.2, Element 123.

3.2.1, Element 305, ist zu beachten.

ANMERKUNG 1 Wenn Bedingung (28) für den Fall der einachsigen Biegung mit Normalkraft angewendet wird, ist für κ der Abminderungsfaktor für die betrachtete Biegeebene einzusetzen.

ANMERKUNG 2 Die tatsächlich vorhandene Vergrößerung der Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung wird dadurch erfasst, dass die bezogenen Schlankheitsgrade $\bar{\lambda}_{K,y}$ und $\bar{\lambda}_{K,z}$ über die Knicklängen am Gesamtsystem ermittelt werden, siehe [8].

Tabelle 11 — Momentenbeiwerte

	1	2	3
	Momentenverlauf	Momentenbeiwerte β_m für Biegeknicken	Momentenbeiwerte β_M für Biegedrillknicken und Biegeknicken
1	Stabendmomente  $-1 \leq \psi \leq 1$	$\beta_{m,\psi} = 0,66 + 0,44 \psi$ jedoch $\beta_{m,\psi} \geq 1 - \frac{1}{\eta_{Ki}}$ und $\beta_{m,\psi} \geq 0,44$	$\beta_{M,\psi} = 1,8 - 0,7 \psi$
2	Momente aus Querlast 	$\beta_{m,Q} = 1,0$	$\beta_{M,Q} = 1,3$ $\beta_{M,Q} = 1,4$
3	Momente aus Querlasten mit Stabendmomenten 	$\psi \leq 0,77$: $\beta_m = 1,0$ $\psi > 0,77$: $\beta_m = \frac{M_Q + M_1 \cdot \beta_{m,\psi}}{M_Q + M_1}$	$\beta_M = \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} (\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi})$ $M_Q = \max M $ nur aus Querlast $\Delta M = \begin{cases} \max M & \text{bei nicht durchschlagendem Momentenverlauf} \\ \max M + \min M & \text{bei durchschlagendem Momentenverlauf} \end{cases}$

(322) Nachweismethode 2

Bei Anwendung der Nachweismethode 2 ist der Tragsicherheitsnachweis mit Bedingung (29) zu führen.

$$\frac{N}{\kappa \cdot N_{pl,d}} + \frac{\beta_{m,y} \cdot M_y}{M_{pl,y,d}} k_y + \frac{\beta_{m,z} \cdot M_z}{M_{pl,z,d}} k_z + \Delta n \leq 1 \quad (29)$$

DIN 18800-2:2008-11

mit

 $\kappa = \min(\kappa_y, \kappa_z)$ Abminderungsfaktor der maßgebenden Knickspannungslinie nach Gleichung (4); M_y, M_z Größter Absolutwert der Biegemomente nach Theorie I. Ordnung ohne Ansatz von Imperfektionen; $\beta_{m,y}, \beta_{m,z}$ Momentenbeiwert β_m für Biegeknicken nach Tabelle 11, Spalte 2 zur Erfassung der Form des Biegemomentes M_y bzw. M_z $k_y = 1, k_z = c_z$ für $\kappa_y < \kappa_z$ $k_y = 1, k_z = 1$ für $\kappa_y = \kappa_z$ $k_y = c_y, k_z = 1$ für $\kappa_z < \kappa_y$

$$c_z = \frac{1}{c_y} = \frac{1 - \frac{N}{N_{pl,d}} \bar{\lambda}_{K,y}^2}{1 - \frac{N}{N_{pl,d}} \bar{\lambda}_{K,z}^2}$$

Für Δn siehe 3.4.2.2, Element 314, wobei $\bar{\lambda}_K$ zugehörig zu κ einzusetzen ist; die übrigen Elemente dieses Abschnitts sind sinngemäß anzuwenden.

ANMERKUNG Falls nur ein Biegemoment vorhanden ist, geht Bedingung (29) in Bedingung (24) über, wenn für κ der Abminderungsfaktor für die betrachtete Biegeebene eingesetzt wird.

3.5.2 Biegedrillknicken

(323) Für Stäbe mit konstanter Normalkraft und mit doppelt- oder einfachsymmetrischem I-förmigem Querschnitt, deren Abmessungsverhältnisse denen der Walzprofile entsprechen, ist der Tragsicherheitsnachweis mit Bedingung (30) zu führen.

$$\frac{N}{\kappa_z \cdot N_{pl,d}} + \frac{M_y}{\kappa_M \cdot M_{pl,y,d}} k_y + \frac{M_z}{M_{pl,z,d}} k_z \leq 1 \quad (30)$$

mit

 k_y nach 3.4.3, Element 320; k_z nach 3.5.1, Element 321.

Die übrigen Größen sind in 3.3.4, 3.4.3 und 3.5.1 erläutert.

ANMERKUNG 1 Planmäßige Torsion ist in diesem Nachweis nicht erfasst.

ANMERKUNG 2 T-Querschnitte sind durch die Regelungen dieses Abschnitts nicht erfasst.

ANMERKUNG 3 Eine Näherung auf der sicheren Seite ist mit $k_y = 1$ und $k_z = 1,5$ gegeben.

4 Mehrteilige, einfeldrige Stäbe

4.1 Allgemeines

(401) Ausweichen rechtwinklig zur Stoffachse

Mehrteilige Stäbe, deren Querschnitte eine Stoffachse haben, sind für das Ausweichen rechtwinklig zu dieser Stoffachse wie einteilige Stäbe nach Abschnitt 3 zu berechnen. Für Druck und planmäßige Biegung M_y gilt das nur, wenn kein planmäßiges Biegemoment M_z vorhanden ist.

(402) Ausweichen rechtwinklig zur stofffreien Achse

Für das Ausweichen rechtwinklig zur stofffreien Achse dürfen mehrteilige Stäbe mit unveränderlichem Querschnitt ersatzweise wie einteilige Stäbe berechnet werden, wobei neben den Momenten- auch die Querkraftverformungen zu berücksichtigen sind. Dabei sind die Einzelglieder für ihre Schnittgrößen zu bemessen, die sich aus den Gesamtschnittgrößen ergeben (siehe 4.3.2 und 4.3.3).

ANMERKUNG Es kann auch ein Stabwerk unter Berücksichtigung aller Einzelstäbe berechnet werden. Für die ersatzweise Berechnung als Vollstab werden Angaben für Rahmenstäbe mit 2 Gurten gemacht. Angaben für mehr als 2 Gurte können der Literatur entnommen werden. [9]

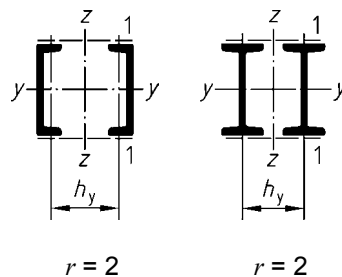


Bild 16 — Beispiele für mehrteilige Stäbe, deren Querschnitte eine Stoffachse haben

(403) Querschnitte mit zwei stofffreien Achsen

Bei Querschnitten mit zwei stofffreien Achsen gelten die folgenden Abschnitte sinngemäß für beide Achsen.

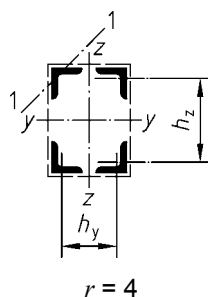


Bild 17 — Beispiel für einen mehrteiligen Stab, dessen Querschnitt zwei stofffreie Achsen hat

DIN 18800-2:2008-11**4.2 Häufig verwendete Formelzeichen****(404)**

l	Systemlänge des mehrteiligen Stabes;
r	Anzahl der einzelnen Gurte;
h_y, h_z	Spreizung der Gurtstäbe, von deren Schwerlinien aus gerechnet;
a	Länge des Gurtstabes zwischen 2 Knotenpunkten;
A_G	ungeschwächte Querschnittsfläche eines Gurtes;
$A = \sum A_G$	ungeschwächte Querschnittsfläche des mehrteiligen Stabes;
A_D	ungeschwächte Querschnittsfläche eines Diagonalstabes aus dem Fachwerkverband;
i_1	kleinster Trägheitsradius des Querschnittes eines einzelnen Gurtes;
$I_{z,G}$	Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment) eines Gurtquerschnittes um seine zur stofffreien z-Achse parallele Schwerachse;
y_s	Schwerpunktastand des einzelnen Gurtquerschnittes von der z-Achse;
$I_z = \sum (A_G \cdot y_s^2 + I_{z,G})$	Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment) des Gesamtquerschnittes um die stofffreie z-Achse unter der Annahme schubstarrer Verbindung der Gurte;
$s_{K,z}$	Knicklänge des Ersatzstabes ohne Berücksichtigung seiner Querkraftverformung;
$\lambda_{K,z} = \frac{s_{K,z}}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}}$	Schlankheitsgrad des Ersatzstabes bei Rahmenstäben ohne Berücksichtigung der Querkraftverformungen;
η	Korrekturwert nach Tabelle 12 für Rahmenstäbe;
$I_z^* = \sum (A_G \cdot y_s^2 + \eta \cdot I_{z,G})$	Rechenwert für das Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment) des Gesamtquerschnittes bei Rahmenstäben;
$I_z^* = \sum (A_G \cdot y_s^2)$	Rechenwert für das Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment) des Gesamtquerschnittes bei Gitterstäben;
$W_z^* = \frac{I_z^*}{y_s}$	Widerstandsmoment des Gesamtquerschnittes, bezogen auf die Schwerachse des äußersten Gurtes;
$S_{z,d}^*$	Bemessungswert der Schubsteifigkeit des Ersatzstabes.

Tabelle 12 — Korrekturwerte η für Rahmenstäbe

$\lambda_{K,z}$	η
≤ 75	1
$75 < \lambda_{K,z} \leq 150$	$2 - \frac{\lambda_{K,z}}{75}$
> 150	0

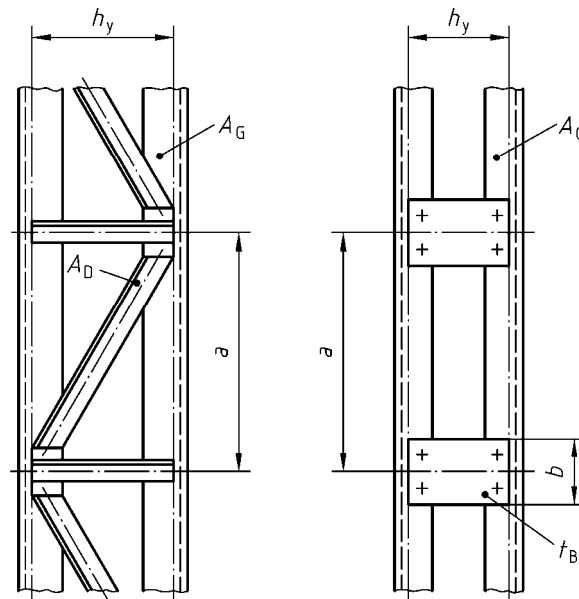


Bild 18 — Mehrteilige Stäbe, Beispiele für Gitterstab und Rahmenstab

ANMERKUNG 1 Die Schubsteifigkeit entspricht derjenigen Querkraft, die den Schubwinkel $\gamma = 1$ hervorruft.

ANMERKUNG 2 Beispiele für die Schubsteifigkeit von Rahmen- und Gitterstäben sind in Tabelle 13 enthalten.

ANMERKUNG 3 Bei Rahmenstäben ist die Schubsteifigkeit mit dem Faktor $\pi^2/12$ multipliziert, um ein reines Schubversagen des Einzelfeldes auszuschließen (Tabelle 13).

4.3 Ausweichen rechtwinklig zur stofffreien Achse

4.3.1 Schnittgrößenermittlung am Gesamtstab

(405) Die Schnittgrößen des Gesamtstabes sind unter Beachtung der jeweils vorliegenden Randbedingungen zu ermitteln. Für den planmäßig mittig gedrückten Stab mit gelenkiger, unverschieblicher Lagerung der Enden betragen die Schnittgrößen des Gesamtstabes

— in Stabmitte:

$$M_z = \frac{N \cdot v_0}{1 - \frac{N}{N_{Kl,z,d}}} \quad (31)$$

DIN 18800-2:2008-11

mit

$$N_{K_{i,z,d}} = \frac{1}{\frac{l^2}{\pi^2 \cdot (E \cdot I_z^*)_{\text{d}}} + \frac{1}{S_{z,d}^*}} \quad (32)$$

— am Stabende:

$$\max V_y = \frac{\pi \cdot M_z}{l} \quad (33)$$

ANMERKUNG 1 Schnittgrößen für Druck und planmäßige Biegung können der Literatur entnommen werden, z. B. [10].

ANMERKUNG 2 Die Bezeichnung V anstelle von Q für die Querkraft wird in Übereinstimmung mit internationalen Regelwerken verwendet.

4.3.2 Nachweis der Einzelstäbe

4.3.2.1 Gurte von Gitterstäben und Rahmenstäben

(406) Mit den Schnittgrößen des schubweichen Gesamtstabes ergibt sich die Normalkraft des meistbeanspruchten Gurtes zu

$$N_G = \frac{N}{r} \pm \frac{M_z}{W_z^*} A_G \quad (34)$$

Mit der Normalkraft N_G ist der Gurtabschnitt nach 3.2 unter der Annahme beidseitig gelenkiger Lagerung nachzuweisen. Für den Schlankheitsgrad $\lambda_{K,1}$ gilt

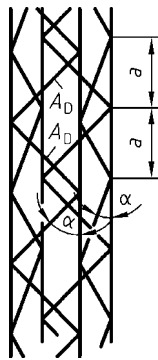
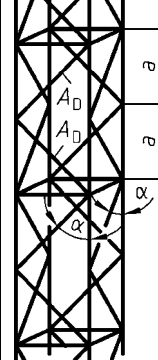
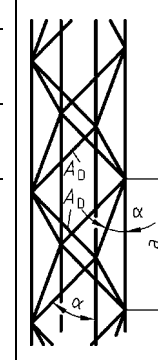
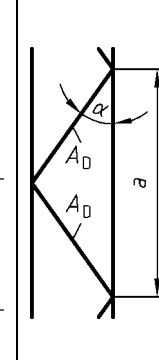
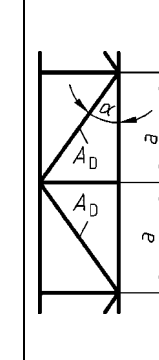
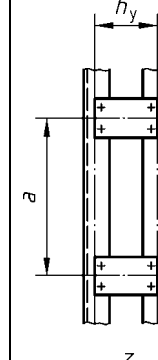
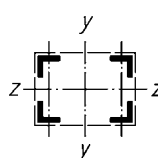
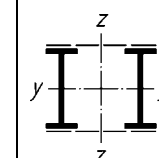
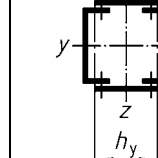
$$\lambda_{K,1} = \frac{s_{K,1}}{i_1} \quad (35)$$

Dabei ist

$s_{K,1}$ Knicklänge des Gurtabschnittes. Hierfür darf in der Regel die Gurtlänge a zwischen den Knotenpunkten eingesetzt werden. Die Knicklänge für Gurtabschnitte von vierteiligen Gitterstäben aus Winkelprofilen muss nach Tabelle 13 angesetzt werden.

ANMERKUNG Für Gitterstäbe nach Tabelle 13, Spalten 4 und 5 mit Querlasten innerhalb der Gurtlänge a kann der Nachweis nach 3.4 geführt werden.

Tabelle 13 — Knicklängen $s_{K,1}$ und Ersatzschubsteifigkeiten $S_{z,d}^*$ von Gitter- und Rahmenstäben

		1	2	3	4	5	6
1		Gitterstäbe					Rahmenstäbe
							
							
2	$s_{K,1}$	1,52 a	1,28 a	a	a		a
3	$S_{z,d}^*$	$m \cdot (E \cdot A_D)_d \cdot \cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha$ m Anzahl der zur stofffreien Achse rechtwinkligen Verbände					$\frac{2\pi^2 \cdot (E \cdot I_{z,G})_d}{a^2}$ Wenn $\eta \cdot I_B / h_y \geq 10 I_{z,G} / a$ I_B Biegesteifigkeit des Bindebleches

Die Knicklängen $s_{K,1}$ nach Spalte 1 und 2 gelten nur für Gurte aus Winkelstählen, wobei der Schlankheitsgrad λ_1 mit dem kleinsten Trägheitsradius i_1 gebildet wird.

Werden ausnahmsweise Verbindungsmittel mit Schlupf verwendet, so darf dies durch eine entsprechende Erhöhung der geometrischen Ersatzimperfektion berücksichtigt werden.

Die Angaben für $S_{z,d}^*$ gelten nicht für den Gerüstbau. Dort sind in der Regel sehr nachgiebige Verbindungsmittel vorhanden, deren Einfluss dann zu berücksichtigen ist.

ANMERKUNG Weitere Angaben zur Nachgiebigkeit und zum Schlupf der Verbindungsmittel sowie zur Erfassung von Anschlusskonzentrationen der Füllstäbe in Gitterstäben können der Literatur entnommen werden, z. B. [9].

4.3.2.2 Füllstäbe von Gitterstäben

(407) Die Normalkräfte der Füllstäbe ergeben sich aus den Querkraften V_y des Gesamtstabes. Die Füllstäbe sind nach 3.2 unter der Annahme beidseitig gelenkiger Lagerung nachzuweisen. Die Knicklänge ist 5.1.2 zu entnehmen.

ANMERKUNG Für den planmäßig mittig gedrückten Stab ergibt sich die Querkraft V_y des Gesamtstabes nach Gleichung (33).

DIN 18800-2:2008-11**4.3.3 Nachweis der Einzelfelder von Rahmenstäben****(408) Einzelfeld zwischen zwei Bindeblechen**

Für das zwischen zwei Bindeblechen liegende Einzelfeld, das die maximale Querkraft $\max V_y$ aus der Berechnung des Gesamtsystems erhält, ist nachzuweisen, dass für einen Gurt mit

$$\text{dem Stabendmoment} \quad M_G = \frac{\max V_y}{r} \frac{a}{2} \quad (36)$$

$$\text{der Querkraft} \quad V_G = \frac{\max V_y}{r} \quad (37)$$

$$\text{der Normalkraft} \quad N_G = \frac{N}{r} \pm \frac{M_z(x_B)}{W_z^*} A_G \quad (38)$$

mit

x_B Längskoordinate an der Stelle des Bindebleches,

die Tragfähigkeit ausreichend ist.

Bei einfachsymmetrischen Gurtquerschnitten darf das aufnehmbare Moment M an den Enden des Gurtabschnittes aus dem Mittelwert der aus der Interaktionsbedingung zu entnehmenden Momente $\pm M_{pl,N_G}$ gebildet werden.

ANMERKUNG 1 Die plastische Tragfähigkeit des Gurtquerschnitts nach den Interaktionsbedingungen darf in Anspruch genommen werden, [9], [10]. Dabei ist die Querkraft V_G in der Regel vernachlässigbar.

ANMERKUNG 2 Die aufnehmbaren Momente M_{pl,N_G} der Gurte am Bindeblechanschluss sind wegen der unterschiedlichen Drehrichtung verschieden groß. Das Rahmenfeld versagt erst bei Ausnutzung aller M_{pl,N_G} -Werte, [9].

ANMERKUNG 3 Auch bei Gurten aus Winkelprofilen sind die Momentenachsen hier parallel zur stofffreien Achse anzunehmen.

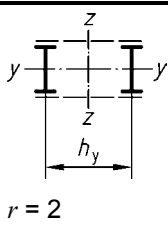
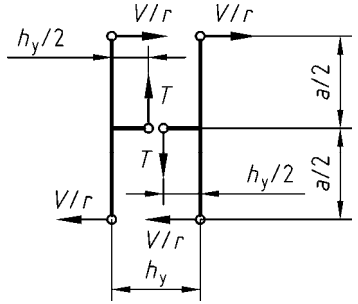
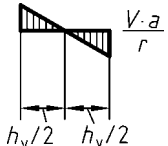
(409) Bindebleche

Die Bindebleche sind mit ihren Anschlüssen für die Schubkraft T und den entsprechenden Momentenverlauf zu bemessen (vergleiche z. B. Tabelle 14).

Das gilt auch für mehrteilige Rahmenstäbe mit geringer Spreizung nach den Bildern 19, 20 und 21. Zu berücksichtigen sind die Momente in den Schwerpunkten der Bindeblechanschlüsse.

Bei Anordnung von Flachstahlfutterstücken als Querverbindung in Rahmenstäben nach den Bildern 19 und 21 genügt eine Bemessung des Anschlusses für die vorhandene Schubkraft T .

Tabelle 14 — Schnittgrößenverteilung in den Bindeblechen von Rahmenstäben

	1	2
1	Querschnitt mehrteiliger Rahmenstäbe	 $r = 2$
2	Statisches Modell	
3	Biegemomentenverteilung in der Querverbindung unter den Schubkräften T	
4	Schubkraft T in der Querverbindung	$T = \frac{V \cdot a}{h_y}$

4.4 Mehrteilige Rahmenstäbe mit geringer Spreizung

(410) Querschnitte mit einer stofffreien Achse

Mehrteilige Stäbe nach Bild 19, bei denen der lichte Abstand der Einzelstäbe nicht oder nur wenig größer als die Dicke des Knotenbleches ist, dürfen auch für das Ausweichen rechtwinklig zur stofffreien Achse wie einteilige Druckstäbe nach Abschnitt 3 berechnet werden, wenn

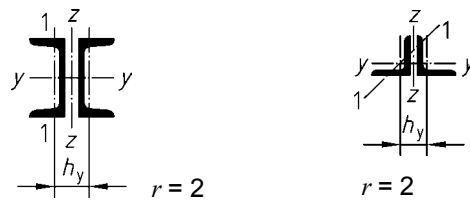
— die Abstände der nach 4.5 angeordneten Bindebleche oder Flachstahlfutterstücke nicht mehr als $15 i_1$ betragen

oder

— zur Verbindung ein durchgehendes Flachstahlfutter verwendet wird, das in Abständen kleiner als $15 i_1$ angeschlossen ist.

Ein durchgehendes Futter darf bei der Ermittlung des Trägheitsmomentes berücksichtigt werden. Bei der Ermittlung der Querschnittsfläche A gilt dies nur, wenn es am Knotenblech ausreichend angeschlossen ist.

Die Schubkraft T in den Bindeblechen, Anschlüssen der Futterstücke oder Futter darf in diesem Falle für eine Querkraft V berechnet werden, die 2,5 % der Druckkraft im Rahmenstab beträgt.

DIN 18800-2:2008-11**Bild 19 — Mehrteilige Stäbe, deren Querschnitte eine Stoffachse haben****(411) Querschnitte aus zwei übereck gestellten Winkelprofilen**

Stäbe mit Querschnitten aus zwei übereck gestellten Winkelprofilen (Bild 20) brauchen nur für das Ausweichen rechtwinklig zur Stoffachse mit

$$\lambda_{K,y} = \frac{s_{K,y}}{i_y} \quad (39)$$

nachgewiesen zu werden, wobei im Falle zweier verschiedener Knicklängen für $s_{K,y}$ das arithmetische Mittel der beiden Knicklängen eingesetzt wird.

Bei Winkelprofilen mit dem im Bild 20 b) dargestellten Querschnitt darf

$$i_y = \frac{i_0}{1,15} \quad (40)$$

eingesetzt werden, wobei sich der Trägheitsradius i_0 des Gesamtquerschnittes auf die zum langen Winkelschenkel parallele Schwerachse bezieht.

**Bild 20 — Mehrteilige Stäbe, deren Querschnitt aus zwei übereck gestellten Winkelprofilen besteht**

Aufeinanderfolgende Bindebleche dürfen versetzt oder gleichgerichtet angeordnet werden. Die Schubkraft T darf wie in Element 410 angegeben ermittelt werden.

ANMERKUNG Die Knicklängen von Stäben oder Pfosten in Fachwerken sind nach 5.1.2.1, Element 503, für das Ausweichen in oder aus der Fachwerkebene verschieden groß. Hier stellt sich eine mittlere Ausweichrichtung ein.

(412) Querschnitte mit zwei stofffreien Achsen

Für mehrteilige Stäbe nach Bild 21, bei denen der lichte Abstand der Einzelstäbe nicht oder nur wenig größer als die Dicke des Knotenblechs ist, sind die für mehrteilige Stäbe nach Bild 19 angegebenen Regelungen sinngemäß auf die beiden stofffreien Achsen anzuwenden.

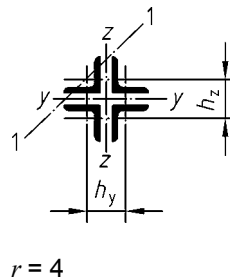


Bild 21 — Mehrteiliger Stab mit geringer Spreizung, dessen Querschnitt zwei stofffreie Achsen hat

4.5 Konstruktive Anforderungen

(413) Erhaltung der Querschnittsform

Bei Stäben, deren Querschnitt zwei stofffreie Achsen hat, muss die Erhaltung der rechteckigen Querschnittsform durch Querschotte gesichert werden.

ANMERKUNG Querschotte sind z. B. Verbände, Bleche oder Rahmen.

(414) Anordnung der Bindebleche und Flachstahlfutterstücke

Rahmenstäbe müssen an den Enden Bindebleche erhalten. Für Gitterstäbe gilt dies ebenfalls, wenn kein Endverband mit gekreuzten Diagonalen angeordnet wird.

Werden mehrteilige Stäbe an ein gemeinsames Knotenblech angeschlossen, so ist beim Knotenblech die Wirkung als Endbindeblech oder Endfutterblech zu berücksichtigen.

Die übrigen Bindebleche sind so aufzuteilen, dass die lichten Abstände gleich oder angenähert gleich groß werden. An ihrer Stelle dürfen bei Stäben nach den Bildern 19 und 21 Flachstahlfutterstücke verwendet werden. Die Felderzahl muss $n \geq 3$ sein. Es ist Bedingung (41) einzuhalten.

$$\frac{a}{i_1} \leq 70 \quad (41)$$

5 Stabwerke

5.1 Fachwerke

5.1.1 Allgemeines

(501) Berechnung der Stabkräfte

Die Stabkräfte eines Fachwerkes dürfen unter Annahme gelenkiger Knotenpunktbildung berechnet werden. Nebenspannungen infolge der Knotenbildung brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

Bei Druckgurten mit einem über die Länge veränderlichen Querschnitt darf in der Regel die Außermittigkeit des Kraftangriffes im Einzelstab unberücksichtigt bleiben, wenn die gemittelte Schwerachse der Einzelquerschnitte in die Systemlinie des Druckgurtes gelegt wird.

(502) Nachweis für druckbeanspruchte Stäbe

Druckbeanspruchte Stäbe dürfen nach Abschnitten 3, 4 bzw. 7 nachgewiesen werden.

DIN 18800-2:2008-11**5.1.2 Knicklängen planmäßig mittig gedrückter Fachwerkstäbe****5.1.2.1 Allgemeines****(503) Stäbe mit unverschieblich gehaltenen Enden**

Für Streben und Pfosten, deren Knoten gegen Ausweichen aus der Fachwerkebene unverschieblich gehalten sind und die durch Schweißen oder mit mindestens zwei Schrauben angeschlossen sind, gilt für das Ausweichen, sofern kein genauere Nachweis geführt wird

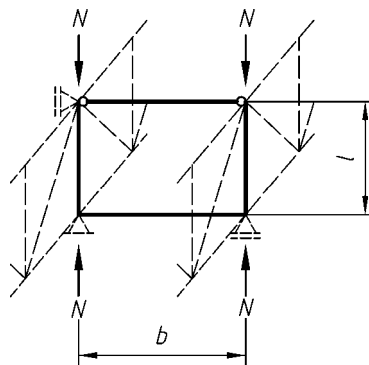
$$\text{in der Fachwerkebene:} \quad s_K = 0,9 \, l \quad (42)$$

$$\text{rechtwinklig zur Fachwerkebene:} \quad s_K = l \quad (43)$$

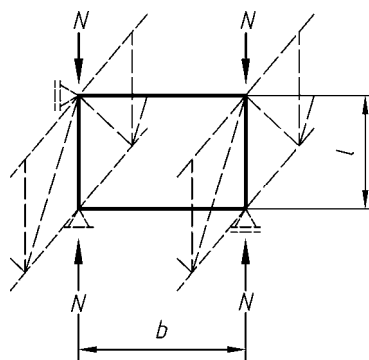
(504) Stäbe mit elastisch gehaltenen Enden

Für Streben und Pfosten, die rechtwinklig zur Fachwerkebene an den Knotenpunkten durch Querträger oder Querriegel horizontal gehalten und elastisch eingespannt sind, hängt die Knicklänge für das Ausweichen rechtwinklig zur Fachwerkebene von der konstruktiven Ausbildung ab.

ANMERKUNG Die Knicklänge $s_{K,y}$ der Fachwerkstäbe nach Bild 22 für das Ausweichen rechtwinklig zur Fachwerkebene kann mit Bild 27 bestimmt werden.



Rechtwinklig zur Fachwerkebene horizontal gehaltene, einseitig elastisch eingespannte Pfosten



Rechtwinklig zur Fachwerkebene horizontal gehaltene, beidseitig elastisch eingespannte Pfosten

Bild 22 — Fachwerkstäbe mit drehelastisch gehaltenen Enden für das Ausweichen rechtwinklig zur Fachwerkebene

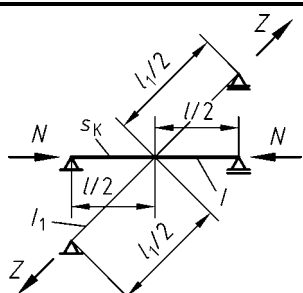
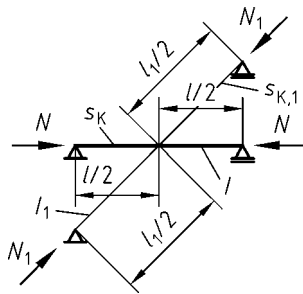
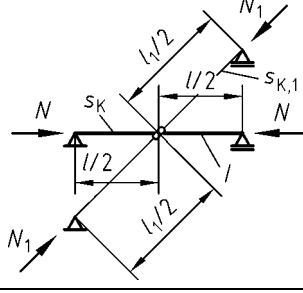
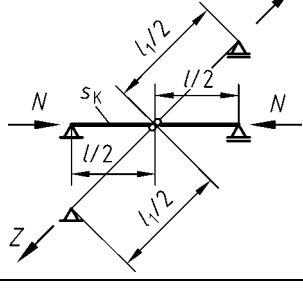
(505) Stäbe mit einem verschieblichen und einem oder zwei drehelastisch gehaltenen Enden

Für Streben oder Pfosten in Fachwerkhauptträgern, die zugleich Stiele verschieblicher Querrahmen (Portalrahmen) sind, darf bei rechtwinklig zur Fachwerkebene gehaltenen Fachwerkuntergurten die Knicklänge rechtwinklig zur Fachwerkebene wie für nicht richtungstreue Druckkräfte bestimmt werden.

ANMERKUNG 1 Rechtwinklig zur Fachwerkebene können Gurte z. B. durch die Fahrbahn gehalten werden.

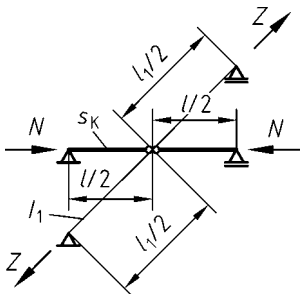
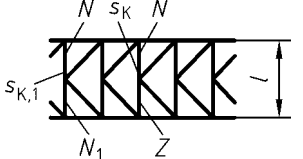
ANMERKUNG 2 Die Knicklänge kann mit Hilfe der Bilder 36 bis 38 bestimmt werden.

Tabelle 15 — Knicklängen von Fachwerkstäben mit konstanten Querschnitten für das Ausweichen rechtwinklig zur Fachwerkebene

	1	2	3
1		$s_K = l \sqrt{\frac{1 - \frac{3}{4} \frac{Z \cdot l}{N \cdot l_1}}{1 + \frac{I_1 \cdot l^3}{I \cdot l_1^3}}}$ jedoch $s_K \geq 0,5 l$	
2		$s_K = l \sqrt{\frac{1 + \frac{N_1 \cdot l}{N \cdot l_1}}{1 + \frac{I_1 \cdot l^3}{I \cdot l_1^3}}}$ jedoch $s_K \geq 0,5 l$	$s_{K,1} = l_1 \sqrt{\frac{1 + \frac{N \cdot l_1}{N_1 \cdot l}}{1 + \frac{I \cdot l^3}{I_1 \cdot l_1^3}}}$ jedoch $s_{K,1} \geq 0,5 l_1$
3		Durchlaufender Druckstab $s_K = l \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{12} \cdot \frac{N_1 \cdot l}{N \cdot l_1}}$	Gelenkig angeschlossener Druckstab $s_{K,1} = 0,5 l_1$, wenn $(E \cdot I)_d \geq \frac{N_1 \cdot l^3}{\pi^2 \cdot l_1} \left(\frac{\pi^2}{12} + \frac{N \cdot l_1}{N_1 \cdot l} \right)$
4		$s_K = l \sqrt{1 - 0,75 \frac{Z \cdot l}{N \cdot l_1}}$ jedoch $s_K \geq 0,5 l$	

DIN 18800-2:2008-11

Tabelle 15 — (fortgesetzt)

	1	2	3
5		$s_K = 0,5 l$ wenn $\frac{N \cdot l_1}{Z \cdot l} \leq 1$ oder wenn gilt $(E \cdot I_1)_d \geq \frac{3Z \cdot l_1^2}{4\pi^2} \left(\frac{N \cdot l_1}{Z \cdot l} - 1 \right)$	
6		$s_K = l \left(0,75 - 0,25 \left \frac{Z}{N} \right \right)$ jedoch $s_K \geq 0,5 l$	$s_{K,1} = l \left(0,75 + 0,25 \frac{N_1}{N} \right)$ $N_1 < N$

5.1.2.2 Fachwerkstäbe, die durch einen anderen Fachwerkstab gestützt werden

(506) Verbindung an der Kreuzungsstelle

An der Kreuzungsstelle müssen beide Stäbe unmittelbar oder über ein Knotenblech miteinander verbunden werden.

Wenn beide Stäbe durchlaufen, ist deren Verbindung für eine Kraft, rechtwinklig zur Fachwerkebene wirkend, von 10 % der größeren Druckkraft zu bemessen.

(507) Knicklänge in der Fachwerkebene

Für das Ausweichen in der Fachwerkebene ist als Knicklänge die Netzlänge bis zum Knotenpunkt der sich kreuzenden Stäbe anzunehmen.

(508) Knicklänge rechtwinklig zur Fachwerkebene

Die Knicklängen für das Ausweichen rechtwinklig zur Fachwerkebene dürfen in Abhängigkeit von der konstruktiven Ausbildung aus Tabelle 15 entnommen werden.

5.1.2.3 Fachwerk-Füllstäbe, die in ihrer Mitte federnd gestützt sind

(509) Für das Ausweichen rechtwinklig zur Fachwerkebene dürfen die Knicklängen in Abhängigkeit von der Rahmensteifigkeit mit Gleichung (44) bestimmt werden.

$$s_K = l \sqrt{1 - \frac{3}{16} \frac{C_d \cdot l}{N}} \quad (44)$$

Dabei ist

l Systemlänge des Stabes;

N größte Druckkraft des Stabes (N_1 oder N_2);

C_d Rahmensteifigkeit (Kraft pro Längeneinheit) bezüglich der Verschiebung der Anschlussstellen von Füllstäben und Pfosten des Halbrahmens rechtwinklig zur Fachwerkebene, jedoch $C_d \leq 4 N/l$.

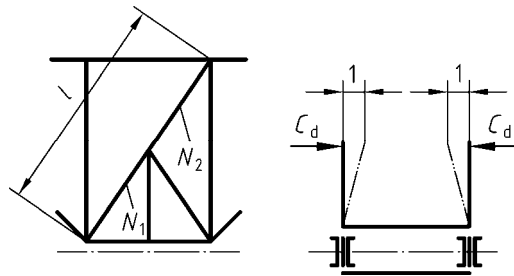


Bild 23 — Fachwerkfüllstab und Rahmensteifigkeit

5.1.2.4 Fachwerk-Füllstäbe aus einem einteiligen Winkelprofil

(510) Bei Winkelprofilen, die gelenkig, z. B. mit nur einer Schraube angeschlossen sind, ist der Einfluss der Exzentrizität zu berücksichtigen.

Wenn einer der beiden Winkelschenkel im Knoten biegesteif angeschlossen ist, darf der Einfluss der Exzentrizität vernachlässigt und die Biegeknickuntersuchung nach 3.2.1 mit dem bezogenen Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}'_K$ aus Tabelle 16 geführt werden.

Tabelle 16 — Bezogener Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}'_K$

	1	2
1	$0 < \bar{\lambda}_K \leq \sqrt{2}$	$\bar{\lambda}'_K = 0,35 + 0,753 \bar{\lambda}_K$
2	$\sqrt{2} < \bar{\lambda}_K \leq 3,0$	$\bar{\lambda}'_K = 0,50 + 0,646 \bar{\lambda}_K$
3	$\bar{\lambda}_K = \frac{l}{i_1 \cdot \lambda_a}$ bezogener Schlankheitsgrad des Füllstabes l Systemlänge des Füllstabes i_1 kleinster Trägheitsradius des Winkelquerschnittes	

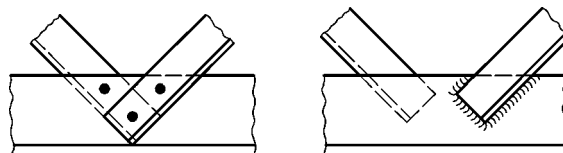


Bild 24 — Beispiele für biegesteif angeschlossene Winkelprofile

DIN 18800-2:2008-11**5.2 Rahmen und Durchlaufträger mit unverschieblichen Knotenpunkten****5.2.1 Vernachlässigbarkeit von Normalkraftverformungen**

(511) Die in 5.2 angegebenen Kriterien und Formeln setzen voraus, dass die Normalkraftverformungen der Stiele von Rahmen und Aussteifungselementen vernachlässigbar sind. Diese Voraussetzung ist erfüllt, wenn die Bedingung (45) eingehalten ist.

$$E \cdot I \geq 2,5 S \cdot L^2 \quad (45)$$

Dabei ist

$E \cdot I$ die Biegesteifigkeit,

S die Stockwerksteifigkeit und

L die Gesamthöhe (siehe Bild 25)

der Aussteifungskonstruktion bzw. des Stockwerkrahmens.

Ist $E \cdot I$ oder S über die Stockwerke veränderlich, dürfen Mittelwerte eingesetzt werden.

I darf näherungsweise mit Gleichung (46) berechnet werden.

$$I = \frac{B^2}{\frac{1}{A_{li}} + \frac{1}{A_{re}}} \quad (46)$$

worin die Breite B und die Querschnittsflächen A_{li} , A_{re} der Stiele gemäß Bild 25 definiert sind.

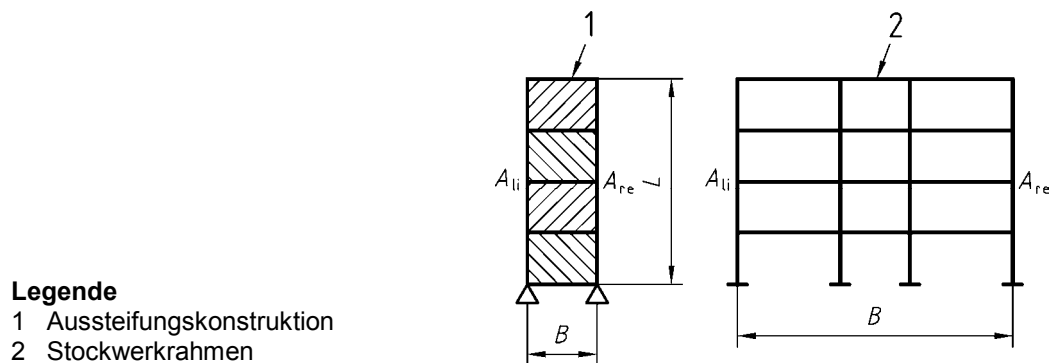


Bild 25 — Festlegungen zur Berechnung von I gemäß Gleichung (46)

Bei allen Beziehungen, die Rahmen betreffen, wird vorausgesetzt, dass für die Riegel die Stabkennzahl $\varepsilon \leq 1$ ist.

ANMERKUNG 1 Die Bedingung (45) beinhaltet, dass für einen biege- und schubelastischen Kragstab mit $E \cdot I$ und $S = \text{const}$ unter einer Gleichlast die Verschiebung am freien Ende aus der Querkraft mindestens 10-mal so groß ist wie die aus dem Biegemoment.

ANMERKUNG 2 Formeln für S von Aussteifungselementen sind in Tabelle 17, von Stockwerkrahmen in 5.3.2.1 angegeben.

5.2.2 Definition der Unverschieblichkeit von Rahmen

(512) Unverschieblichkeit ausgesteifter Rahmen

Wirken bei der Aufnahme von horizontalen Lasten in Stabwerkebene der Rahmen und die aussteifenden Bauteile zusammen, so ist der Rahmen als unverschieblich anzusehen, wenn die Steifigkeit der Aussteifungselemente mindestens 5-mal so groß ist wie die Steifigkeit des Rahmens im betrachteten Stockwerk.

$$S_{\text{Ausst}} \geq 5 S_{\text{Ra}} \quad (47)$$

Bedingung (47) braucht vereinfachend nur auf das unterste Stockwerk angewendet zu werden, wenn dessen Steifigkeitsverhältnisse nicht wesentlich von denen der weiteren Stockwerke abweichen.

Bei Mauerwerk nach DIN 1053 (alle Teile) ist für den Schubmodul G ein Drittel des nach der Norm anzusetzenden Elastizitätsmoduls E anzunehmen.

ANMERKUNG Aussteifende Bauteile sind z. B. Wandscheiben und Verbände. Ihre Steifigkeiten können z. B. Tabelle 17 entnommen werden.

(513) Stockwerksteifigkeit

Die Stockwerksteifigkeit S eines Rahmens oder eines aussteifenden Bauteils ist durch Gleichung (48) und Bild 26 definiert:

$$S = V/\varphi \quad (48)$$

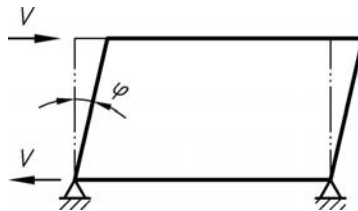
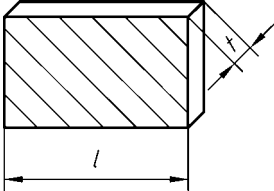
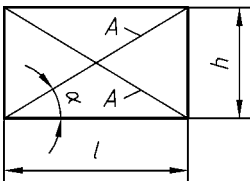


Bild 26 — Definition der Stockwerksteifigkeit S

S_{Ra} darf vereinfachend nach 5.3.2.1, Element 519 mit $S_{\text{Ausst}} = 0$ berechnet werden.

DIN 18800-2:2008-11**Tabelle 17 — Steifigkeit S_{Ausst} einzelner Aussteifungselemente**

	1	2
	Aussteifungselement	S_{Ausst}
1	Wandscheibe (z. B. Mauerwerk) 	$G \cdot t \cdot l$
2	Verband (eine Diagonale wirksam) 	$E \cdot A \cdot \sin \alpha \cdot \cos^2 \alpha$ doppelter Wert bei ausreichender Vorspannung des Verbandes

5.2.3 Berechnung der Aussteifungselemente**(514) Grundforderung**

Die Aussteifungselemente sind nach Theorie II. Ordnung unter Ansatz aller horizontalen Lasten sowie der Abtriebskräfte aus Imperfektionen für Aussteifungssystem und Rahmen zu berechnen.

(515) Imperfektionen

Als geometrische Ersatzimperfektion ist die Schrägstellung φ_0 aller Stiele von Rahmen und Aussteifung nach 2.3 anzusetzen.

(516) Berechnung nach Theorie I. Ordnung

Werden die Schnittgrößen nach der Elastizitätstheorie ermittelt, so darf nach Theorie I. Ordnung gerechnet werden, wenn für jedes Stockwerk Bedingung (49) erfüllt ist.

$$\frac{S_{\text{Ausst,d}}}{N} \geq 10 \quad (49)$$

Dabei ist

$S_{\text{Ausst,d}}$ Summe der Steifigkeiten aller den Rahmen aussteifenden Elemente des betrachteten Stockwerks;

N Summe aller in dem betrachteten Stockwerk übertragenen Vertikallasten.

Ist Bedingung (49) nicht erfüllt, so ist die aus der Berechnung nach Theorie II. Ordnung resultierende Querkraft bei der Bemessung der aussteifenden Elemente zu berücksichtigen.

Vereinfachend darf dies dadurch erfolgen, dass die Querkraft nach Theorie I. Ordnung einschließlich der Abtriebskraft $N \cdot \varphi_0$ mit dem Vergrößerungsfaktor α nach Gleichung (50) multipliziert wird.

$$\alpha = \frac{1}{1 - (N / S_{\text{Ausst,d}})} \quad (50)$$

ANMERKUNG Für ein Aussteifungselement gilt allgemein: $N_{\text{Ki,d}} = S_{\text{Ausst,d}}$.

5.2.4 Berechnung von Rahmen und Durchlaufträgern

(517) Der Tragsicherheitsnachweis darf durch den Nachweis der einzelnen Stäbe des Systems nach Abschnitt 3 geführt werden.

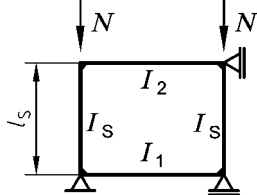
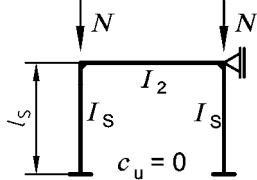
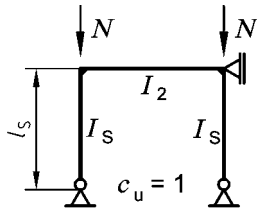
Bei der Biegeknickuntersuchung für unverschiebliche Rahmen nach 3.4.2.2 darf für Momentenanteile aus Querlasten auf Riegeln beim Nachweis der Stiele der Momentenbeiwert β_m für Biegeknicken nach Tabelle 11, Spalte 2, verwendet werden.

Beim Nachweis der Riegel nach Bedingung (26) darf das maximale Biegemoment mit dem Faktor $(1 - 0,8/\eta_{\text{Ki}})$ abgemindert werden, sofern im Riegel keine oder nur geringe Druckkräfte vorhanden sind.

ANMERKUNG Die für einen solchen Nachweis benötigten Knicklängen können Bild 27 entnommen werden; Anwendungsbeispiele siehe [11].

DIN 18800-2:2008-11

Sonderfälle



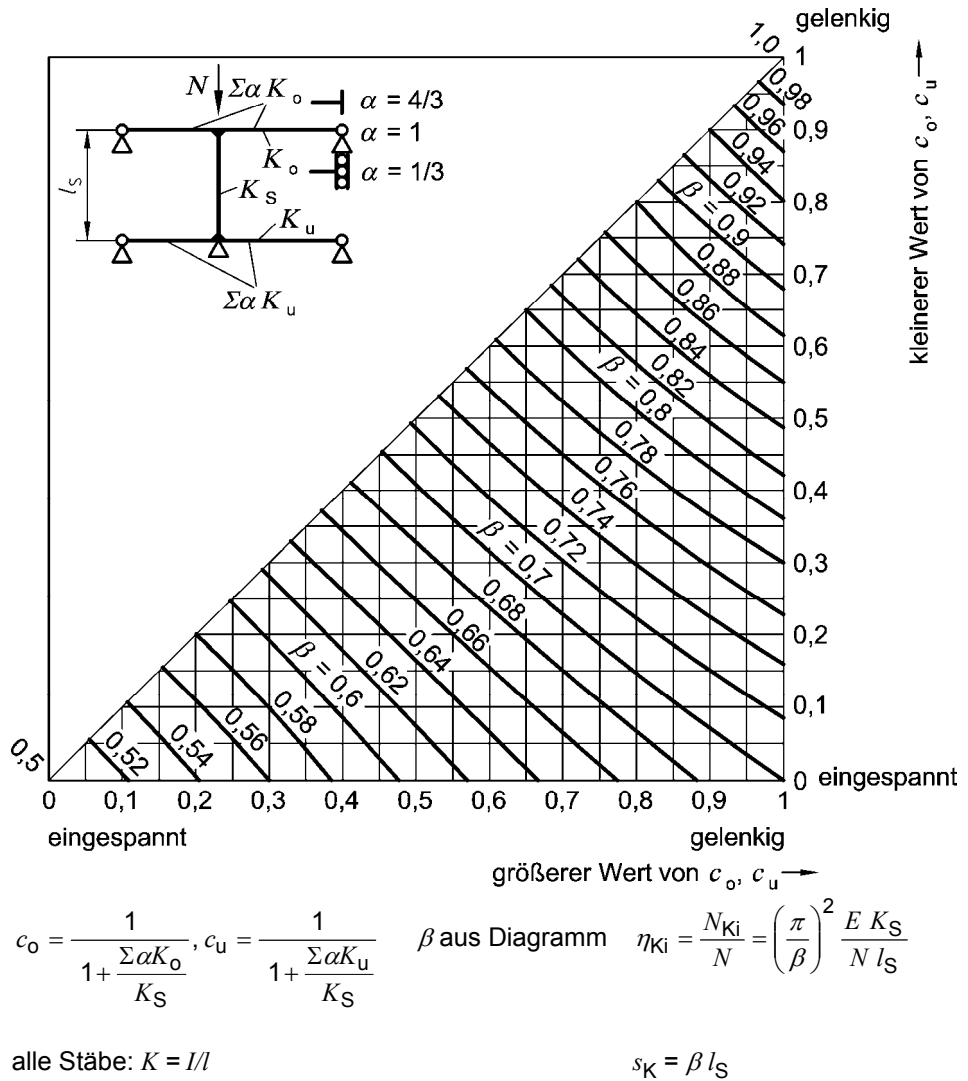
$$c_u = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \frac{I_1 l_s}{I_s l_2}}$$

für alle drei Fälle

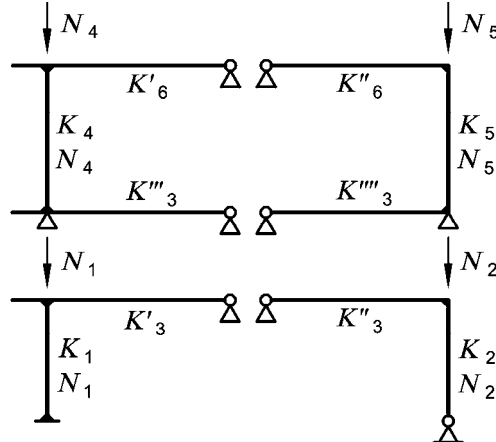
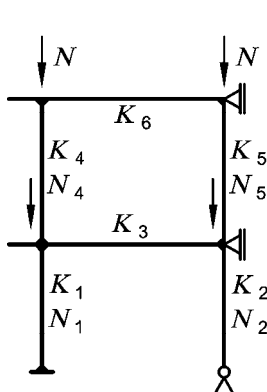
$$c_o = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \frac{I_2 l_s}{I_s l_2}}$$

$$s_K = \beta l_s$$

$$\eta_{Ki} = \frac{\left(\frac{\pi}{\beta l_s} \right)^2 E I_s}{N}$$



Zerlegung eines unverschieblichen Rahmens in einstielige Teilrahmen, für die das Diagramm angewendet werden kann



$$K'_6 + K''_6 = K_6$$

$$K'_3 + K''_3 + K'_3 + K''_3 = K_3$$

(Aufteilung von K_3 und K_6 beliebig)

Bild 27 — Diagramm zur Bestimmung des Verzweigungslastfaktors η_{Ki} und der Knicklängen s_K für Stiele unverschieblicher Rahmen mit $\varepsilon_{Riegel} \leq 0,3$

5.3 Rahmen und Durchlaufträger mit verschieblichen Knotenpunkten

5.3.1 Vernachlässigbarkeit von Normalkraftverformungen

(518) Es gilt Element 511.

5.3.2 Verschiebliche ebene Rahmen

ANMERKUNG Bei der Verwendung steifenloser Riegel-Stützen-Verbindungen in geschweißter oder geschraubter Ausführung sollte das Trag- und Verformungsverhalten der Verbindungen beachtet werden. Dies betrifft die plastische Tragfähigkeit in Verbindung mit der Rotationsfähigkeit sowie die Verformungen unter Gebrauchslasten.

5.3.2.1 Berechnung nach Elastizitätstheorie I. Ordnung

(519) Für Stockwerkrahmen mit beliebiger Stockwerks- und Felderzahl, mit gelenkig gelagerten oder starr eingespannten Fußpunkten, mit innerhalb eines Stockwerks gleich langen Stielen sowie mit ausschließlich horizontal verschieblichen Knoten, darf für die Ermittlung der Schnittgrößen die Theorie I. Ordnung angewendet werden, wenn in jedem Stockwerk r Bedingung (51) erfüllt ist.

$$\eta_{Ki,r} \geq 10 \quad (51)$$

Dabei ist

$$\eta_{Ki,r} = \frac{S_{r,d}}{1,2 N_r};$$

N_r Summe aller im Stockwerk r übertragenen Vertikallasten.

Dabei ist die Stockwerkssteifigkeit S_r nach den Gleichungen (52) bis (54) mit den Bezeichnungen nach Bild 28 zu bestimmen.

Für das 1. Stockwerk ($r = 1$) ist bei starrer Einspannung der Stielfußpunkte

$$S_{1,d} = \frac{6(6 + k_1)}{3 + 2k_1} \cdot \frac{(E \cdot C_1)_d}{h_1} + S_{1,Ausst,d} \quad (52)$$

bei gelenkiger Lagerung der Stielfußpunkte

$$S_{1,d} = \frac{6}{2 + k_1} \cdot \frac{(E \cdot C_1)_d}{h_1} + S_{1,Ausst,d} \quad (53)$$

Für die weiteren Stockwerke r ist

$$S_{r,d} = 2 \frac{6(6 + k_r + k_{r-1})}{(2 + k_r)(2 + k_{r-1}) - 1} \cdot \frac{(E \cdot C_r)_d}{h_r} + S_{r,Ausst,d} \quad (54)$$

Dabei ist

$S_{r,Ausst,d}$ Steifigkeit der gegebenenfalls vorhandenen Aussteifungselemente im Stockwerk r .

Wenn eine Berechnung nach Theorie I. Ordnung für die äußeren Horizontalkräfte bereits durchgeführt ist, kann $\eta_{Ki,r}$ auch aus Gleichung (55) berechnet werden.

DIN 18800-2:2008-11

$$\eta_{K_{i,r}} = \frac{V_r^H}{\varphi_r \cdot N_r} \quad (55)$$

Dabei ist

V_r^H Querkraft im Stockwerk r aus äußeren Horizontallasten:

φ_r zugehöriger Drehwinkel im Stockwerk r , berechnet nach Theorie I. Ordnung.

ANMERKUNG 1 Bei Anwendung der Theorie I. Ordnung sind die nach DIN 18800-1:2008-11, 7.4, Elemente 729 und 730, reduzierten Vorverdrehungen φ_0 zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 2 $\eta_{K_{i,r}}$ kann alternativ mit Hilfe von Bild 29 ermittelt werden.

$N_{K_{i,r,d}} = \frac{S_{r,d}}{1,2}$ stellt eine auf der sicheren Seite liegende Abschätzung des Bemessungswertes der Verzweigungslast dar; Anwendungsbeispiele siehe [11].

Stockwerk $r + 1$ $C_{r+1} = \dots$

Riegel r $B_r = 2 \sum \frac{I_R}{l_R} \quad k_r = \frac{C_r + C_{r+1}}{B_r}$

Stockwerk r $C_r = \frac{1}{h_r} \sum I_S$

Riegel $r - 1$ $k_{r-1} = \dots$

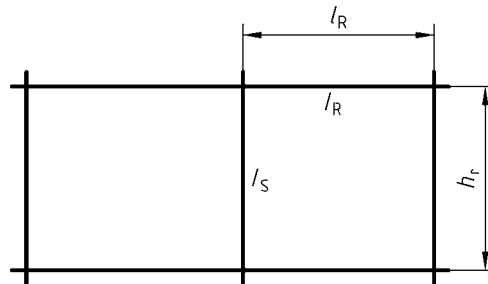
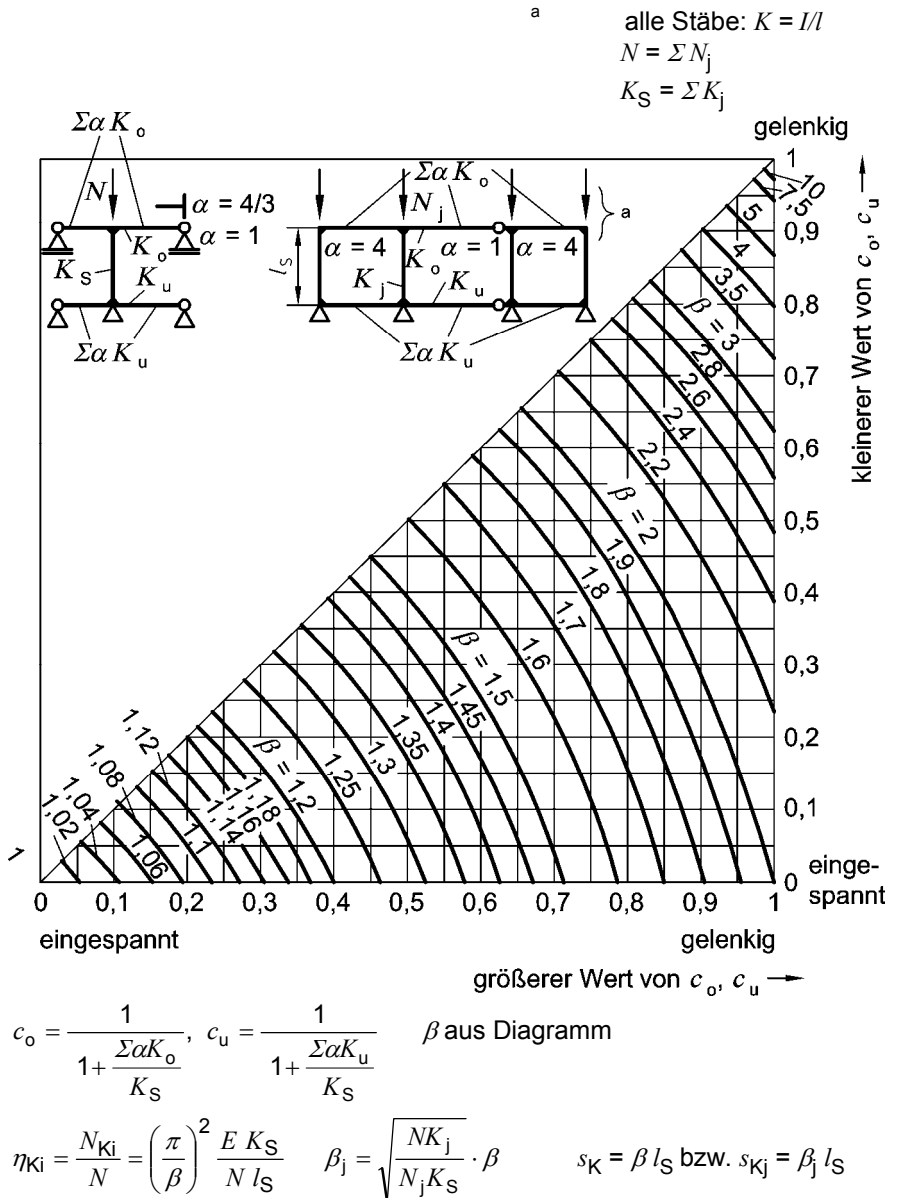
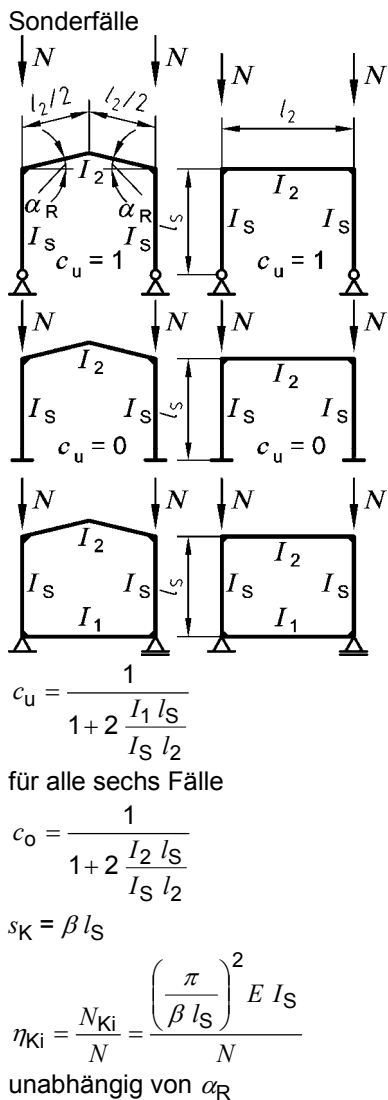


Bild 28 — Bezeichnungen und Hilfswerte zur Berechnung von $S_{r,d}$



Mehrgeschossiger Rahmen: die Formeln für c_o , c_u sind zu ersetzen durch

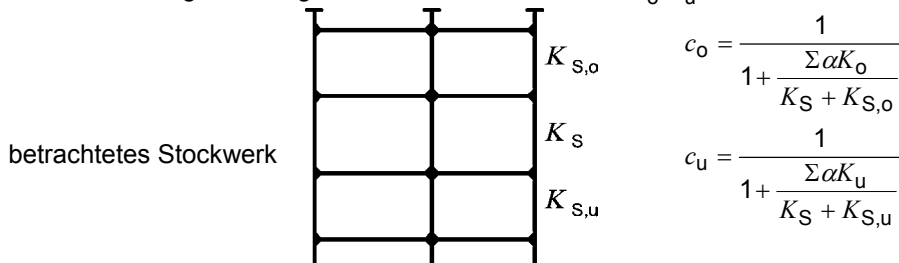


Bild 29 — Diagramm zur Bestimmung des Verzweigungslastfaktors η_{Ki} und der Knicklänge s_K für Stiele verschieblicher Rahmen mit $\varepsilon_{Riegel} \leq 0,3$

DIN 18800-2:2008-11**5.3.2.2 Vereinfachte Berechnung nach Elastizitätstheorie II. Ordnung****(520) Rechengang**

Unter Ansatz einer vergrößerten Stockwerksquerkraft nach den Elementen 521 oder 522 ist die Berechnung wie nach Theorie I. Ordnung durchzuführen.

(521) Stockwerksquerkraft

Für Stockwerkrahmen mit Stabkennzahlen $\varepsilon < 1,6$ darf mit vergrößerten Stockwerksquerkräften V_r nach Gleichung (56) gerechnet werden.

$$V_r = V_r^H + \varphi_0 \cdot N_r + 1,2 \varphi_r \cdot N_r \quad (56)$$

Dabei ist

- V_r^H Stockwerksquerkraft nur aus äußeren Horizontallasten;
- N_r Summe aller im Stockwerk r übertragenen Vertikallasten;
- φ_0 Vorverdrehung nach 2.3;
- φ_r Drehwinkel der Stiele im Stockwerk r (berechnet nach der vereinfachten Theorie II. Ordnung dieses Abschnittes).

ANMERKUNG Bei Anwendung eines Verschiebungsgrößenverfahrens (Drehwinkelverfahrens), bei dem die Stieldrehwinkel φ_r als Unbekannte auftreten, ergibt sich im Vergleich zu Theorie I. Ordnung aus dem Zusatzterm $1,2 \varphi_r \cdot N_r$ lediglich eine Verkleinerung der Hauptdiagonalglieder in den Gleichgewichtsbedingungen der Stockwerke und aus dem Zusatzterm $\varphi_0 \cdot N_r$ eine Vergrößerung der Lastglieder dieser Gleichungen. Der Rechenaufwand ist damit nur unwesentlich größer als nach Theorie I. Ordnung.

(522) Näherungsweise Berechnung der Stockwerksquerkraft

Wenn in allen Stockwerken Bedingung (57) erfüllt ist, darf V_r statt nach Gleichung (56) näherungsweise auch aus Gleichung (58) bestimmt werden.

$$\eta_{Ki,r} = \frac{S_{r,d}}{1,2 N_r} \geq 4 \quad (57)$$

$$V_r = \frac{1}{1 - \frac{1}{\eta_{Ki,r}}} \left(V_r^H + \varphi_0 \cdot N_r \right) \quad (58)$$

5.3.2.3 Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren**(523) Allgemeiner Nachweis**

Der Tragsicherheitsnachweis für verschiebbliche Stabwerke darf durch den Nachweis der einzelnen Stäbe des Systems nach Abschnitt 3 erbracht werden, wobei die Knicklänge s_K für das Gesamtsystem zu ermitteln ist.

Behalten in Sonderfällen die am Rahmen angreifenden Druckkräfte ihre Richtung während des Ausknickens nicht bei, so ist dies bei der Berechnung der Knicklängen der Stäbe zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Die Knicklängen s_K können z. B. nach Bild 29 bestimmt werden, bei nicht richtungstreu Druckkräften nach den Bildern 36 bis 38.

(524) Querschnitte ohne Druckkräfte

Der Nachweis mit Bedingung (26) für Querschnitte ohne Druckkräfte braucht bei Riegeln in verschieblichen Rahmen nur geführt zu werden, wenn M_{pl} des Riegels kleiner ist als die Summe der M_{pl} der an einen Knoten angrenzenden Stiele.

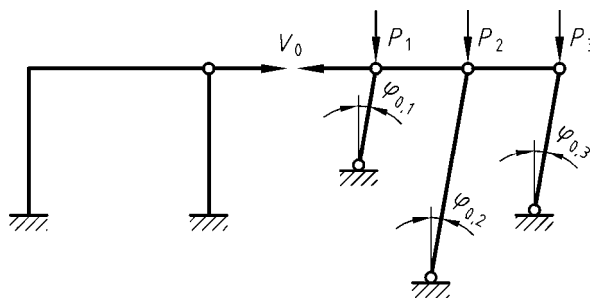
(525) Systeme mit Pendelstützen

Bei verschieblichen Systemen mit angeschlossenen Pendelstützen muss eine zusätzliche Ersatzbelastung V_0 nach Gleichung (59) und Bild 30 zur Berücksichtigung der Vorverdrehungen der Pendelstützen bei der Ermittlung der Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung angesetzt werden.

$$V_0 = \Sigma(P_i \cdot \varphi_{0,i}) \quad (59)$$

Dabei ist

$\varphi_{0,i}$ nach 2.3, Element 205.



$$V_0 = \Sigma P_i \cdot \varphi_{0,i}$$

Bild 30 — Zusätzliche Stockwerksquerkraft V_0 für Systeme mit Pendelstützen

ANMERKUNG Neben der Ersatzbelastung V_0 brauchen die Vorverdrehungen nach DIN 18800-1:2008-11, 7.4, Elemente 729 und 730, nicht angesetzt zu werden.

5.3.2.4 Berechnung nach Fließgelenktheorie I. Ordnung

(526) Stockwerkrahmen

Stockwerkrahmen nach 5.3.2.1, deren Stiele keine oder nur an den Enden Fließgelenke aufweisen, dürfen nach Fließgelenktheorie I. Ordnung, jedoch unter Ansatz von Vorverdrehungen φ_0 nach 2.3, berechnet werden, wenn nach Abschluss der Berechnung für jedes Stockwerk r die Bedingung (60) eingehalten ist.

$$\varphi_r \leq \frac{V_r}{10 N_r} \quad (60)$$

mit

$$V_r = V_r^H + \varphi_0 \cdot N_r \quad (61)$$

DIN 18800-2:2008-11

Dabei ist

V_r^H Stockwerksquerkraft nur aus äußeren Horizontallasten;

N_r Summe aller im Stockwerk r übertragenen Vertikallasten;

φ_r Drehwinkel der Stiele im Stockwerk r nach der Fließgelenktheorie I. Ordnung.

ANMERKUNG Für einstöckige Rahmen sind in der Literatur Formeln zur Ermittlung von φ_r angegeben (siehe z. B. [12]).

(527) Einstöckige Rahmen

Für Rahmen nach Bild 31 darf nach Fließgelenktheorie I. Ordnung gerechnet werden, wenn in den Stielen keine oder nur an den Enden Fließgelenke auftreten und wenn die Bedingung (62) erfüllt ist,

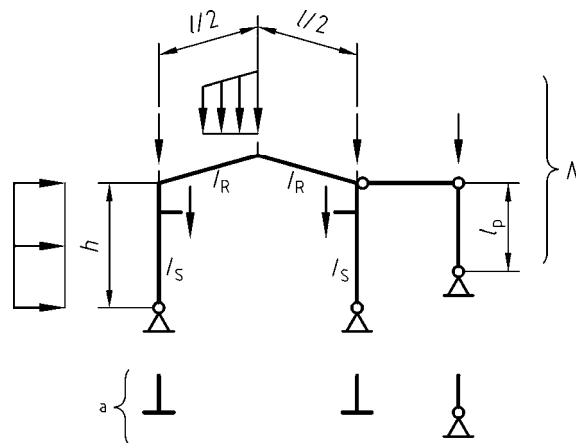
$$\frac{\alpha}{1 + \frac{I_s \cdot l}{I_R \cdot h}} \cdot \frac{(E \cdot I_s)_d}{N \cdot h^2} \geq 10 \quad (62)$$

mit

$\alpha = 3$ für gelenkige Lagerung der Fußpunkte;

$\alpha = 6$ für eingespannte Lagerung der Fußpunkte;

N Summe aller Vertikallasten.



Legende
a oder:

Bild 31 — Festlegungen für Bedingung (62)

Sind die Längen l_p der Pendelstiele nicht gleich der Länge h der Rahmenstiele, so sind für die Berechnung von N die Vertikallasten der Pendelstiele mit dem Faktor h/l_p zu multiplizieren.

ANMERKUNG Da dieses Kriterium alle möglichen Fließgelenkkonstellationen erfassen muss, kann es im einzelnen Anwendungsfall weit auf der sicheren Seite liegen.

5.3.2.5 Vereinfachte Berechnung nach Fließgelenktheorie II. Ordnung

(528) Für Stockwerkrahmen darf die im 5.3.2.2 genannte vereinfachte Berechnung nach Elastizitätstheorie II. Ordnung unter Ansatz der Stockwerksquerkräfte V_r , berechnet nach Gleichung (56), unverändert auch bei der Fließgelenktheorie angewendet werden, wenn zusätzlich sichergestellt ist, dass die Stiele keine oder nur an den Enden Fließgelenke aufweisen. Für φ_r ist in Gleichung (56) der Stieldrehwinkel nach der hier beschriebenen vereinfachten Fließgelenktheorie II. Ordnung einzusetzen.

5.3.3 Elastisch gelagerte Durchlaufträger

5.3.3.1 Allgemeines

(529) Elastisch gelagerte Durchlaufträger dürfen analog 3.4.2 berechnet werden.

5.3.3.2 Druckgurte mit federnder Querstützung

(530) Fachwerk- und Vollwandträger

Druckgurte von Fachwerk- oder Vollwandträgern dürfen für das Ausweichen aus ihrer Ebene als planmäßig mittig gedrückte, elastisch gelagerte Durchlaufträger angesehen werden.

ANMERKUNG Bei Brücken wird im Allgemeinen die elastische Stützung durch Halbrahmen gebildet.

(531) Mittelung der Druckkraft

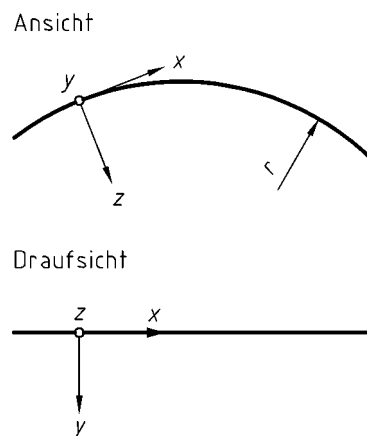
Bei Vollwandträgern darf für die Längskraft des gedrückten Gurtes zwischen zwei Halbrahmen ein konstanter, gemittelter Wert eingesetzt werden; zum Querschnitt des Druckgurtes sind die Gurtflächen und 1/5 der Stegfläche zu zählen.

Tabelle 18 — Beispiel für die Federsteifigkeit C_d des Halbrahmens bei Trogbrücken

Fachwerke und vollwandige Hauptträger mit rechtwinklig zur Hauptträgerebene angeordneten Halbrahmen	
	$C_d = \frac{(E \cdot I_v)_d}{\frac{h_v^3}{3} + \frac{h^2 \cdot b_q \cdot I_v}{2 I_q}}$

DIN 18800-2:2008-11**6 Bogenträger****6.1 Mittiger Druck (Stützlinienbogen)****6.1.1 Ausweichen in der Bogenebene****6.1.1.1 Gleichbleibender Querschnitt****(601) Nachweis**

Der Tragsicherheitsnachweis darf mit der Bedingung (3) geführt werden. Für N ist dabei der Wert am Kämpfer einzusetzen.

**Bild 32 — Achsbezeichnungen am Bogen**

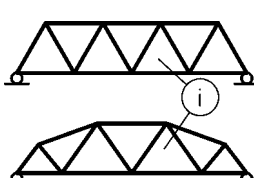
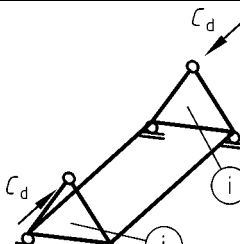
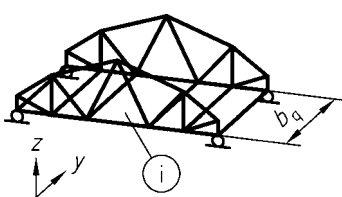
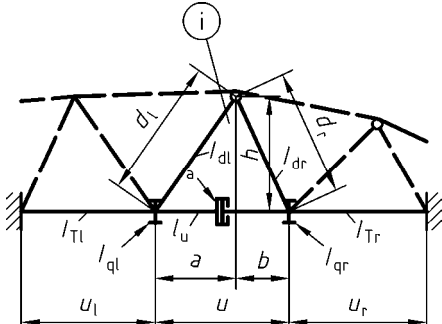
ANMERKUNG Für symmetrische Bögen sind in Bild 33 für verschiedene System- und Lagerungsfälle Knicklängenbeiwerte

$$\beta = \frac{s_K}{s} \quad (63)$$

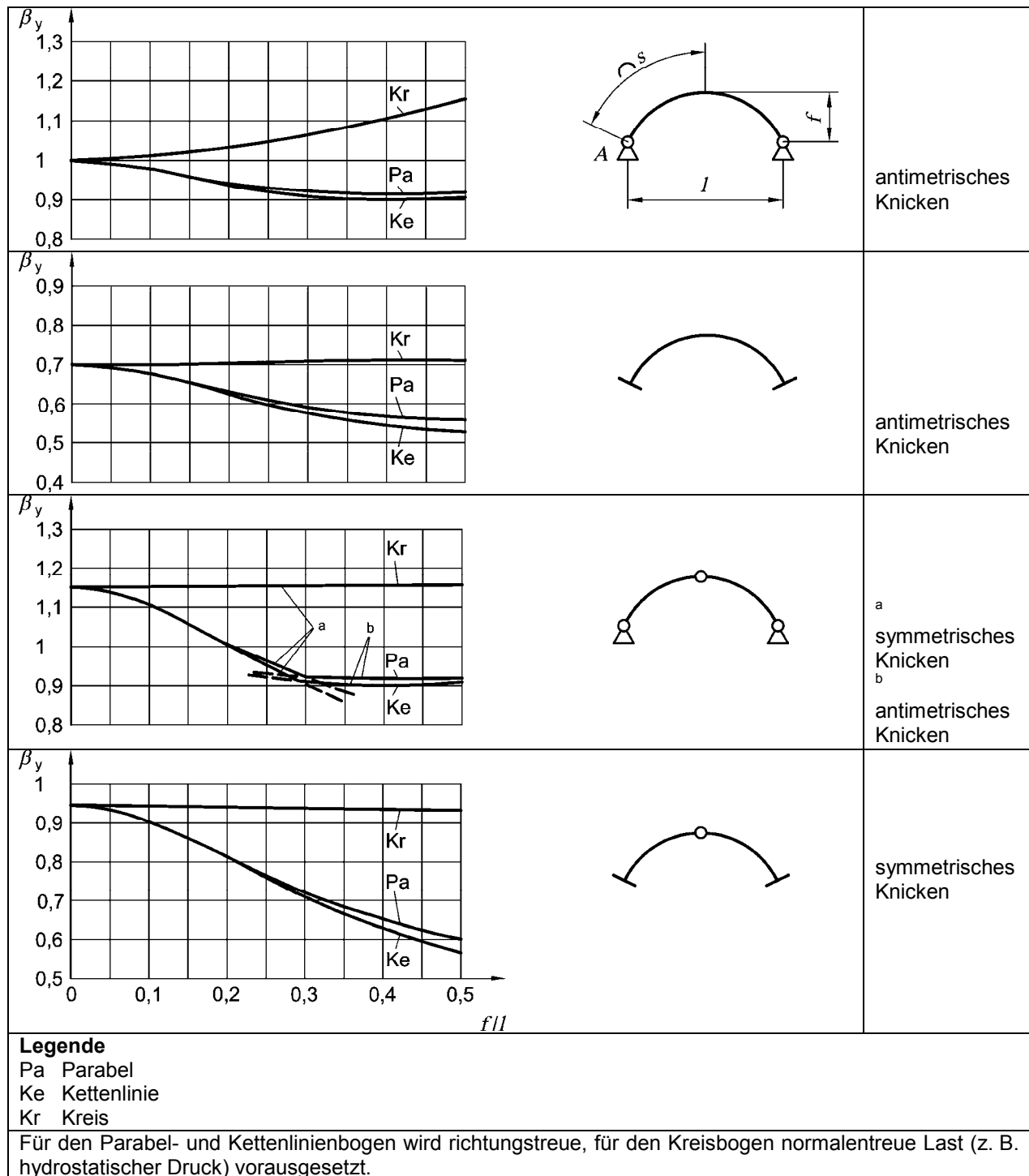
unter der Voraussetzung vernachlässigbarer Normalkraftverformungen angegeben (s_K Knicklänge, s halbe Bogenlänge). Daraus ergibt sich die Normalkraft am Kämpfer K unter der kleinsten Verzweigungslast aus Gleichung (64).

$$N_{Ki} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot s} \right)^2 E \cdot I_y \quad (64)$$

Tabelle 19 — Federsteifigkeit C_d pfostenloser Strebenfachwerke

	1	2
1	 Beispiele pfostenloser Streben- fachwerk- brücken	 Halbrahmen bei pfostenlosen Strebenfachwerkbrücken
2	 Der Rechnung zugrundeliegendes Trog- brückensystem	^a Torsionsgelenk  Das der Berechnung zugrunde gelegte System. Untergurtstab des Feldes nur biegesteif, benachbarte Untergurtstäbe nur torsionssteif.
3	Federsteifigkeit: $C_d = \frac{A+B-2D}{A \cdot B - D^2} (E \cdot I_u)_d$	
	$A = \frac{h^2 \cdot I_u}{n_l} + \frac{d_l^3 \cdot I_u}{3I_{dl}} + \frac{a^2 \cdot u}{3}$ $B = \frac{h^2 \cdot I_u}{n_r} + \frac{d_r^3 \cdot I_u}{3I_{dr}} + \frac{b^2 \cdot u}{3}$ $D = \frac{1}{6} a \cdot b \cdot u$ $n_l = \frac{2}{b_q} I_{ql} + \frac{G \cdot I_{Tl}}{E \cdot u_l}$ $n_r = \frac{2}{b_q} I_{qr} + \frac{G \cdot I_{Tr}}{E \cdot u_r}$	
4	Die Längen d_l, d_r, a, b, u und b_q können gegebenenfalls um biegestarre, u_l und u_r um torsionsstarre Bereiche an den Stabenden verringert werden. I_{dl}, I_{dr}, I_u = Trägheitsmomente der Diagonalen und des Untergurts des Feldes bezüglich Biegung rechtwinklig zur Hauptträgerebene; I_{ql}, I_{qr} = Trägheitsmomente des linken und rechten Querträgers des Feldes bezüglich der Fahrbahndurchbiegung; I_{Tl}, I_{Tr} = St. Venantscher Torsionswiderstand der benachbarten Untergurtstäbe. Falls die Halbwellenzahl m der Knickbiegeline des Obergurts kleiner als die halbe Felderzahl ist, sind die Federsteifigkeiten abzumindern, indem die Trägheitsmomente I_q aller innenliegenden Querträger nur mit ihren halben Werten angesetzt werden.	

DIN 18800-2:2008-11

Knicklängenbeiwerte β für Knicken in der BogenebeneBild 33 — Knicklängenbeiwerte β für Ausweichen in der Bogenebene (Normalkraftverformungen sind vernachlässigt) unter Stützlinienbelastung

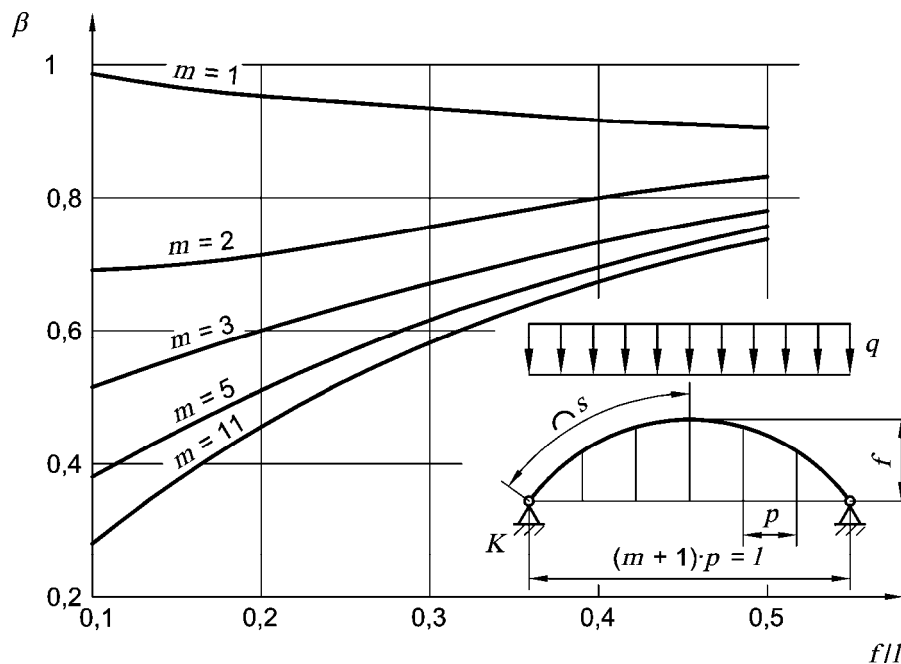


Bild 34 — Knicklängenbeiwert β für das Ausweichen des Parabelbogens mit m Hängern in der Bogenebene (Bezug: Normalkraft am Kämpfer K)

(602) Bogen mit Zugband

Auch beim Bogen mit Zugband, das durch Hänger mit dem Bogen verbunden ist, ist der Tragsicherheitsnachweis mit der Knicklänge für den gesamten Bogen zu führen. Der Nachweis für den Bogenabschnitt zwischen zwei benachbarten Hängern genügt in der Regel nicht.

ANMERKUNG Weitere Angaben hierzu können der Literatur entnommen werden, z. B. [13], [14].

(603) Durchschlagen von Bögen

Bei flachen Bögen tritt kein Durchschlagen auf, wenn Bedingung (65) eingehalten ist.

$$l \sqrt{\frac{E \cdot A}{12 E \cdot I_y}} > k \quad (65)$$

Dabei ist

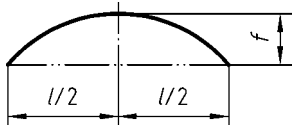
$E \cdot A$ Dehnsteifigkeit;

$E \cdot I_y$ Biegesteifigkeit in der Bogenebene;

k Hilfswert nach Tabelle 20.

ANMERKUNG Durchschlaglasten für Bögen können nach dieser Norm nicht ermittelt werden. Bei ihrer Berechnung ist die nichtlineare Theorie großer Verformungen anzuwenden.

DIN 18800-2:2008-11**Tabelle 20 — Hilfwert k**

	1	2	3	4	5	6	7
1		f/l	0,05	0,075	0,10	0,15	0,20
2	Zweigelenkbogen	k	35	23	17	10	8
3	Starr eingespannter Bogen		319	97	42	13	6

6.1.1.2 Veränderlicher Querschnitt

(604) Der Tragsicherheitsnachweis ist nach Theorie II. Ordnung mit geometrischen Ersatzimperfektionen nach 6.2.1 zu führen.

6.1.2 Ausweichen rechtwinklig zur Bogenebene**6.1.2.1 Bogenträger ohne seitliche Stützung zwischen den Kämpfern**

(605) Der Tragsicherheitsnachweis darf mit Bedingung (3) geführt werden. Dabei ist der bezogene Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_K$ aus Gleichung (66) bzw. (67) zu ermitteln.

Beim Parabelbogen gilt

$$\bar{\lambda}_K = \frac{\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot l}{i_z \cdot \lambda_a} \quad (66)$$

Dabei ist

i_z Trägheitsradius bezüglich der z-Achse im Bogenscheitel;

β_1 Knicklängenbeiwert nach Tabelle 21 (unter Annahme richtungstreuer Belastung) bei vertikaler gleichmäßig verteilter Vollast und starrer Einspannung beider Bogenenden quer zur Bogenebene;

β_2 Knicklängenbeiwert nach Tabelle 22 zur Berücksichtigung der Lastrichtungsänderung beim seitlichen Ausweichen.

Beim Kreisbogen gilt

$$\bar{\lambda}_K = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{Ki,Kr}}} \quad (67)$$

mit

$$N_{Ki,Kr} = \frac{E \cdot I_z}{r^2} \cdot \frac{(\pi^2 - \alpha^2)^2}{\alpha^2 (\pi^2 + \alpha^2 \cdot k)} \quad (68)$$

Dabei ist

$N_{Ki,Kr}$ Normalkraft unter der kleinsten Verzweigungslast eines gabelgelagerten Kreisbogens mit unveränderlichem, doppelsymmetrischem Querschnitt und konstanter, radialgerichteter, richtungstreuer Belastung;

r Radius des Kreisbogens;

α Öffnungswinkel des Kreisbogens, $0 < \alpha < \pi$,

$$k = \frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_T}.$$

Tabelle 21 — Knicklängenbeiwert β_1

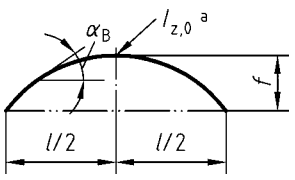
	1	2	3	4	5	6	7
1	f/l	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	 ^a im Scheitel
2	I_z konstant	0,50	0,54	0,65	0,82	1,07	
3	I_z veränderlich mit $I_z(\alpha_B) = \frac{I_{z,0}}{\cos \alpha_B}$	0,50	0,52	0,59	0,71	0,86	

Tabelle 22 — Knicklängenbeiwert β_2

	Belastung	β_2	Erläuterung
1	richtungstreu	1	q Gesamtlast
2	über Hänger	$1 - 0,35 \frac{q_H}{q}$	q_H Lastanteil, durch Hänger übertragen
3	über Ständer ^a	$1 + 0,45 \frac{q_{St}}{q}$	q_{St} Lastanteil, durch Ständer übertragen
^a Die Fahrbahn ist mit dem Bogenscheitel seitlich fest verbunden.			

6.1.2.2 Bögen mit Windverband und Endportalen

(606) Für das Ausweichen rechtwinklig zur Bogenebene darf näherungsweise allein das Knicken der Portalrahmen als maßgebend angesehen werden.

Der Tragsicherheitsnachweis für die Portalstiele darf mit der Bedingung (3) geführt werden, wobei $\bar{\lambda}_K$ aus Gleichung (69) zu ermitteln ist.

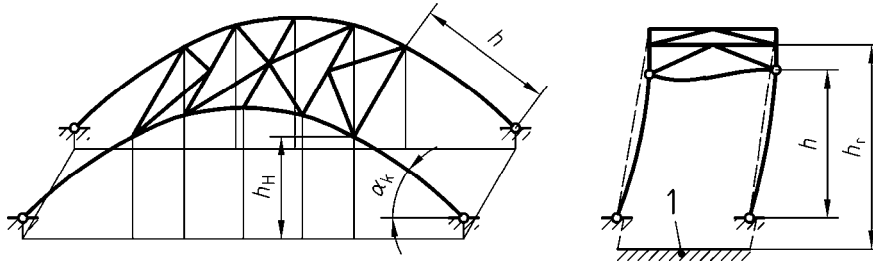
Bei Querlasten (z. B. aus Wind) ist zusätzlich ein Nachweis unter Berücksichtigung der Biegemomente nach Element 314 zu führen.

$$\bar{\lambda}_K = \frac{\beta \cdot h}{i_z \cdot \lambda_a} \quad (69)$$

DIN 18800-2:2008-11

Dabei ist

- β der Knicklängenbeiwert;
- h die Stielhöhe des Portalrahmens in der Rahmenebene;
- i_z der Trägheitsradius bezüglich der z-Achse des Stiels des Portalrahmens.

**Legende**

1 Fahrbahn

Bild 35 — Bögen mit Windverband, Endportalen und angehängter Fahrbahn

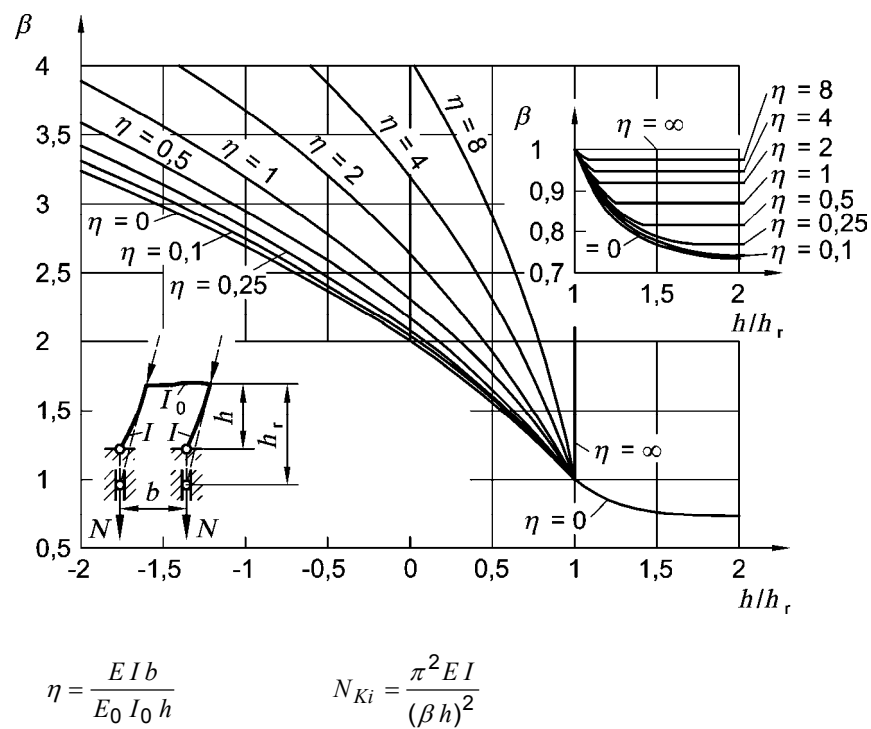


Bild 36 — Knicklängenbeiwerte für den an den Stielfüßen gelenkig gelagerten Portalrahmen

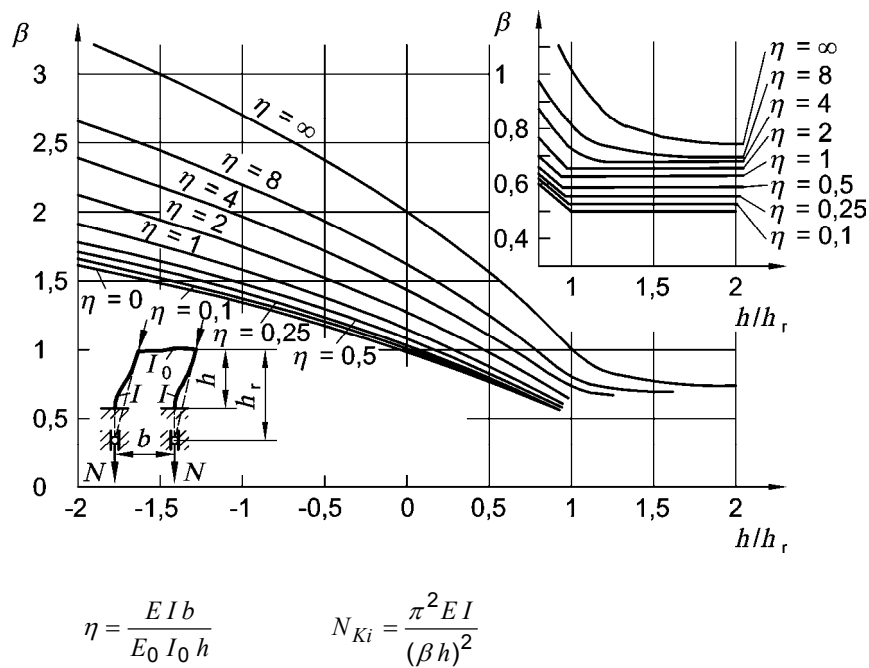


Bild 37 — Knicklängenbeiwerte für den an den Stiefüßen eingespannten Portalrahmen

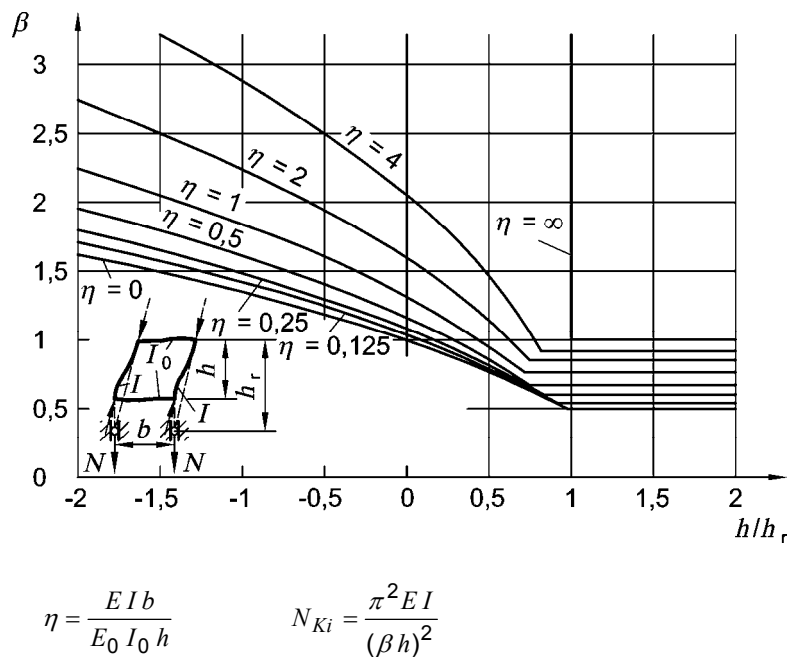


Bild 38 — Knicklängenbeiwerte für den Portalrahmen mit zwei Riegeln gleicher Steifigkeit

ANMERKUNG 1 Knicklängenbeiwerte können der Literatur [15] und den Bildern 36 bis 38 entnommen werden. Mit den hier angegebenen Diagrammen wird der Fall der nicht richtungstreuen Belastung behandelt. Ihre Anwendung ist nicht auf Portalrahmen von Bögen beschränkt.

ANMERKUNG 2 Für h_r nach den Bildern 36 bis 38 ist die gemittelte Hängertlänge h_H vergrößert mit dem Faktor $1/\sin \alpha_k$ einzusetzen, wobei α_k der Winkel zwischen den schrägliegenden Portalstielen und der Waagerechten ist. Bei aufgeständerter Fahrbahn ist h_r negativ einzusetzen.

DIN 18800-2:2008-11**6.2 Einachsige Biegung in Bogenebene mit Normalkraft****6.2.1 Ausweichen in der Bogenebene**

(607) Für Tragsicherheitsnachweise nach einem der in Tabelle 1 genannten Verfahren sind geometrische Ersatzimperfektionen nach Tabelle 23 in ungünstiger Richtung anzusetzen.

Bögen mit gleichbleibendem Querschnitt, die die Bedingung (70) erfüllen, dürfen ohne Ersatzimperfektionen nach Theorie I. Ordnung berechnet werden.

$$s_K \sqrt{\frac{N}{(E \cdot I_y)_d}} \leq 1 \quad (70)$$

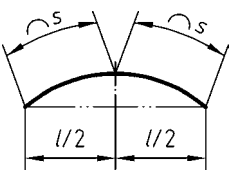
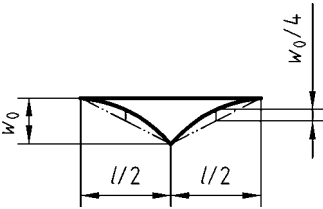
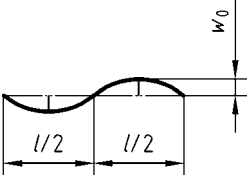
Dabei ist

s_K Knicklänge des Bogens für das Ausweichen in der Bogenebene.

ANMERKUNG 1 Angaben für s_K können aus Gleichung (63) mit Hilfe von Bild 33 entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Von der Erleichterung für das Verfahren Elastisch-Elastisch nach 2.1, Element 201 darf Gebrauch gemacht werden.

Tabelle 23 — Geometrische Ersatzimperfektionen in der Bogenebene

	1	2	3			
			w_0 für Querschnitte der Knickspannungslinie (vgl. Tabelle 5)			
		Verlauf der geometrischen Ersatzimperfektion (sinus- oder parabelförmig)	a	b	c	d
1	Dreigelenkbogen bei symmetrischem Ausweichen		$\frac{s}{300}$	$\frac{s}{250}$	$\frac{s}{200}$	$\frac{s}{150}$
2	Zweigelenkbogen, eingespannter Bogen, Dreigelenkbogen bei antisymmetrischem Ausweichen		$\frac{l}{600}$	$\frac{l}{500}$	$\frac{l}{400}$	$\frac{l}{300}$

6.2.2 Ausweichen rechtwinklig zur Bogenebene

6.2.2.1 Allgemeines

(608) Der Tragsicherheitsnachweis darf nach 6.1.2 geführt werden.

6.2.2.2 In der Sehne gedrückte oder gezogene kreisförmige Bögen mit unveränderlichem, rechteckigem oder I-förmigem Querschnitt

(609) Für rechtwinklig zur Bogenebene starr eingespannte Bögen mit dem in Bild 39 angegebenen System darf näherungsweise Bedingung (3) angewendet werden, jedoch mit dem bezogenen Schlankheitsgrad nach Gleichung (71).

$$\bar{\lambda}_K = \frac{\beta \cdot s}{i_z \cdot \lambda_a} \quad (71)$$

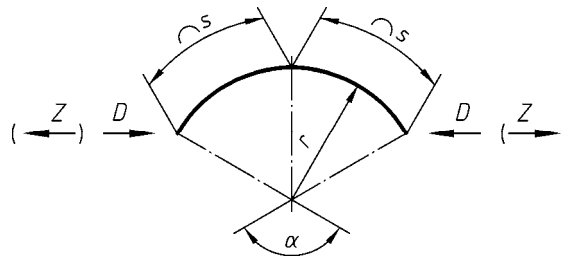


Bild 39 — Definitionen

Hierin bedeuten:

$$\alpha = \frac{2s}{r} \quad \text{Öffnungswinkel des Kreisbogens mit } 0 \leq \alpha \leq \pi,$$

$$\beta = \frac{\pi}{\sqrt{K_1}} \quad \text{Knicklängenbeiwert} \quad (72)$$

Für gedrückte Bögen gilt:

$$K_1 = 2,47 - (3 + 0,21k) \frac{\alpha}{100} + (700 - 6k + 0,08k^2) \left(\frac{\alpha}{100} \right)^2 \quad (73)$$

Für gezogene Bögen gilt:

$$K_1 = -0,036 + \frac{9,58}{10+k} + \frac{7,58}{(10+k)^2} + \left(0,134 - \frac{36,2}{5+k} - \frac{62,5}{(5+k)^2} \right) \frac{1}{\alpha} - \left(0,226 + \frac{13,4}{k} + \frac{1,94}{k^2} \right) \left(\frac{1}{\alpha} \right)^2 \quad (74)$$

mit

$$k = \frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_T}$$

DIN 18800-2:2008-11**6.2.2.3 Gabelgelagerte Kreisbogenabschnitte mit gleichbleibendem, I-förmigem Querschnitt**

(610) Der Tragsicherheitsnachweis darf näherungsweise mit Bedingung (27) geführt werden. Dabei ist der bezogene Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_K$ aus Gleichung (75) zu ermitteln

$$\bar{\lambda}_K = \frac{\beta \cdot s}{i_z \cdot \lambda_a} \quad (75)$$

Dabei ist

$$\alpha = \frac{2s}{r} \quad \text{Öffnungswinkel des Kreisbogens mit } 0 \leq \alpha \leq \pi,$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\sqrt{K_1}} \quad \text{Knicklängenbeiwert} \quad (76)$$

$$K_1 = \frac{(\pi^2 - \alpha^2)^2}{\pi^2 + \alpha^2 \cdot k} \quad (77)$$

mit

$$k = \frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_T}$$

Für die Berechnung des Abminderungsfaktors κ_M aus Gleichung (18) mit $\bar{\lambda}_M$ nach Abschnitt 1.4, Element 110 ist $M_{Kl,y}$ aus Gleichung (78) zu bestimmen.

$$M_{Kl,y} = -\frac{E \cdot I_z + \bar{C}}{2r} \mp \sqrt{\left(\frac{E \cdot I_z - \bar{C}}{2r}\right)^2 + \frac{E \cdot I_z \cdot \bar{C} \cdot \pi^2}{r^2 \cdot \alpha^2}} \quad (78)$$

mit

$$\bar{C} = \frac{E \cdot I_\omega \cdot \pi^2}{r^2 \cdot \alpha^2} + G \cdot I_T$$

In Gleichung (78) gilt vor der Wurzel das Pluszeichen, wenn M_y auf der Bogeninnenseite Zug erzeugt.

ANMERKUNG Gleichung (78) setzt Gabellagerung rechtwinklig zur Bogenebene voraus.

6.3 Planmäßig räumliche Belastung

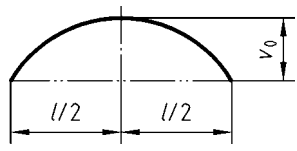
(611) Der Tragsicherheitsnachweis ist in der Regel nach Elastizitätstheorie II. Ordnung zu führen (Tabelle 1, Zeile 1, Verfahren Elastisch-Elastisch). Dabei sind sinnvolle geometrische Ersatzimperfectionen zusätzlich zu den planmäßigen Lasten anzusetzen. Bei seitlich zwischen den Kämpfern nicht gehaltenen Bögen dürfen die Ersatzimperfectionen nach den Tabellen 23 oder 24 gewählt werden.

Es genügt, die Imperfectionen nur in einer, nämlich der ungünstigsten Richtung anzunehmen (in Bogenebene oder rechtwinklig dazu).

Bei Bögen mit Lasteinleitung über Hänger oder Ständer ist anzunehmen, dass diese im Vorverformungszustand ihre planmäßige Richtung haben.

ANMERKUNG Der Fall der planmäßig räumlichen Belastung liegt insbesondere bei Bogentragwerken im Freien wegen der möglichen Windwirkung quer zur Bogenebene vor. In diesem Falle sind die Voraussetzungen nach 6.1 und 6.2 nicht erfüllt.

Tabelle 24 — Geometrische Ersatzimperfectionen rechtwinklig zur Bogenebene

	Verlauf der geometrischen Ersatzimperfectionen in horizontaler Richtung (sinus- oder parabelförmig)	v_0 für Querschnitte der Knickspannungslinie (vgl. Tabelle 5)				
			a	b	c	d
Dreigelenkbogen Zweigelenkbogen eingespannter Bogen		$l \leq 20 \text{ m}$	$\frac{l}{300}$	$\frac{l}{250}$	$\frac{l}{200}$	$\frac{l}{150}$
		$l \geq 20 \text{ m}$ $l_1 = \sqrt{20 \text{ l [m]}}$	$\frac{l_1}{300}$	$\frac{l_1}{250}$	$\frac{l_1}{200}$	$\frac{l_1}{150}$

7 Planmäßig gerade Stäbe mit ebenen dünnwandigen Querschnittsteilen

7.1 Allgemeines

In Abschnitt 7 ist unter „Normalkraft“ stets Druck zu verstehen.

(701) Anwendungsbereich

Abschnitt 7 ist zu beachten, wenn die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ einzelner Querschnittsteile überschritten sind. Dann ist der Einfluss des Beulens einzelner Querschnittsteile auf das Knicken zu berücksichtigen. Dies betrifft sowohl die Berechnung der Schnittgrößen als auch die der Beanspruchbarkeiten.

ANMERKUNG 1 Die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ sind DIN 18800-1:2008-11, Tabellen 12, 13 und 15, zu entnehmen.

ANMERKUNG 2 Der Einfluss des Beulens einzelner Querschnittsteile auf das Knicken besteht im Wesentlichen darin, dass die Stabsteifigkeit durch das Ausbeulen herabgesetzt wird und das sich Spannungen innerhalb des Querschnitts auf steifere oder weniger beanspruchte Querschnittsteile umlagern.

(702) Nachweisverfahren

Der Tragsicherheitsnachweis ist nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch oder Elastisch-Plastisch (siehe Tabelle 1, Zeilen 1 und 2) zu führen.

Dazu dürfen vereinfachend die Hinweise nach 7.2 bis 7.6 angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Die Anwendung der Fließgelenktheorie ist zunächst ausgeschlossen, da darüber bisher keine Bestätigung durch Versuche vorliegt.

ANMERKUNG 2 In 7.2 bis 7.6 ist der Einfluss des Beulens der einzelnen Querschnittsteile auf das Knicken berücksichtigt.

(703) Einfluss von Schubspannungen

Bei Anwendung von 7.2 bis 7.6 müssen Schubspannungen hinsichtlich des Beulens der dünnwandigen Querschnittsteile vernachlässigbar sein. Dies gilt als erfüllt, wenn die Bedingungen (79) und (80) erfüllt sind.

$$\tau \leq 0,2 f_{y,d} \quad (79)$$

$$\tau \leq 0,3 \tau_{p i, d} \quad (80)$$

DIN 18800-2:2008-11

Sind die Bedingungen (79) und (80) nicht erfüllt, so darf der zusätzliche Einfluss der Schubspannungen nach DIN 18800-3 berücksichtigt werden. Unabhängig davon ist auch dann die Steifigkeitsverminderung des Gesamtstabes zu beachten,

$\tau_{Pi,d}$ ist die ideale Plattenbeulspannung bei alleiniger Wirkung von Randspannungen τ . Sie ist nach DIN 18800-3 zu ermitteln.

(704) Zulässige Profilformen

7.2 bis 7.6 dürfen nur für Stäbe konstanten Querschnitts mit folgenden Profilformen angewendet werden: rechteckige Hohlprofile, doppelt- oder einfachsymmetrische I-Profile, U-Profile, C-Profile, Z-Profile, Hutprofile, Trapezhohlrippen.

ANMERKUNG Als rechteckig gelten Hohlprofile, solange $b/r \geq 5$ ist. Kreisförmige Rohre und T-Profile sind nicht erfasst.

7.2 Berechnungsgrundlagen**(705) Modell des wirksamen Querschnitts**

Bei dem hier verwendeten Modell wird die geometrische Breite b des dünnwandigen Teils ersetzt durch eine wirksame Breite b' (Bild 40) bzw. b'' . Der sich so ergebende wirksame Querschnitt ist der Berechnung zugrunde zu legen.

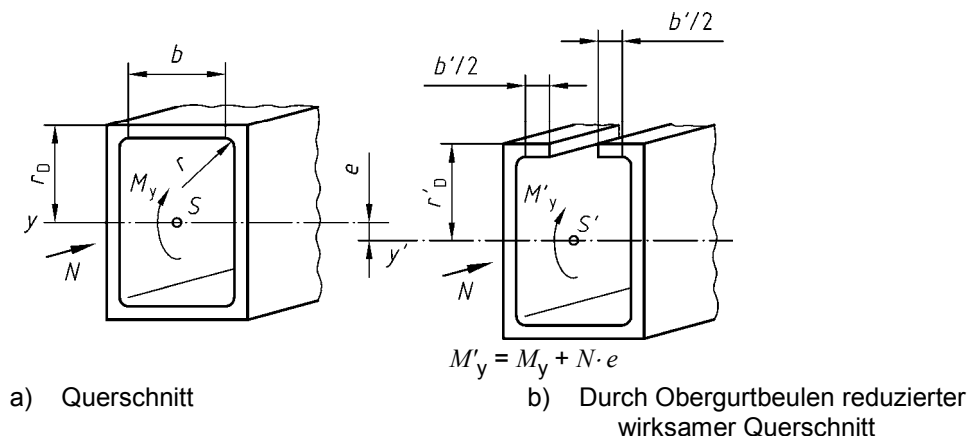


Bild 40 — Beispiel für wirksame Querschnitte

ANMERKUNG 1 Es sind also alle Querschnittswerte für den wirksamen Querschnitt zu bestimmen.

ANMERKUNG 2 Die Berechnung der wirksamen Breiten b' bzw. b'' ist in 7.3 (Verfahren Elastisch-Elastisch) bzw. 7.4 (Verfahren Elastisch-Plastisch) geregelt. Entsprechend sind Querschnittswerte A' , I' usw. den wirksamen Breiten b' und A'' , I'' usw. den wirksamen Breiten b'' zugeordnet. In Bild 40 b) ist der reduzierte Querschnitt entsprechend dem Verfahren Elastisch-Elastisch dargestellt. Für das Verfahren Elastisch-Plastisch gilt das Bild sinngemäß.

ANMERKUNG 3 Die in 3.2 bis 3.5 angegebenen Nachweismöglichkeiten gelten prinzipiell auch für Stäbe mit wirksamen Querschnitten, wobei die in 7.5 und 7.6 angegebenen Modifikationen zu beachten sind.

(706) Näherungsverfahren

Der wirksame Querschnitt ergibt sich aus der Reduktion des Biegedruckbereiches. Ist der Querschnitt bezüglich der Biegeachse nicht symmetrisch und treten Biegemomente mit verschiedenen Vorzeichen auf, so ist jene Richtung des Biegemomentes maßgebend, die das kleinere wirksame Trägheitsmoment liefert. Das wirksame Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment) ist dabei über die Stablänge konstant anzunehmen.

ANMERKUNG 1 Bei der Reduktion des Biegedruckbereiches kann vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend als Druckspannung $\sigma_D = f_{y,k}/\gamma_M$ angenommen werden. Um eine Iteration zu vermeiden, kann für das Randspannungsverhältnis ψ ebenfalls eine auf der sicheren Seite liegende Vereinfachung getroffen werden.

ANMERKUNG 2 Der Biegezugbereich wird bei diesen Näherungsverfahren nicht reduziert, auch wenn dort resultierend Druckspannungen vorhanden sind. Dieses Näherungsverfahren ist durch Beispiele in der Literatur [16] näher erläutert.

(707) Querschnittsnachweis

Die Nachweise werden für den wirksamen Querschnitt geführt. Die Reduktion des Querschnitts ist stets in Übereinstimmung mit dem Drehsinn des vorhandenen Biegemomentes auf der Momentendruckseite des verformten Stabes vorzunehmen.

ANMERKUNG Sofern kein planmäßiges Biegemoment vorliegt, ist das Biegemoment infolge Vorkrümmung einzusetzen. Bei einfachsymmetrischen Querschnitten kann es erforderlich sein, beide Ausweichrichtungen zu untersuchen.

(708) Schwerpunktsverschiebung infolge Querschnittsreduktion

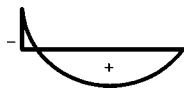
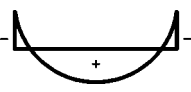
Der Einfluss der Verschiebung e des Schwerpunktes beim Übergang vom vollen auf den wirksamen Querschnitt muss berücksichtigt werden.

Dies darf vereinfachend nach 7.2, Elemente 709 und 710 erfolgen.

(709) Vergrößerung des Stiches der Vorkrümmung

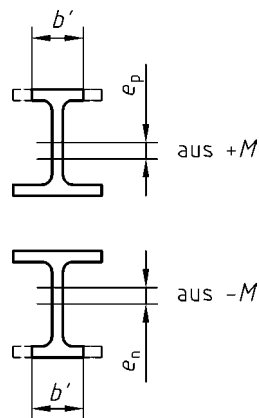
Bei Stäben, für die eine Vorkrümmung mit dem Stich w_0 anzunehmen ist, muss w_0 um Δw_0 nach Tabelle 25 erhöht werden.

Tabelle 25 — Vergrößerung Δw_0 des Stiches der Vorkrümmung

	1	2	3
Momentenverlauf			
Δw_0	e_p	$e_p + \frac{1}{2} e_n$	$e_p + e_n$
e_p Schwerpunktsverschiebung infolge eines positiven Momentes; e_n Schwerpunktsverschiebung infolge eines negativen Momentes.			

Bei zur Biegeachse symmetrischem Querschnitt und der Annahme, dass σ_D infolge des positiven und negativen Momentes gleich groß ist, ergibt sich $e_p = e_n = e$.

ANMERKUNG Der Momentenverlauf in Tabelle 25 ist beispielhaft dargestellt. Wesentlich ist das Auftreten von positiven und negativen Momenten.

DIN 18800-2:2008-11**Bild 41 — Beispiele für Schwerpunktsverschiebung****(710) Vergrößerung der Vorverdrehung**

Bei Stäben, für die eine Vorverdrehung φ_0 anzunehmen ist, muss φ_0 um $\Delta\varphi_0 = (e_p + e_n)/l$ erhöht werden, wenn beide Stabenden eingespannt sind und dort Momente verschiedener Vorzeichen auftreten können. Ist ein Stabende gelenkig gelagert, so ist dort $e_p = 0$ bzw. $e_n = 0$. Die Schwerpunktsverschiebungen e_p und e_n sind in 7.2, Element 709, definiert.

ANMERKUNG Dies führt bei Anwendung des Ersatzstabverfahrens zum Ansatz einer zusätzlichen Imperfektion.

7.3 Wirksame Breite beim Verfahren Elastisch-Elastisch**(711) Spannungsverteilung**

Die Spannungen sind mit der Annahme einer linearen Spannungsverteilung im wirksamen Querschnitt zu berechnen.

ANMERKUNG Tatsächlich sind die Spannungen im Querschnitt nichtlinear verteilt.

(712) Größe der wirksamen Breite

Die wirksame Breite ist bei beidseitiger Lagerung der Plattenränder und konstanter Druckbeanspruchung aus Gleichung (81), bei einseitiger Lagerung der Plattenränder aus Gleichung (82) zu bestimmen. Die Annahme beidseitiger Lagerung setzt ausreichende Steifigkeit der Unterstützung voraus.

$$b' = b \quad \text{für} \quad \bar{\lambda}_{p\sigma} \leq 0,673 \quad (81a)$$

$$b' = \frac{(1 - 0,22 / \bar{\lambda}_{p\sigma})}{\bar{\lambda}_{p\sigma}} \cdot b \quad \text{für} \quad \bar{\lambda}_{p\sigma} > 0,673 \quad (81b)$$

$$b' = \frac{0,7}{\bar{\lambda}_{p\sigma}} \cdot b \quad \text{jedoch} \quad b' \leq b \quad (82)$$

Dabei ist

b Breite des dünnwandigen Querschnittsteils gemäß Tabelle 26;

$\bar{\lambda}_{p\sigma}$ bezogener Schlankheitsgrad für das Beulen des Bleches nach Gleichung (83):

$$\bar{\lambda}_{p\sigma} = \sqrt{\frac{\sigma}{k \cdot \sigma_e / \gamma_M}} \quad (83)$$

$$\sigma_e = 189\,800 \left(\frac{t}{b} \right)^2 \text{ N/mm}^2;$$

t Dicke des dünnwandigen Querschnittsteils;

k Beulwert nach Tabelle 26, wobei das Verhältnis ψ der Randspannungen aus dem am wirksamen Querschnitt vorhandenen Spannungszustand zu bestimmen ist. Für beidseitige Lagerung darf das Randspannungsverhältnis unter der Annahme des vollen, nicht reduzierten Querschnittes der betrachteten Teilfläche bestimmt werden.

Der Spannungszustand ist aus der gemeinsamen Wirkung aller Schnittgrößen zu ermitteln.

σ in N/mm^2 . Die unter Zugrundelegung des wirksamen Querschnittes berechnete maximale Druckspannung nach Theorie II. Ordnung am Längsrand des dünnwandigen Querschnittsteils. Dabei wird unter Längsrand ein Rand des vorhandenen, nicht reduzierten Querschnittsteils verstanden.

Falls in Gleichung (83) $\sigma < f_{y,d}$ angenommen wird, ist bei Nachweisen nach 7.5.2.1 bis 7.5.2.3 jeweils $f_{y,d}$ durch σ zu ersetzen.

ANMERKUNG 1 Ausreichende Steifigkeiten der Unterstützung von Plattenrändern für Kaltprofile können z. B. der DAST-Richtlinie 016 „Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen“, 3.10.2, entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Für den Grenzfall $\sigma = f_{y,d}$ geht $\bar{\lambda}_{p\sigma}$ in $\bar{\lambda}_p$ nach DIN 18800-3:2008-11, Tabelle 1, über.

ANMERKUNG 3 σ_e ergibt sich aus

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12 b^2 (1 - \mu^2)}$$

mit der Querdehnungszahl $\mu = 0,3$.

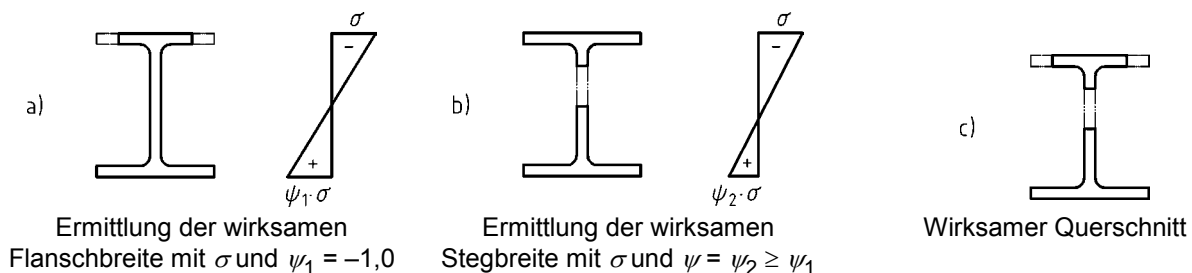


Bild 42 — Ermittlung des wirksamen Querschnittes eines I-Trägers unter einachsiger Biegung

DIN 18800-2:2008-11

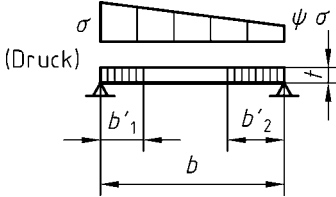
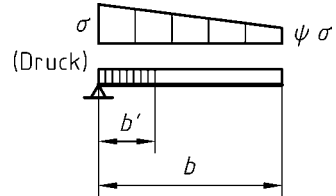
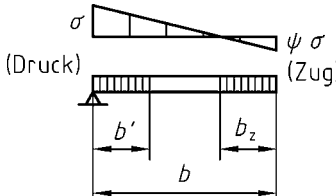
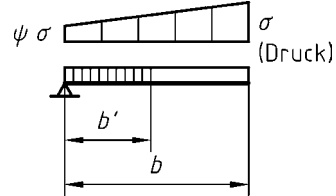
Tabelle 26 — Beulwerte k

		1	2	
1	Lagerung	beidseitig 	einseitig 	
2	Spannungsverlauf			
3	$\psi = 1$	4	0,43	
4	$1 > \psi > 0$	$\frac{8,2}{\psi + 1,05}$	$\frac{0,578}{\psi + 0,34}$	$0,57 - 0,21 \psi + 0,07 \psi^2$
5	$\psi = 0$	7,81	1,70	0,57
6	$0 > \psi > -1$	$7,81 - 6,29 \psi + 9,78 \psi^2$	$1,70 - 5 \psi + 17,1 \psi^2$	$0,57 - 0,21 \psi + 0,07 \psi^2$
7	$\psi = -1$	23,9	23,8	0,85

(713) Aufteilung der wirksamen Breite

Die wirksame Breite ist nach Tabelle 27 aufzuteilen.

Tabelle 27 — Aufteilung der wirksamen Breite b'

1	Beidseitige Lagerung A	 $-1 \leq \psi \leq 1$ $b'_1 = \rho \cdot b \cdot k_1$ $b'_2 = \rho \cdot b \cdot k_2$ mit $\rho = \frac{1}{\bar{\lambda}_{P\sigma}} \left[(0,97 + 0,03\psi) - (0,16 + 0,06\psi) / \bar{\lambda}_{P\sigma} \right]$ $k_1 = -0,04 \psi^2 + 0,12 \psi + 0,42$ $k_2 = +0,04 \psi^2 - 0,12 \psi + 0,58$
2	Einseitige Lagerung B	 $0 \leq \psi \leq 1$
3		 $-1 \leq \psi < 0$
4		 $-1 \leq \psi \leq 1$

ANMERKUNG 1 Im Unterschied zu DIN 18800-3:2008-11, Tabelle 1, Zeile 3, und DIN 18800-1:2008-11, Tabelle 12, wird bei Randspannungsverhältnissen $0 \leq \psi \leq 1$ der Faktor c hier nicht berücksichtigt, um zu einfachen Regeln und zu einer Übereinstimmung mit anderen nationalen und internationalen Regelwerken zu kommen.

ANMERKUNG 2 Die Werte ρ , k_1 , k_2 sind so ermittelt, dass vereinfachend der Beulwert k entsprechend Element 712 bestimmt werden kann.

DIN 18800-2:2008-11**7.4 Wirksame Breite beim Verfahren Elastisch-Plastisch**

(714) Die Größe der wirksamen Breite ist den Gleichungen (85) bis (87) zu entnehmen. Die Beiwerte k und die Aufteilung der wirksamen Breite sind aus Tabelle 28 zu bestimmen. Dabei ist die Gleichgewichtsbedingung

$$\sum N_i = N$$

zu erfüllen und

$$b'' = \sum b_i'' \quad \text{jedoch} \quad b'' \leq b \quad (84)$$

einzuhalten ($i = 1$ bis 3).

$$b_1'' = k_1 \cdot t \sqrt{240 / f_{y,k}} \quad (85)$$

$$b_2'' = k_2 \cdot t \sqrt{240 / f_{y,k}} \quad (86)$$

$$b_3'' = \frac{\psi_\varepsilon}{\psi_\varepsilon - 1} \cdot b \quad (\psi_\varepsilon < 0) \quad (87)$$

ANMERKUNG Im Allgemeinen ist zur Bestimmung der wirksamen Breite eine Iteration erforderlich.

7.5 Biegeknicken**7.5.1 Spannungsnachweis beim Verfahren Elastisch-Elastisch**

(715) Der Tragsicherheitsnachweis ist mit Bedingung (88) zu führen.

$$\sigma_D \leq f_{y,d} \quad (88)$$

Dabei ist σ_D die unter Zugrundelegung des wirksamen Querschnittes berechnete, maximale Druckspannung am Längsrand des dünnwandigen Querschnittsteils. Unter Längsrand wird ein Rand des vorhandenen, nicht reduzierten Querschnittsteils verstanden.

Es darf 7.2, Element 706, angewendet werden.

7.5.2 Vereinfachte Nachweise**7.5.2.1 Planmäßig mittiger Druck**

(716) Es wird der durch Einführung wirksamer Breiten für den Biegedruckgurt und gegebenenfalls Steg erhaltene wirksame Querschnitt zugrunde gelegt. Hierbei ist für den Steg eine Spannungsverteilung zu schätzen. Der Biegezuggurt wird nicht reduziert. Der Tragsicherheitsnachweis ist mit Bedingung (89) zu führen.

$$\frac{N}{\kappa' \cdot A' \cdot f_{y,d}} \leq 1 \quad (89)$$

Dabei ist

$$k' = \frac{1}{k' + \sqrt{k'^2 - \bar{\lambda}_K'^2}} \quad \text{jedoch} \quad k' \leq 1 \quad (90)$$

$$k' = \frac{1}{2} \left(1 + \alpha' (\bar{\lambda}_K' - 0,2) + \bar{\lambda}_K'^2 + \frac{\Delta w_0 \cdot r_D'}{i'^2} \right) \quad (91)$$

$$\alpha' = \alpha \frac{i \cdot r_D'}{i' \cdot r_D} \quad (92)$$

$$\bar{\lambda}_K' = \frac{s_K}{i' \cdot \lambda_a} \quad (93)$$

$$i' = \sqrt{I' / A'} \quad (94)$$

I', A' Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment), Querschnittsfläche des wirksamen Querschnitts;

Δw_0 Schwerpunktverschiebung durch Querschnittsreduzierung, entsprechend den Angaben in 7.2, Element 709, zu berechnen;

r_D, r_D' Abstand des Biegedruckrandes von der Schwerachse des vollen bzw. wirksamen Querschnittes (Bild 40);

α Parameter nach Tabelle 4;

i Trägheitsradius des vollen Querschnitts;

s_K Knicklänge, berechnet unter Berücksichtigung des wirksamen Flächenmomentes 2. Grades I' .

ANMERKUNG 1 Der Nachweis entspricht im Prinzip demjenigen nach 3.2.1, Element 304. Ähnlich wie in 3.4.2.1, Element 313, ist der Einfluss der zusätzlichen Exzentrizität Δw_0 durch ein Zusatzglied bei k' berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Eine andere Nachweismöglichkeit ist auch durch 7.5.2.2 gegeben, wobei dort der Einfluss aus Δw_0 durch ein planmäßiges Biegemoment $M_y = N \cdot \Delta w_0$ zu berücksichtigen ist. In diesem Falle ist dann in k' der Anteil mit Δw_0 zu streichen.

(717) Zusätzlich zum Nachweis nach 7.5.2.1, Element 716, ist ein Nachweis mit Bedingung (95) mit einer anderen wirksamen Fläche A' zu führen. Diese wirksame Fläche A' wird unter der Annahme bestimmt, dass der gesamte wirksame Querschnitt eine konstante Druckspannung aufweist.

$$\frac{N}{A' \cdot f_{y,d}} \leq 1 \quad (95)$$

7.5.2.2 Einachsige Biegung mit Normalkraft

(718) Nachweis

Der Tragsicherheitsnachweis darf mit Bedingung (24) geführt werden. Bei der Ermittlung des bezogenen Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}_K$ ist das wirksame Flächenmoment 2. Grades I' (Element 719) bzw. I'' (Element 720) zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Eine andere Nachweismöglichkeit ist durch die Literatur [18] gegeben.

DIN 18800-2:2008-11**(719) Verfahren Elastisch-Elastisch**

In Bedingung (24) sind

$$N_{pl,d} \quad \text{durch} \quad N'_{pl,d}$$

$$M_{pl,d} \quad \text{durch} \quad M'_{pl,d}$$

$$\kappa \quad \text{durch} \quad \kappa'$$

$$\bar{\lambda}_K \quad \text{durch} \quad \bar{\lambda}'_K$$

zu ersetzen, mit

$$N'_{pl,d} = A' \cdot f_{y,d} \quad (96)$$

$$M'_{pl,d} = \frac{I'}{r_D'} \cdot f_{y,d} \quad (97)$$

κ' , $\bar{\lambda}'_K$ nach 7.5.2.1, Element 716.

(720) Verfahren Elastisch-Plastisch

In Bedingung (24) sind

$$N_{pl,d} \quad \text{durch} \quad N''_{pl,d}$$

$$M_{pl,d} \quad \text{durch} \quad M''_{pl,d}$$

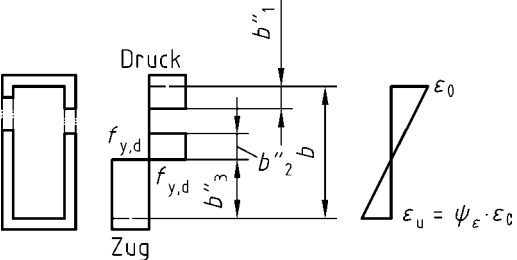
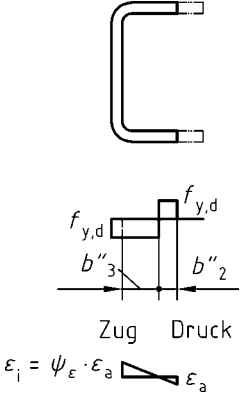
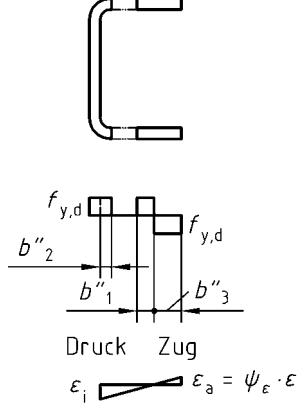
$$\kappa \quad \text{durch} \quad \kappa''$$

$$\bar{\lambda}_K \quad \text{durch} \quad \bar{\lambda}''_K$$

zu ersetzen. Diese Werte ergeben sich analog zu den Gleichungen (96), (97) nach 7.5.2.1, Element 716, an dem mit b'' reduzierten Querschnitt.

ANMERKUNG Beispiele für diese Reduktion von b'' sind in Tabelle 28 angegeben.

Tabelle 28 — Größe und Aufteilung der wirksamen Breit b''

1	Beidseitige Lagerung	 $k_1 = 18,5$ $k_2 = 18,5$
2	Einseitige Lagerung	 $k_1 = 0$ $k_2 = 11$
3		 $k_1 = \begin{cases} 0 & 1 \geq \psi_\epsilon \geq 0 \\ 4,56 \cdot \psi_\epsilon & 0 \geq \psi_\epsilon \geq -1 \end{cases}$ $k_2 = 11$

7.5.2.3 Zweiachsige Biegung mit oder ohne Normalkraft

(721) Der Tragsicherheitsnachweis darf nach 3.5.1 geführt werden. Abschnitt 7.5.2.2 ist sinngemäß anzuwenden.

DIN 18800-2:2008-11**7.6 Biegedrillknicken****7.6.1 Nachweis**

(722) Der Tragsicherheitsnachweis darf nach Abschnitt 3 geführt werden. Dabei sind jedoch in den dort aufgeführten Bedingungen die nachfolgenden Änderungen durch 7.6.2 und 7.6.3 (Elemente 723 bis 727) zu beachten.

7.6.2 Planmäßig mittiger Druck

(723) Die Berechnung erfolgt analog zu 3.2.2 wie beim Biegeknicken nach 7.5. Bei der Ermittlung des bezogenen Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}_K$ sind bei der Berechnung der Normalkraft N_{Ki} unter der kleinsten Verzweigungslast für das Biegedrillknicken nach der Elastizitätstheorie die reduzierten Querschnittswerte zu berücksichtigen.

7.6.3 Einachsige Biegung ohne Normalkraft**7.6.3.1 Nachweis des Druckgurtes als Druckstab**

(724) Die Berechnung erfolgt nach 3.3.3. Dabei ist jedoch in Gleichung (13) $k_c = 1$ zu setzen, $i_{z,g}$ nach Gleichung (98) zu bestimmen und in Bedingung (14) $M_{pl,y,d}$ durch $M'_{pl,d}$ zu ersetzen.

$$i_{z,g} = \sqrt{\frac{I'_{z,g}}{A'_g + A_s / 5}} \quad (98)$$

Dabei ist

$I'_{z,g}$ reduziertes Flächenmoment 2. Grades des Druckgurtes um die z-Achse;

A'_g reduzierte Fläche des Druckgurtes;

A_s nichtreduzierte Stegfläche.

ANMERKUNG Falls das Verfahren Elastisch-Plastisch nach Tabelle 1, Zeile 3 angewendet wird, sind die Werte $I'_{z,g}$, A'_g und $M'_{pl,d}$ durch $I''_{z,g}$, A''_g und $M''_{pl,d}$ zu ersetzen.

7.6.3.2 Allgemeiner Nachweis**(725) Biegedrillknickmoment nach Elastizitätstheorie**

Das Moment $M_{Ki,y}$ ist durch $\text{red } M_{Ki}$ zu ersetzen, das näherungsweise aus der Gleichung (99) berechnet werden darf.

$$\text{red } M_{Ki} = M_{Ki,y} \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{M_{Ki,y}}{M_{Ki,P}} \right)^2}} \quad (99)$$

Dabei ist

$$M_{Ki,P} = k \cdot \sigma_e \cdot W \quad (100)$$

$M_{Ki,P}$ ideales Biegemoment für das Plattenbeulen des Querschnitts oder maßgebenden Querschnittsteils;

k Beulwert (z. B. nach Tabelle 26);

σ_e nach 7.3, Element 712;

W maßgebendes Widerstandsmoment des vollen Querschnitts.

ANMERKUNG 1 Bei einer genaueren Berechnung wird M_{Ki} direkt unter Beachtung des Beulens der Einzelteile des Querschnittes ermittelt.

ANMERKUNG 2 Beulwerte für Gesamtprofile können zum Teil der Literatur entnommen werden, z. B. [17], [18].

(726) Nachweis beim Verfahren Elastisch-Elastisch

Bei der Berechnung des bezogenen Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}_M$ nach Abschnitt 1.4, Element 110 ist $M_{pl,y}$ durch M'_{pl} zu ersetzen. Im Nachweis nach Bedingung (16) ist $M_{pl,y,d}$ durch $M'_{pl,d}$ zu ersetzen. Der Wert $M'_{pl,d}$ ergibt sich aus Gleichung (97).

(727) Nachweis beim Verfahren Elastisch-Plastisch

Bei der Berechnung des bezogenen Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}_M$ nach Abschnitt 1.4, Element 110 ist $M_{pl,y}$ durch M''_{pl} zu ersetzen. Im Nachweis nach Bedingung (16) ist $M_{pl,y,d}$ durch $M''_{pl,d}$ zu ersetzen. M''_{pl} ist am wirksamen Querschnitt mit den Breiten b'' analog zu Gleichung (97) zu ermitteln.

7.6.4 Einachsige Biegung mit Normalkraft

(728) Der Tragsicherheitsnachweis ist mit Bedingung (27) zu führen. Dabei sind die aufnehmbare Normalkraft nach 7.5.2.1, das aufnehmbare Biegemoment nach 7.6.3, Element 726 (bei Anwendung des Verfahrens Elastisch-Elastisch) bzw. 727 (bei Anwendung des Verfahrens Elastisch-Plastisch) zu berechnen.

7.6.5 Zweiachsige Biegung mit oder ohne Normalkraft

(729) Der Tragsicherheitsnachweis darf mit Bedingung (30) geführt werden. 7.6.4 ist sinngemäß anzuwenden.

Anhang A (informativ)

Liste der zurückgezogenen oder ersetzten Normen und technischen Regelwerke soweit sie in Bezug genommen werden

Nachstehende Tabelle fasst diejenigen Normen und technischen Regelwerke der DIN 18800-2:1990-11 zusammen, die bis zur Erarbeitung der vorliegenden Änderung A2 zurückgezogen oder ersetzt worden sind. Die entsprechenden Ausgabedaten sind ebenfalls angegeben, damit ist jedoch keine Datierung im Sinne der Regeln von DIN 820-2 beabsichtigt.

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
1	<u>Zurückgezogen:</u> 1995-05 DIN 1025-1:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Schmale I-Träger, I-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-1:1995-05, <i>Warmgewalzte I-Träger - Teil 1: Schmale I-Träger, I-Reihe - Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10024:1995-05, <i>I-Profile mit geneigten inneren Flanschflächen - Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
2	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-2:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, IPB- und IB-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-2:1995-11, <i>Warmgewalzte I-Träger - Teil 2: I-Träger, IPB-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
3	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-3:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPB-I-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-3:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPB-I-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
4	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-4:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBv-Reihe, Maße, Gewichte, Zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-4:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBv-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
5	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-5:1965-03, Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte	Nachfolgedokumente: DIN 1025-5:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen

Literaturhinweise

DAST-Richtlinie 016, Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen¹⁾

- [1] ECCS-CECM-EKS, Publication No. 33: Ultimate Limit State Calculation of Sway Frames with Rigid Joints. Brüssel, 1984
- [2] Stahl im Hochbau, 14. Auflage, Band I/ Teil 2, Verlag Stahleisen mbH, Düsseldorf, 1986
- [3] Lindner, J. und Gregull, T.: Drehbettungswerte für Dachdeckungen mit untergelegter Wärmedämmung, Stahlbau 58 (1989), S. 173-179
- [4] Lindner, J.: Stabilisierung von Biegeträgern durch Drehbettung — eine Klarstellung, Stahlbau 56 (1987), S.365-373
- [5] Roik, K., Carl, J. und Lindner, J.: Biegetorsionsprobleme gerader dünnwandiger Stäbe. Berlin, München, Düsseldorf: Ernst & Sohn 1972
- [6] Petersen, Chr.: Statik und Stabilität der Baukonstruktionen. Braunschweig, Wiesbaden: Friedr. Vieweg und Sohn, 2. Auflage 1982
- [7] Roik, K. und Kindmann, R.: Das Ersatzstabverfahren — Tragsicherheitsnachweise für Stabwerke bei einachsiger Biegung und Normalkraft, Stahlbau 51 (1982), S. 137-145
- [8] Lindner, J. und Gietzelt, G.: Zweiachsige Biegung und Längskraft — ein ergänzender Bemessungsvorschlag, Stahlbau 54 (1985), S. 265-271
- [9] Ramm, W. und Uhlmann, W.: Zur Anpassung des Stabilitätsnachweises für mehrteilige Druckstäbe an das europäische Nachweiskonzept, Stahlbau 50 (1981), S. 161-172
- [10] Vogel, U. und Rubin, H.: Baustatik ebener Stabwerke. In: Stahlbau-Handbuch Band 1, Stahlbau-Verlags-GmbH, Köln, 1982
- [11] Rubin, H.: Näherungsweise Bestimmung der Knicklängen und Knicklasten von Rahmen nach E-DIN 18800 Teil 2, Stahlbau 58 (1989), S. 103-109
- [12] Rubin, H.: Das Drehverschiebungsverfahren zur vereinfachten Berechnung unverschieblicher Stockwerkrahmen nach Theorie I. und II. Ordnung, Bauingenieur 59 (1984) S. 467-475
- [13] Palkowski, S.: Stabilität von Zweigelenkbögen mit Hängern und Zugband, Stahlbau 56 (1987), S. 169-172
- [14] Palkowski, S.: Statik und Stabilität von Zweigelenkbögen mit schrägen Hängern und Zugband, Stahlbau 56 (1987), S. 246-250
- [15] Dabrowski, R.: Knicksicherheit des Portalrahmens, Bauingenieur 35 (1960), S. 178-182
- [16] Rubin, H.: Beul-Knick-Problem eines Stabes unter Druck und Biegung, Stahlbau 55 (1986), S. 79-86.

1) Zu beziehen bei: Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf.

- [17] Schardt, R. und Schrade, W.: Bemessung von Dachplatten und Wandriegeln aus Kaltprofilen, Forschungsbericht des Ministers für Landes- und Stadtentwicklung des Landes Nordrhein-Westfalen, TH Darmstadt, 1981
- [18] Bulson, P. S.: The Stability of Flat Plates, Chatto and Windus Ltd., London, 1970
- [19] Grube, R. und Priebe, J: Zur Methode der wirksamen Querschnitte bei einachsiger Biegung mit Normalkraft, Stahlbau 59 (1990), S.141-148

DIN 18800-3

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN 18800-3:1990-11 und
DIN 18800-3/A1:1996-02

**Stahlbauten –
Teil 3: Stabilitätsfälle –
Plattenbeulen**

Steel structures –
Part 3: Stability –
Buckling of plates

Constructions métalliques –
Partie 3: Stabilité –
Voilements des plaques

Gesamtumfang 36 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 18800-3:2008-11**Inhalt**

	Seite
Vorwort	3
1 Allgemeine Angaben	3
1.1 Anwendungsbereich	4
1.2 Normative Verweisungen	4
1.3 Begriffe	5
1.4 Randbedingungen	8
1.5 Formelzeichen	8
2 Bauteile ohne oder mit vereinfachtem Nachweis	11
3 Beulsteifen	13
4 Spannungen infolge Einwirkungen	16
5 Nachweise	17
6 Abminderungsfaktoren	19
7 Nachweis der Quersteifen	22
8 Einzelregelungen	26
9 Höchstwerte f für unvermeidbare Herstellungsungenauigkeiten	28
10 Konstruktive Forderungen und Hinweise	29
Anhang A (informativ) Liste der zurückgezogenen oder ersetzten Normen und technischen Regelwerke soweit sie in Bezug genommen werden	34
Literaturhinweise	36

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Bauwesen (NABau), NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ erarbeitet. Sie enthält die vom Arbeitsausschuss verabschiedeten Änderungen aus dem Entwurf der DIN 18800-3/A2:2007-06. Die Änderungen zu DIN 18800-3:1990-11 sind mit einem senkrechten Strich am linken Seitenrand gekennzeichnet.

In DIN 18800-3:1990-11 wurde neben der üblichen, allgemein bekannten Gliederung in Abschnitte und Unterabschnitte der gesamte Text in überschaubare, (abschnittsweise) durchgehend benummerte, so genannte „Elemente“ gegliedert, deren jedes eine in sich geschlossene Aussage enthält und damit auch bei Übernahme in eine andere Norm verständlich bleibt. Durch die Anpassung der Norm an die derzeit gültigen Gestaltungsregeln nach DIN 820-2 musste die Reihenfolge einiger Abschnitte verändert werden. Zum Beispiel befinden sich die Normativen Verweisungen jetzt in Abschnitt 2 und nicht mehr am Ende der Norm. Dadurch passen die Elementnummerierungen nicht mehr zu den Abschnittsnummern. Da sich die Fachwelt an die Elementnummern gewöhnt hat, wurden diese beibehalten und nicht an die neue Abschnittsnummerierung angepasst.

Änderungen

Gegenüber DIN 18800-3:1990-11 und DIN 18800-3/A1:1996-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an Nachfolgenormen von zurückgezogenen Normen und Aktualisierung der in der Norm zitierten normativen Verweisungen;
- b) Übernahme der Regelungen der 3. Auflage der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (Oktober 1998) und der Änderungen und Ergänzungen der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (Dezember 2001);
- c) Aktualisierung der Stahlsorten.

Frühere Ausgaben

DIN 4114-1: 1952xx-07
DIN 4114-2: 1952-07, 1953x-02
DIN 18800-3: 1990-11
DIN 18800-3/A1: 1996-02

DIN 18800-3:2008-11**1 Allgemeine Angaben****1.1 Anwendungsbereich****(101) Tragsicherheitsnachweis**

Diese Norm regelt den Tragsicherheitsnachweis von stabilitätsgefährdeten, plattenartigen Bauteilen aus Stahl. Dabei sind die Beanspruchungen (Schnittgrößen und Spannungen) aus den Bemessungswerten der Einwirkungen nach der Elastizitätstheorie zu ermitteln.

Diese Norm gilt stets in Verbindung mit DIN 18800-1.

Die Regeln dieser Norm gelten für versteifte und unverteifte Rechteckplatten, die in ihrer Ebene durch Normal- und Schubspannungen beansprucht werden.

Platten, deren Form vom Rechteck abweicht, dürfen entsprechend nachgewiesen werden.

Wenn sich eine plastische Umlagerung beim Beulen einstellen kann (Zugfeldwirkung), darf ein Nachweis nach DAST-Richtlinie 015 geführt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Durchlaufwirkung von Durchlaufträgern bei $L/h \leq 10$ und $h/t \geq 200$ (L = Feldlänge, h = Feldhöhe, t = Stegdicke) teilweise oder vollständig verloren gehen kann [6].

ANMERKUNG 1 entfällt.

ANMERKUNG 2 Die Erfassung des Einflusses des Beulens auf das Knicken von Stäben mit unverteiften Querschnittsteilen ist in DIN 18800-2:2008-11, Abschnitt 7, und von Stäben mit versteiften Querschnittsteilen in DIN 18800-3:2008-11, Abschnitt 5, geregelt.

(102) Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Gebrauchstauglichkeitsnachweise sind nur dann zu führen, wenn sie in Fachnormen gefordert werden.

ANMERKUNG Siehe dazu DIN 18800-1:2008-11, 7.2.3 und 7.3.1, Element 723.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1025-1, *Warmgewalzte I-Träger — Teil 1: Schmale I-Träger, I-Reihe — Maße, Masse, statische Werte*

DIN 1025-2, *Warmgewalzte I-Träger — Teil 2: I-Träger, IPB-Reihe — Maße, Masse, statische Werte*

DIN 1025-3, *Warmgewalzte I-Träger — Teil 3: Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPB-Reihe — Maße, Masse, statische Werte*

DIN 1025-4, *Warmgewalzte I-Träger — Teil 4: Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBv-Reihe — Maße, Masse, statische Werte*

DIN 1025-5, *Warmgewalzte I-Träger — Teil 5: Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe — Maße, Masse, statische Werte*

DIN 1026-1, *Warmgewalzter U-Profilstahl — Teil 1: Warmgewalzter U-Profilstahl mit geneigten Flanschen — Maße, Masse und statische Werte*

DIN 18800-1:2008-11, *Stahlbauten — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

DIN 18800-2:2008-11, Stahlbauten — Teil 2: Stabilitätsfälle — Knicken von Stäben und Stabwerken

DIN EN 10024, *I-Profile mit geneigten inneren Flanschflächen — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

DIN EN 10034, *I- und H-Profile aus Baustahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

DIN EN 10279, *Warmgewalzter U-Profilstahl — Grenzabmaße, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse*

DAST-Richtlinie 015:1990-07, Träger mit schlanken Stegen¹⁾

1.3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

1.3.1

(103) Beulen

Beim Versagen einer Platte infolge Beulen treten Verschiebungen rechtwinklig zu ihrer Ebene auf.

1.3.2

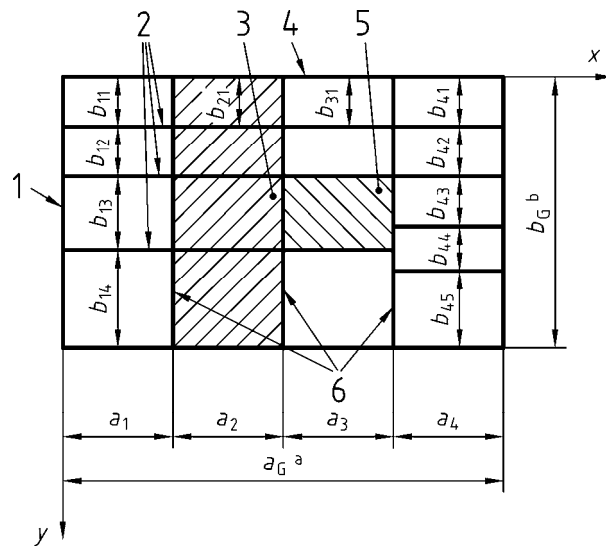
(104) Beulfelder

Beulgefährdete Rechteckplatten in Bauteilen werden Beulfelder genannt. Ihre Längsränder sind in Richtung der Längsachse des Bauteils orientiert.

Beulfelder können durch Steifen versteift werden. Steifen in Richtung der Längsränder werden Längssteifen, solche in Richtung der Querränder Quersteifen genannt.

Es werden Gesamtfelder, Teilfelder und Einzelfelder unterschieden (Bild 1).

1) Zu beziehen durch: Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf

DIN 18800-3:2008-11**Legende**^a Gesamtfeldlänge^b Gesamtfeldbreite = Teilfeldbreite

1 Querrand

2 Längssteifen

3 Teilfeld

4 Längsrand

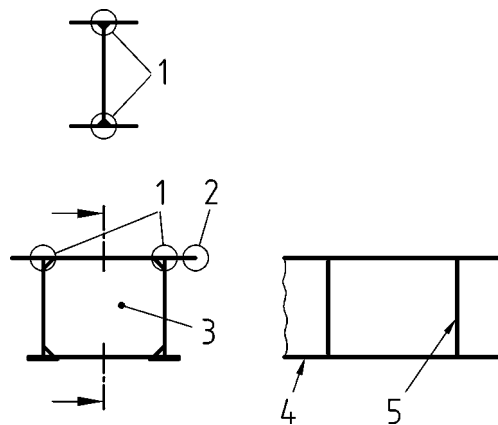
5 Einzelfeld

6 Quersteifen

Gesamtfeld = Feld $a_G \cdot b_G$ Teilfelder = Felder $a_i \cdot b_G$ Einzelfelder = Felder $a_i \cdot b_{ik}$ **Bild 1 — Beulfelder****1.3.3****(105) Gesamtfelder**

Gesamtfelder sind versteifte oder unversteifte Platten, die in der Regel an ihren Längs- und Querrändern unverschieblich gelagert sind (Bild 2).

Ränder können auch elastisch gestützt, Längsränder können auch frei sein.



Legende

- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1 | Längsränder für Stege und Gurtteile | 4 | Gurt, Längsrand für den Steg |
| 2 | freier Längsrand des Gurtes | 5 | Querschott, Querrand für den Steg |
| 3 | Querschott | | |

Bild 2 — Beispiele für Plattenränder von Stegen und Gurtteilen

1.3.4

(106) Teilfelder

Teilfelder sind längsversteifte oder unverteifte Platten, die zwischen benachbarten Quersteifen oder zwischen einem Querrand und einer benachbarten Quersteife und den Längsrändern des Gesamtfeldes liegen.

1.3.5

(107) Einzelfelder

Einzelfelder sind unverteifte Platten, die zwischen Steifen oder zwischen Steifen und Rändern längsversteifter Teilfelder liegen. Querschnittsteile von Steifen sind ebenfalls Einzelfelder.

1.3.6

(108) Maßgebende Beulfeldbreite

Die maßgebenden Beulfeldbreiten b_G für Gesamt- und Teilfelder und b_{ik} für Einzelfelder sind in Bild 3 festgelegt.

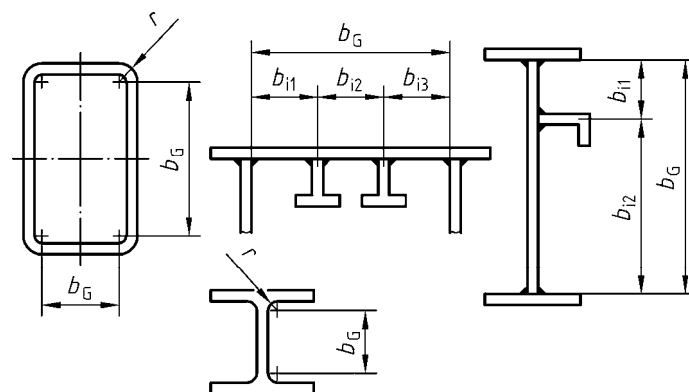


Bild 3 — Maßgebende Beulfeldbreite b_G oder b_{ik}

Die Beulfeldbreiten b_G und b_{ik} dürfen in Übereinstimmung mit DIN 18800-1:2008-11, Tabellen 12 und 13, als Abstände der Schweißnahtländer festgelegt werden

DIN 18800-3:2008-11**1.4 Randbedingungen**

(109) Für rechtwinklig zur Platte unverschieblich gelagerte Plattenränder ist in der Regel eine gelenkige Lagerung anzunehmen.

ANMERKUNG Beim Nachweis der Quersteifen ist Abschnitt 7 zu beachten.

Für Ränder von Einzelfeldern, die durch Steifen gebildet werden, darf beim Nachweis der Einzelfelder unverschiebliche, gelenkige Lagerung angenommen werden. Für die Querränder von Teilfeldern, die durch Quersteifen gebildet werden, darf beim Nachweis der Teilfelder unverschiebliche Lagerung angenommen werden.

An Randsteifen, die einen Längsrand elastisch unterstützen, darf unverschiebliche Lagerung angenommen werden, wenn für die Steife ein Stabilitätsnachweis nach DIN 18800-2 geführt wird.

Stützende und einspannende Wirkungen benachbarter Bauteile dürfen berücksichtigt werden, wenn die Gesamtstabilität der zusammenwirkenden Teile berücksichtigt wird.

ANMERKUNG Die Randsteife muss den Anteil der Normalkraft des angrenzenden Teil- oder Gesamtfeldes (einschließlich der gegebenenfalls vorhandenen Längssteifen) übertragen, der nicht vom Teil- oder Gesamtfeld unter der Annahme eines freien Längsrandes übertragen werden kann. Hierbei ist das Randspannungsverhältnis ψ zu beachten. Ist für die Längssteifen des Teilfeldes ein Knicknachweis erbringbar, so braucht allein der Normalkraftanteil des angrenzenden Einzelfeldes berücksichtigt zu werden.

Die wirksame Gurtbreite der Randsteife folgt aus Abschnitt 3, Element 302. Sie liegt dann auf der sicheren Seite, wenn der Normalkraftanteil aus dem Teilfeld, der der Randsteife zugewiesen wurde, größer als der aus dem angrenzenden Einzelfeld ist.

1.5 Formelzeichen

(110) Koordinaten, Spannungen (Bild 4)

x Achse in Plattenlängsrichtung;

y Achse in Plattenquerrichtung;

σ_x, σ_y Normalspannung in Richtung der Achsen x und y (Druck positiv);

τ Schubspannung;

ψ Randspannungsverhältnis im untersuchten Beulfeld, bezogen auf die größte Druckspannung.

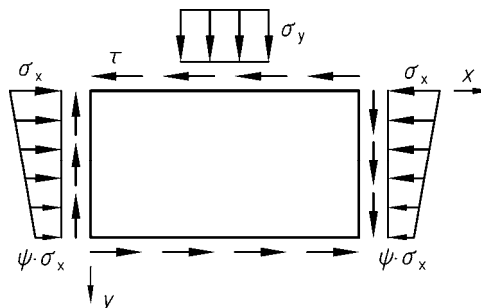


Bild 4 — Spannungen

(111) Physikalische Kenngrößen, Festigkeiten

E Elastizitätsmodul;

f_y Streckgrenze.

ANMERKUNG Für die Zahlenwerte von E und $f_{y,k}$ siehe DIN 18800-1:2008-11, Tabelle 1.

(112) Nebenzeichen

Index k charakteristischer Wert einer Größe;

Index d Bemessungswert einer Größe.

(113) Systemgrößen

a Länge des untersuchten Beulfeldes;

b Breite des untersuchten Beulfeldes;

$\alpha = a/b$ Seitenverhältnis;

t Plattendicke;

$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2$ Bezugsspannung;

$k_{\sigma x}, k_{\sigma y}, k_\tau$ Beulwerte des untersuchten Beulfeldes bei alleiniger Wirkung von Randspannungen σ_x , σ_y oder τ ;

$\sigma_{xPi} = k_{\sigma x} \cdot \sigma_e$ ideale Beulspannung bei alleiniger Wirkung von Randspannungen σ_x ;

$\sigma_{yPi} = k_{\sigma y} \cdot \sigma_e$ ideale Beulspannung bei alleiniger Wirkung von Randspannungen σ_y ;

$\tau_{Pi} = k_\tau \cdot \sigma_e$ ideale Beulspannung bei alleiniger Wirkung von Randspannungen τ ;

$\lambda_a = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,k}}}$ Bezugsschlankheitsgrad;

$\lambda_P = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Pi}}}$ bzw. $\lambda_P = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$ Plattenschlankheitsgrad;

$\bar{\lambda}_P = \lambda_P / \lambda_a$ bezogener Plattenschlankheitsgrad nach Tabelle 1, Spalte 4;

$\kappa_x, \kappa_y, \kappa_\tau$ Abminderungsfaktoren für das Plattenbeulen (bezogene Tragbeulspannungen);

κ_K Abminderungsfaktor κ für das Stabknicken nach DIN 18800-2:2008-11, 3.2.1, Element 304;

$\sigma_{xP,R,d}, \sigma_{yP,R,d}$ Grenzbeulspannungen;

$\sigma_{PK,R,d}$ Grenzbeulspannung bei knickstabähnlichem Verhalten.

DIN 18800-3:2008-11

ANMERKUNG 1 Die Indizes x und y können bei σ_{xP_i} , σ_{yP_i} , $k_{\sigma x}$, $k_{\sigma y}$, κ_x und κ_y entfallen, wenn keine Verwechslungen in Bezug auf die Achsrichtungen x und y möglich sind.

ANMERKUNG 2 Die Bezugsspannung σ_e ist gleich der Eulerschen Knickspannung eines an beiden Enden einspannungsfrei gelagerten Plattenstreifens der Länge b und der Dicke t , dessen Biegesteifigkeit durch die Plattensteifigkeit ersetzt wird. Mit den Zahlenwerten $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$ und $\mu = 0,3$ ist

$$\sigma_e = 189\,800 \left(\frac{t}{b} \right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

ANMERKUNG 3 Bei der Berechnung der idealen Beulspannungen gelten die Voraussetzungen:

- unbeschränkte Gültigkeit des Hookeschen Gesetzes,
- ideal isotroper Werkstoff,
- ideal ebenes Blech,
- ideal mittige Lasteinleitung,
- keine Eigenspannungen,
- in den Gleichgewichtsbedingungen werden nur lineare Glieder der Verschiebungen berücksichtigt.

Die lineare Beultheorie wird lediglich herangezogen, um einen bezogenen Plattenschlankheitsgrad $\bar{\lambda}_P$ zu bestimmen, von dem die für den Beulsicherheitsnachweis erforderlichen Abminderungsfaktoren κ abhängig sind.

Der Index P kennzeichnet das Plattenbeulen.

ANMERKUNG 4 entfällt.

(114) Querschnitts- und Systemgrößen für Steifen

I Flächenmoment 2. Grades (früher Trägheitsmoment), berechnet mit den wirksamen Gurtbreiten b' ;

A Querschnittsfläche ohne wirksame Plattenanteile;

$\gamma = 12(1 - \mu^2) \frac{I}{b_G \cdot t^3}$ bezogenes Flächenmoment 2. Grades (Steifigkeit);

$\delta = \frac{A}{b_G \cdot t}$ bezogene Querschnittsfläche.

ANMERKUNG Mit dem Zahlenwert $\mu = 0,3$ ist $\gamma = 10,92 \frac{I}{b_G \cdot t^3}$.

Nach allgemeinem Sprachgebrauch wird die Benennung Steifigkeit anstelle bezogener Steifigkeit benutzt.

(115) Teilsicherheitsbeiwerte

γ_F Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen;

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand.

ANMERKUNG Die Zahlenwerte für γ_F und γ_M sind DIN 18800-1:2008-11, Abschnitt 7, zu entnehmen.

2 Bauteile ohne oder mit vereinfachtem Nachweis

(201) Beulsicherung durch angrenzende Bauteile

Beulsicherheitsnachweise nach dieser Norm sind nicht erforderlich für Platten, deren Ausbeulen durch angrenzende Bauteile verhindert wird.

ANMERKUNG Dies kann z. B. für Gurtplatten von Verbundträgern zutreffen. Tragsicherheitsnachweise nach DIN 18800-1 sind jedoch zu führen.

(202) Walzprofile (I, U, HE-A, HE-B, HE-M und IPE)

Beulsicherheitsnachweise nach dieser Norm sind nicht erforderlich für Stege, die nur durch Spannungen σ_x und τ und keine oder vernachlässigbare Spannungen σ_y beansprucht werden,

- von Walzprofilen nach den Normen DIN 1025-1 und DIN EN 10024 (I) und DIN 1026-1 und DIN EN 10279 (U) mit der Streckgrenze $f_{y,k} = 240 \text{ N/mm}^2$ oder 360 N/mm^2 und beliebigem Randspannungsverhältnis ψ ,
- von Walzprofilen nach den Normen DIN 1025-2 bis DIN 1025-5 und DIN EN 10034 (HE-A, HE-B, HE-M, IPE) mit der Streckgrenze $f_{y,k} = 240 \text{ N/mm}^2$ und dem Randspannungsverhältnis $\psi \leq 0,7$,
- von Walzprofilen nach den Normen DIN 1025-2 bis DIN 1025-5 und DIN EN 10034 (HE-A, HE-B, HE-M, IPE) mit der Streckgrenze $f_{y,k} = 360 \text{ N/mm}^2$ und dem Randspannungsverhältnis $\psi \leq 0,4$.

ANMERKUNG 1 Bei Ermittlung der Nachweisgrenzen wurde die Randeinspannung der Stege in die Gurte berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Tragsicherheitsnachweise nach DIN 18800-1 sind jedoch zu führen.

(203) Platten mit gedrungenen Querschnitten

Beulsicherheitsnachweise nach dieser Norm sind nicht erforderlich für unversteifte Teil- und Gesamtfelder mit unverschieblich gelagerten Längsrändern, die durch Spannungen σ_x und τ beansprucht werden, wenn das Breiten-Dicken-Verhältnis

$$b/t \leq 0,64 \sqrt{k_{\sigma_x} \cdot E / f_{y,k}} \quad (1)$$

ist.

(204) Nachweis durch Einhalten von b/t -Werten

Anstelle eines Nachweises nach Abschnitt 5 kann für unversteifte Querschnittsteile auch ein Nachweis nach Bedingung (2) geführt werden.

$$b/t \leq \text{grenz}(b/t) \quad (2)$$

ANMERKUNG Für unversteifte allseitig gelagerte Teil- und Gesamtfelder bei gleichzeitiger Wirkung von konstanten Randspannungen σ_x und τ können die Werte $\text{grenz}(b/t)$ für S235 Bild 5 und für S355 Bild 6 entnommen werden. Für Einzelfelder und bei kleinen Seitenverhältnissen α können die Werte $\text{grenz}(b/t)$ größer sein. Weitere Auswertungen für $\psi < 1$ können [1] entnommen werden. Bei den Werten (b/t) in Bild 6 wird die ψ -abhängige Erhöhung der Abminderungsfaktoren κ nach Tabelle 1, Zeile 1, genauso wie in DIN 18800-2:2008-11, Abschnitt 7, nicht berücksichtigt, um zu einfachen Regeln sowie zu einer Übereinstimmung mit anderen nationalen und internationalen Regelwerken zu kommen. In die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ in DIN 18800-1:2008-11, Tabelle 12, geht diese Erhöhung ein.

DIN 18800-3:2008-11

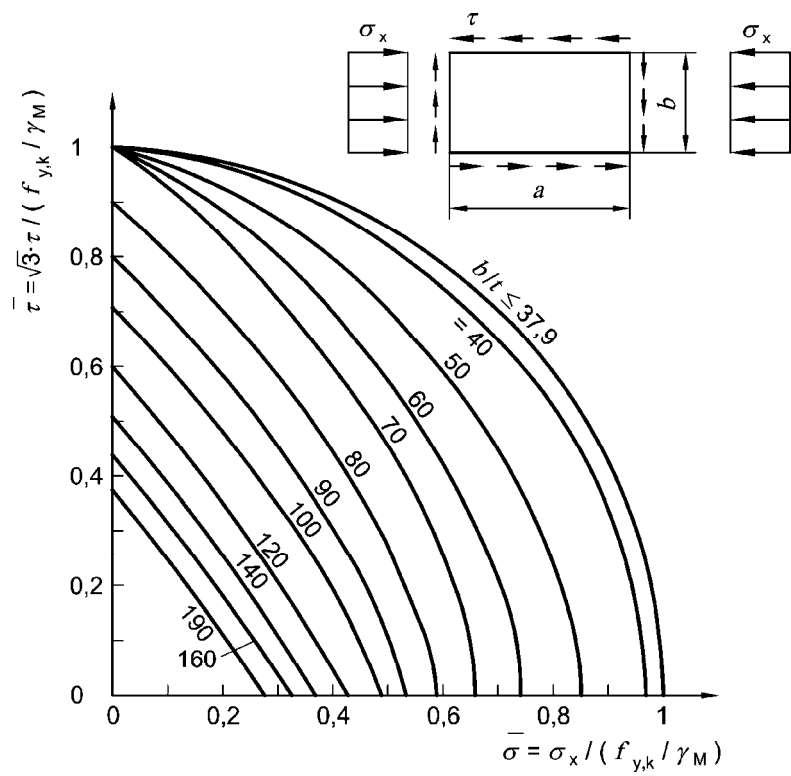


Bild 5 — grenz (b/t) für St 37, $\psi = 1$

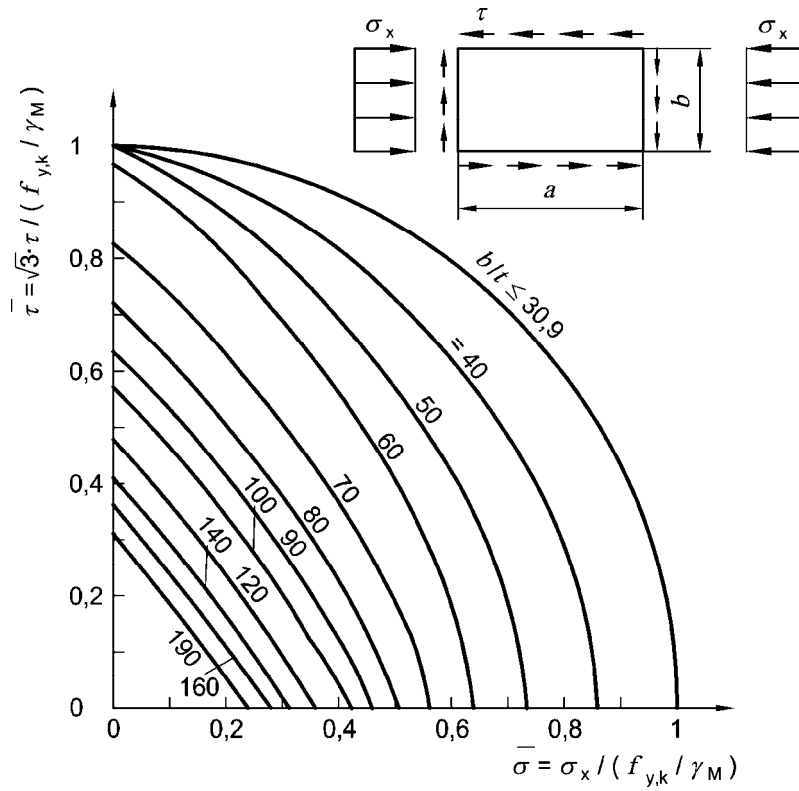


Bild 6 — grenz (b/t) für St 52, $\psi = 1$

(205) Einzelfelder

Bei längsversteiften Platten, die durch Normalspannungen σ_x und geringe Schubspannungen $\tau \leq 0,3 \tau_{P,R,d}$ beansprucht sind, darf der Nachweis der Einzelfelder entfallen, wenn

- die im versteiften Teil- oder Gesamtfeld auftretenden Spannungen mit dem wirksamen Querschnitt der untersuchten längsversteiften Platte ermittelt wurden und gleichzeitig
- bei den Einzelfeldern das Breiten-Dicken-Verhältnis $b_{ik} / t \leq 1,3 \sqrt{k_\sigma \cdot E / f_{y,k}}$ ist.

Dabei ist $\tau_{P,R,d}$ die Grenzbeulspannung des Teil- oder Gesamtfeldes bei Schubbeanspruchung. Der wirksame Querschnitt ist unter Berücksichtigung der wirksamen Breiten von Gurt und Steifen entsprechend Abschnitt 3, Elemente 301 bis 304, zu berechnen.

Bei der Ermittlung der wirksamen Breite nach den Gleichungen (4) und (6) darf anstelle von λ_a der Wert

$$\lambda_{P\sigma} = \pi \sqrt{\frac{E}{f_{y,k} \cdot \kappa_{PK}}}$$

eingesetzt werden, wobei κ_{PK} der Abminderungsfaktor des untersuchten Teil- oder Gesamtfeldes ist.

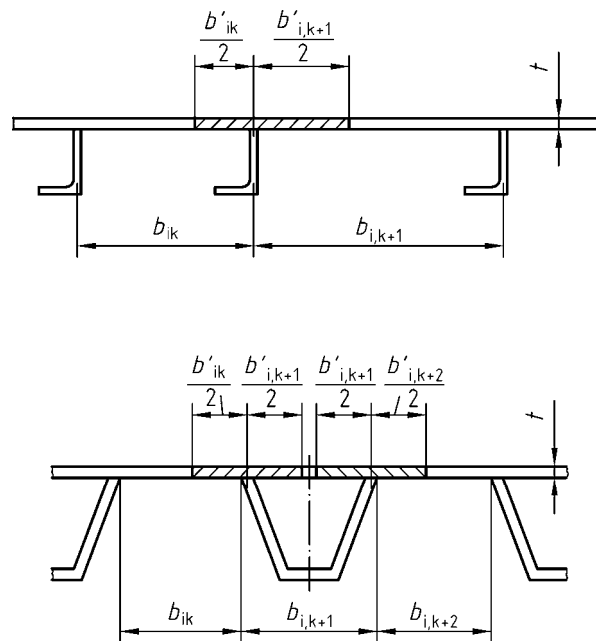
Der Nachweis ist unter Berücksichtigung des wirksamen Querschnittes nach Gleichung (9) zu führen.

ANMERKUNG Bei dieser Nachweisart wird von den Bedingungen des Elementes 402 abgewichen.

3 Beulsteifen**(301) Gurtbreite gedrückter Längssteifen**

Bei gedrückten Längssteifen mit Ausnahme von Randsteifen nach Element 302 ist die einem Steifensteg zugeordnete wirksame Gurtbreite b' nach Bild 7 und Gleichung (3) zu ermitteln.

$$b' = \frac{b'_{ik}}{2} + \frac{b'_{ik+1}}{2} \quad (3)$$

DIN 18800-3:2008-11**Bild 7 — Wirksame Gurtbreiten von gedrückten Längssteifen**

Die wirksame Breite b'_{ik} ist mit Gleichung (4) zu ermitteln.

$$b'_{ik} = 0,605 \cdot t \cdot \lambda_a \left(1 - 0,133 \frac{t \cdot \lambda_a}{b_{ik}} \right) \quad (4)$$

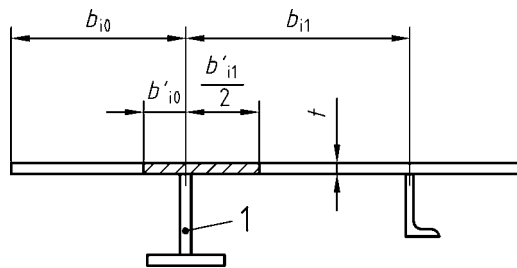
jedoch $b'_{ik} \leq b_{ik}$ und $b'_{ik} \leq a_i/3$.

ANMERKUNG Die wirksame Gurtbreite gedrückter Längssteifen ist wegen des Ausbeulens der an einen Steifensteg angrenzenden Einzelfelder in der Regel kleiner als die geometrische Gurtbreite.

(302) Gurtbreite gedrückter Randsteifen

Bei gedrückten Randsteifen, die einen Längsrand eines Gesamtfeldes elastisch unterstützen, ist die wirksame Gurtbreite b' nach Bild 8 und Gleichung (5) zu ermitteln.

$$b' = b'_{i0} + \frac{b'_{i1}}{2} \quad (5)$$



Legende

1 Randsteife

Bild 8 — Wirksame Gurtbreiten von gedrückten Randsteifen

Die wirksame Breite b'_{j0} gedrückter Randsteifen ist mit Gleichung (6a) oder (6b) zu ermitteln.

$$b'_{i0} = 0,138 \cdot t \cdot \lambda_a \quad (6a)$$

$$b'_{i0} = \frac{0,7}{\lambda_P} \cdot b_{i0} \quad (6b)$$

jedoch $b'_{i0} \leq b_{i0}$ und $b'_{i0} \leq a_i/6$.

ANMERKUNG Die Gleichungen (6a) und (6b) lassen sich ineinander überführen.

(303) Gurtbreite nicht gedrückter Längs- und Randsteifen

Sind Längs- oder Randsteifen nicht gedrückt, gilt für die Berechnung der wirksamen Gurtbreite

$$b'_{jk} = b_{jk} \quad \text{jedoch} \quad b'_{jk} \leq a_i/3 \quad (7)$$

$$b'_{i0} = b_{i0} \quad \text{jedoch} \quad b'_{i0} \leq a_i/6 \quad (8)$$

(304) Gurtbreite von Quersteifen

Die wirksame Gurtbreite von Quersteifen ist sinngemäß wie in den Elementen 301 bis 303 zu berechnen, wobei die entsprechenden Breiten- und Längenbezeichnungen auszutauschen sind.

(305) Wirksame Breite anderer Steifenteile

Die wirksame Breite anderer Steifenteile und ihre Aufteilung ist nach DIN 18800-2:2008-11, 7.3, zu ermitteln.

ANMERKUNG Andere Steifenteile sind z. B. die Wände von Trapezsteifen.

(306) Flächenmoment 2. Grades

Das Flächenmoment 2. Grades ist unter Berücksichtigung der wirksamen Breiten zu ermitteln.

Bei Quersteifen mit Ausschnitten ist Abschnitt 10, Element 1006, zu beachten.

DIN 18800-3:2008-11**4 Spannungen infolge Einwirkungen****(401) Spannungsberechnung**

Spannungen sind mit den Bemessungswerten der Einwirkungen und mit den geometrisch vorhandenen Querschnittsflächen zu ermitteln, sofern die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung bestimmt werden dürfen. Letzteres gilt nicht für den Nachweis nach Abschnitt 2, Element 205.

ANMERKUNG 1 Die Regeln zur Berechnung der Bemessungswerte der Einwirkungen stehen in DIN 18800-1:2008-11, 7.2.1 und 7.2.2.

ANMERKUNG 2 Bei gegeneinander versetzt angeordneten oder bei endenden Längssteifen ist Abschnitt 10, Element 1003, zu beachten.

(402) Verformungen

Müssen Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung ermittelt werden, dürfen die Verformungen und Spannungen ebenfalls mit den geometrisch vorhandenen Querschnittsflächen berechnet werden, wenn nachgewiesen wird, dass alle Querschnittsteile voll wirksam sind. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn für alle Querschnitte $\bar{\lambda}_p \leq 0,673$ ist. Andernfalls ist mit wirksamen Querschnittsflächen zu rechnen.

ANMERKUNG Kriterien für die Notwendigkeit, Nachweise nach Theorie II. Ordnung zu führen, stehen in DIN 18800-1:2008-11, Abschnitt 7, Elemente 728 und 739.

(403) Schubspannungen

Schubspannungen, die über die Breite b des Beulfeldes veränderlich sind, sind mit dem größeren der beiden Werte

— Mittelwert von τ ,

— $0,5 \max \tau$

zu berücksichtigen.

(404) Über die Beulfeldlänge veränderliche Spannungen

Sind bei gleichbleibenden Plattenkennwerten die Spannungen σ_x oder τ über die Beulfeldlänge a veränderlich, sind in der Regel Nachweise mit den einander zugeordneten Spannungen sowohl im Querschnitt mit der größten Druckspannung σ_x als auch in dem mit der größten Schubspannung τ zu führen. Diese Spannungszustände sind in der Regel konstant über die Beulfeldlänge anzunehmen.

Treten die Größtwerte der Spannungen an Querrändern auf, dürfen anstelle der Größtwerte die Spannungen in Beulfeldmitte benutzt werden, jedoch nicht weniger als die Spannungswerte im Abstand $b/2$ vom Querrand mit dem jeweiligen Größtwert und nicht weniger als der Mittelwert der über die Beulfeldlänge vorhandenen Spannungen.

ANMERKUNG Plattenkennwerte sind hier:

— Plattendicke,

— Steifenlage,

— Steifenquerschnitte,

— Streckgrenzen für Platte und Steifen.

(405) Über die Beulfeldlänge veränderliche Plattenkennwerte

Bei über die Beulfeldlänge veränderlichen Plattenkennwerten sind gegenüber Element 404 zusätzliche Nachweise zu führen. In der Regel sind diese Nachweise mit den Plattenkennwerten und den Spannungen an den Querrändern und an den Stellen der Veränderungen zu führen.

5 Nachweise**(501) Nachweis bei alleiniger Wirkung von Randspannungen σ_x , σ_y oder τ**

Es ist für Einzel-, Teil- und Gesamtfelder durch Einhaltung der Bedingungen (9) und (10) nachzuweisen, dass die Spannungen aus den Einwirkungen die Grenzbeulspannungen nicht überschreiten.

$$\frac{\sigma}{\sigma_{P,R,d}} \leq 1 \quad (9)$$

$$\frac{\tau}{\tau_{P,R,d}} \leq 1 \quad (10)$$

ANMERKUNG 1 Der Nachweis eines Gesamtfeldes oder Teilfeldes enthält den der zugehörigen Einzelfelder, wenn

- für die Berechnung der Beulwerte des Gesamtfeldes die Struktur der Steifen nicht verschmiert worden ist oder
- wenn im Falle des Verschmierens der Steifensteifigkeit keine Beulwerte für das Gesamtfeld benutzt werden, zu denen höhere ideale Beulspannungen gehören als zum ungünstigsten Einzelfeld.

Der Nachweis eines Gesamtfeldes enthält unter den gleichen Bedingungen auch den der zugehörigen Teilfelder.

ANMERKUNG 2 Gegebenenfalls sind zusätzliche Nachweise für Längssteifen nach Abschnitt 8, Element 801, und für Quersteifen nach Abschnitt 7, Element 703, erforderlich.

ANMERKUNG 3 Bei knickstabähnlichem Verhalten ist Abschnitt 6, Element 603, zu beachten.

(502) Grenzbeulspannungen ohne Knickeinfluss

Die Grenzbeulspannungen sind nach den Gleichungen (11) und (12) zu ermitteln:

$$\sigma_{P,R,d} = \kappa \cdot f_{y,k} / \gamma_M \quad (11)$$

$$\tau_{P,R,d} = \kappa_\tau \cdot f_{y,k} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_M) \quad (12)$$

Dabei sind

κ , κ_τ Abminderungsfaktoren für das Plattenbeulen nach Tabelle 1.

(503) Grenzbeulspannungen mit Knickeinfluss

Falls für das Bauteil, in dem das zu untersuchende Beulfeld liegt, der Nachweis des Biegeknickens erforderlich ist und dies nach DIN 18800-2 mit Hilfe der europäischen Knickspannungslinien erfolgt, ist die Grenzbeulspannung nach Gleichung (13) zu ermitteln.

$$\sigma_{xP,R,d} = \kappa_K \cdot \kappa_x \cdot f_{y,k} / \gamma_M \quad (13)$$

DIN 18800-3:2008-11

Dabei ist

κ_K der Abminderungsfaktor für das Knicken nach DIN 18800-2:2008-11, Abschnitt 3, Element 304.

ANMERKUNG Die Abminderung nach Gleichung (13) liegt dann unter Umständen weit auf der sicheren Seite, wenn die Spannung σ_x mehr aus Biegemomenten als aus Normalkraft stammt und gleichzeitig der Abminderungsfaktor κ_K wegen eines großen bezogenen Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}_K$ relativ klein ist. Es empfiehlt sich dann ein anderer Nachweis, z. B. für Stäbe mit nicht versteiften Querschnittsteilen nach DIN 18800-2:2008-11, Abschnitt 7.

(504) Nachweis bei gleichzeitiger Wirkung von Randspannungen σ_x, σ_y, τ

Es ist nachzuweisen, dass die Interaktionsbedingung (14) erfüllt ist.

$$\left(\frac{|\sigma_x|}{\sigma_{xP,R,d}} \right)^{e_1} + \left(\frac{|\sigma_y|}{\sigma_{yP,R,d}} \right)^{e_2} - V \left(\frac{|\sigma_x \cdot \sigma_y|}{\sigma_{xP,R,d} \cdot \sigma_{yP,R,d}} \right) + \left(\frac{\tau}{\tau_{P,R,d}} \right)^{e_3} \leq 1 \quad (14)$$

Hierin bedeuten:

$$e_1 = 1 + \kappa_x^4 \quad (15)$$

$$e_2 = 1 + \kappa_y^4 \quad (16)$$

$$e_3 = 1 + \kappa_x \cdot \kappa_y \cdot \kappa_\tau^2 \quad (17)$$

Dabei ist

V nach Gleichung (18) zu bestimmen, wenn beide Normalspannungen σ_x und σ_y Druckspannungen sind. Anderenfalls gilt für V Gleichung (19).

$$V = (\kappa_x \cdot \kappa_y)^6 \quad (18)$$

$$V = \frac{\sigma_x \cdot \sigma_y}{|\sigma_x \cdot \sigma_y|} \quad (19)$$

Die in den Gleichungen (14) bis (18) verwendeten Abminderungsfaktoren und Grenzbeulspannungen gelten für alleinige Wirkung der entsprechenden Spannungen; sie sind nach Tabelle 1 zu ermitteln.

Sofern einzelne Spannungen nicht vorhanden sind, sind die zugehörigen Abminderungsfaktoren $\kappa = 1$ zu setzen.

Wenn die Normalspannungen σ_x oder σ_y Zugspannungen sind, sind die entsprechenden Abminderungsfaktoren $\kappa_x = 1$ oder $\kappa_y = 1$ zu setzen.

ANMERKUNG Bei knickstabähnlichem Verhalten ist Abschnitt 6, Element 603, zu beachten.

6 Abminderungsfaktoren

(601) Beulen ohne knickstabähnliches Verhalten

Die Abminderungsfaktoren κ sind in Abhängigkeit vom bezogenen Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_p$ des untersuchten Beulfeldes und gegebenenfalls vom vorhandenen Randspannungsverhältnis ψ nach Tabelle 1 zu bestimmen.

ANMERKUNG 1 Zur Berechnung von $\bar{\lambda}_p$ werden entsprechend Element 113 Beulwerte k_σ, k_τ benötigt. Diese können für die meisten Fälle der Literatur entnommen werden, siehe z. B. [2], [3]. Für unausgesteifte Platten sind Beulwerte k_σ für wichtige Fälle in DIN 18800-2:2008-11, 7.3, enthalten, siehe auch Erläuterungen.

Für ausgesteifte Platten, bei denen die Steifigkeit der Längssteifen γ^L größer ist als die Mindeststeifigkeit γ^{L*} , können Beulwerte k_σ nach Gleichung (20) ermittelt werden.

$$k_\sigma = k_\sigma^* \cdot \left[1 + \frac{\sigma_{Ki}^*}{\sigma_{Pi}^*} \cdot \left(\frac{1 + \sum \gamma^L}{1 + \sum \gamma^{L*}} - 1 \right) \right] \quad (20)$$

jedoch $k_\sigma \leq 3 \cdot k_\sigma^*$

Darin sind $k_\sigma^*, \sigma_{Ki}^*, \sigma_{Pi}^*$ die zu $\Sigma \delta^L$ und $\Sigma \gamma^{L*}$ gehörenden Werte. Die Eulersche Knickspannung σ_{Ki} ist die des Beulfeldes mit frei angenommenen Längsrändern.

Die Mindeststeifigkeit γ^{L*} einer Längssteife ist diejenige bezogene Steifigkeit der Längssteife, die die ideale Beulspannung des Teil- oder Gesamtfeldes auf die des maßgebenden Einzelfeldes anhebt.

ANMERKUNG 2 Die Beulwerte $k_{\sigma x}, k_{\sigma y}$ und k_τ hängen von folgenden Parametern ab:

- von der Spannungsverteilung (z. B. vom Randspannungsverhältnis ψ),
- vom Seitenverhältnis α ,
- von der Lagerung,
- von der Versteifung (vergleiche Element 113).

ANMERKUNG 3 Bei I-Profilen mit Biegung um die y -Achse werden beim Beulen der halben Flansche (= dreiseitig gelagerte Platten) wegen der Symmetrie alle Fasern des gedrückten Flansches um das gleiche Maß verkürzt. Daher können überkritische Reserven der Flansche geweckt werden. Sie stammen vorwiegend aus den Querschnittsfasern, die dicht an der Stützung des Flansches durch den Steg liegen. Die Lage der resultierenden Druckkraft R wird im überkritischen Zustand nicht verlagert. Für diesen Fall ist somit Tabelle 1, Zeile 5, anzuwenden.

Dagegen kann bei Flanschen, die bei Biegung um die y -Achse nicht symmetrisch zur z -Achse sind, wie z. B. bei U-Profilen, eine Stauchung der Randfasern eines Flansches eintreten, ohne dass gleichzeitig die stegnahen Fasern im gleichen Maß gestaucht werden. Es tritt

- entweder eine Flanschkrümmung auf, und die Lage der resultierenden Druckkraft R wird im überkritischen Zustand verlagert,
- oder die Lage der resultierenden Druckkraft R muss aus Gleichgewichtsgründen erhalten bleiben, womit wegen gleicher Stauchung aller Fasern überkritische Reserven nicht oder nur wenig mobilisiert werden können.

In diesem Fall darf also nur Tabelle 1, Zeile 4, angewendet werden.

Durch Verhinderung der Krümmung kann auch bei nicht symmetrisch angeordneten Flanschen konstante Stauchung vorliegen.

DIN 18800-3:2008-11

**Tabelle 1 — Abminderungsfaktoren κ (= bezogene Tragbeulspannungen)
bei alleiniger Wirkung von σ_x , σ_y oder τ**

	1	2	3	4	5
	Beulfeld	Lagerung	Beanspruchung	Bezogener Schlankheitsgrad	Abminderungsfaktor
1	Einzelfeld	allseitig gelagert	Normalspannungen σ mit dem Randspannungsverhältnis $\psi_T \leq 1$ ^a	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{Pi}}}$	$\kappa = c \left(\frac{1}{\bar{\lambda}_P} - \frac{0,22}{\bar{\lambda}_P^2} \right) \leq 1$ mit $c = 1,25 - 0,12 \psi_T \leq 1,25$
2		allseitig gelagert	Schubspannungen τ	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$	$\kappa_\tau = \frac{0,84}{\bar{\lambda}_P} \leq 1$
3	Teil- und Gesamtfeld	allseitig gelagert	Normalspannungen σ mit dem Randspannungsverhältnis $\psi \leq 1$	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{Pi}}}$	$\kappa = c \left(\frac{1}{\bar{\lambda}_P} - \frac{0,22}{\bar{\lambda}_P^2} \right) \leq 1$ mit $c = 1,25 - 0,25 \psi \leq 1,25$
4		dreiseitig gelagert	Normalspannungen σ	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{Pi}}}$ ^b	$\kappa = \frac{1}{\bar{\lambda}_P^2 + 0,51} \leq 1$
5		dreiseitig gelagert	konstante Randverschiebung u	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{Pi}}}$ ^b	$\kappa = \frac{0,7}{\bar{\lambda}_P} \leq 1$
6		allseitig gelagert, ohne Längssteifen	Schubspannungen τ	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$	$\kappa_\tau = \frac{0,84}{\bar{\lambda}_P} \leq 1$
7		allseitig gelagert, mit Längssteifen	Schubspannungen τ	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$	$\kappa_\tau = \frac{0,84}{\bar{\lambda}_P} \leq 1$ für $\bar{\lambda}_P \leq 1,38$ $\kappa_\tau = \frac{1,16}{\bar{\lambda}_P^2} \leq 1$ für $\bar{\lambda}_P > 1,38$
^a Bei Einzelfeldern ist ψ_T das Randspannungsverhältnis des Teilfeldes, in dem das Einzelfeld liegt.					
^b Zur Ermittlung von σ_{Pi} ist der Beulwert $\min k_\sigma(\alpha)$ für $\psi = 1$ einzusetzen.					

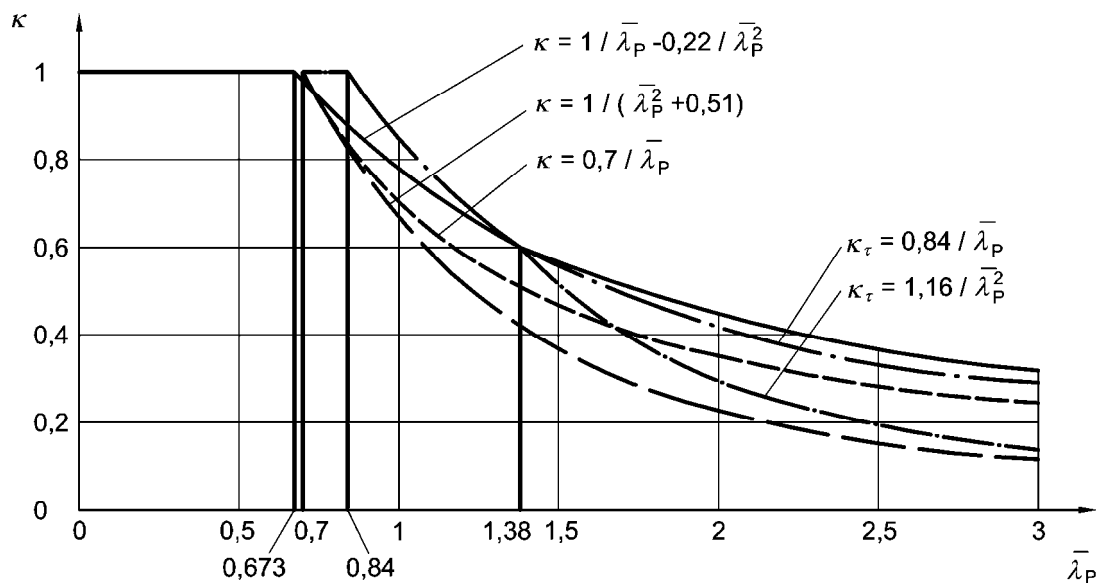


Bild 9 — Abminderungsfaktoren κ (= bezogene Tragbeulspannungen) in Abhängigkeit vom bezogenen Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_P$

(602) Beulen mit knickstabähnlichem Verhalten

Im Fall von Spannungen σ_x ist der Einfluss des knickstabähnlichen Verhaltens auf das Beulverhalten nach Element 603 zu berücksichtigen, wenn die Bedingung (21) für den Wichtungsfaktor ρ erfüllt ist.

$$\rho = \frac{\Lambda - \sigma_{Pi} / \sigma_{Ki}}{\Lambda - 1} \geq 0 \quad (21)$$

mit

$$\Lambda = \bar{\lambda}_P^2 + 0,5, \text{ jedoch } 2 \leq \Lambda \leq 4 \quad (22)$$

σ_{Ki} Eulersche Knickspannung des untersuchten Beulfeldes, jedoch mit frei angenommenen Längsrändern.

Für den Regelfall gleichbleibender Spannungen in Beanspruchungsrichtung gilt Gleichung (23)

$$\frac{\sigma_{Pi}}{\sigma_{Ki}} = k_\sigma \cdot \alpha^2 \cdot \frac{1 + \Sigma \delta^L}{1 + \Sigma \gamma^L} \quad (23)$$

jedoch $\sigma_{Pi} / \sigma_{Ki} \geq 1$.

Wird die Änderung der Spannungen in Beanspruchungsrichtung bei der Ermittlung von σ_{Pi} berücksichtigt, so ist dies auch bei σ_{Ki} zu tun.

Im Fall von Spannungen σ_y ist sinngemäß zu verfahren.

ANMERKUNG 1 Ist die Beulfläche einer Platte weitgehend abwickelbar (das ist gleichbedeutend mit vorwiegend in einer Richtung gekrümmt), verhält sich die Platte beim Ausbeulen Knickstäben ähnlich. Dies ist der Fall, wenn

- bei Spannungen σ_x Platten ein kleines Seitenverhältnis α oder eine kräftige Längsversteifung oder beides oder
- bei Spannungen σ_y Platten ein großes Seitenverhältnis α oder eine kräftige Querversteifung oder beides haben.

DIN 18800-3:2008-11

ANMERKUNG 2 Zu σ_{Pi} vergleiche auch Element 113.

ANMERKUNG 3 Zur Ermittlung von γ^L und δ^L siehe Element 114.

ANMERKUNG 4 Für die Ermittlung des Verhältnisses σ_{Pi}/σ_{Ki} in Gleichung (21) sind für γ^L und k_σ immer die einander zugeordneten Werte einzusetzen. Folglich sind $k_\sigma(\gamma^{L*})$ und γ^{L*} einzusetzen, falls $k_\sigma(\gamma^L)$ für $\gamma^L > \gamma^{L*}$ nicht bekannt ist.

ANMERKUNG 5 Im Fall von Spannungen σ_y sind die Koordinatenrichtungen und die Begriffe „längs“ und „quer“ zu vertauschen.

(603) Abminderungsfaktor bei knickstabähnlichem Verhalten

Im Fall knickstabähnlichen Verhaltens ist für die Ermittlung der Grenzbeulspannung ein Abminderungsfaktor κ_{PK} nach Gleichung (24) zu ermitteln.

$$\kappa_{PK} = (1 - \rho^2) \kappa + \rho^2 \cdot \kappa_K \quad (24)$$

Dabei ist

ρ der Wichtungsfaktor nach Gleichung (21);

κ der Abminderungsfaktor nach Tabelle 1,

κ_K der Abminderungsfaktor nach Knickspannungslinie b in DIN 18800-2 für einen gedachten Stab mit dem bezogenen Plattenschlankheitsgrad $\bar{\lambda}_P$

ANMERKUNG 1 Der Index K steht hier für Knickstab, P kennzeichnet das Plattenbeulen.

ANMERKUNG 2 Nach DIN 18800-2:2008-11, 3.2.1, Gleichung (4), ergibt sich κ_K zu:

Für $\bar{\lambda}_P \leq 0,2$: $\kappa_K = 1$

$$\bar{\lambda}_P > 0,2: \kappa_K = \frac{1}{\left(k + \sqrt{k^2 - \bar{\lambda}_P^2}\right)}$$

mit $k = 0,5 \left[1 + 0,34 (\bar{\lambda}_P - 0,2) + \bar{\lambda}_P^2 \right]$

7 Nachweis der Quersteifen**(701) Schubspannung τ**

Der Steifigkeitsnachweis der Quersteifen für Schubspannungen τ ist entweder durch einen Gesamtfeldnachweis oder durch den Nachweis der Mindeststeifigkeiten $\gamma^Q \geq \gamma^{Q*}$ zu erbringen.

Beim Gesamtfeldnachweis dürfen die Beulwerte von gedachten, ringsum starr gestützten Gesamtfeldern verwendet werden. Diese Gesamtfelder bestehen

- aus zwei benachbarten Teilfeldern mit einer elastischen Quersteife und
- aus drei benachbarten Teilfeldern mit zwei elastischen Quersteifen.

Von den drei Beulwerten für das Teilfeld und die beiden gedachten Gesamtfelder ist für den Nachweis der kleinste Beulwert zu verwenden.

ANMERKUNG 1 Quersteifen mit der Mindeststeifigkeit γ^{Q*} heben die ideale Beulspannung des querversteiften Gesamtfeldes auf die kleinste ideale Beulspannung der durch die Quersteifen erzeugten Teilfelder an.

ANMERKUNG 2 Falls Längssteifen an einer Quersteife nicht oder versetzt angeschlossen werden, ist Abschnitt 10, Element 1003 zu beachten.

(702) Normalspannung σ_x bei einem Wichtungsfaktor $\rho \leq 0,7$ der angrenzenden Teilfelder

Der Steifigkeitsnachweis der Quersteifen für Normalspannungen σ_x ist analog zu Element 701 zu führen.

Der Nachweis darf auch nach Element 703 geführt werden.

ANMERKUNG Der Wichtungsfaktor ρ ist in Abschnitt 6, Element 602 definiert.

(703) Normalspannung σ_x bei einem Wichtungsfaktor $\rho > 0,7$ der angrenzenden Teilfelder

Die Quersteifen sind unter der alleinigen Wirkung von Spannungen σ_x mit dem Verfahren Elastisch-Elastisch nach Theorie II. Ordnung und mit folgenden Annahmen nachzuweisen:

- Die betrachtete Quersteife (Bild 10) hat eine sinusförmige Vorkrümmung mit dem Stich $w_0 = b_G/300$, jedoch nicht größer als $\min a_i/300$ ($\min a_i$ = kleinere Länge der angrenzenden Teilfelder) und nicht größer als 10 mm.
- Die beiden benachbarten Quersteifen haben keine Vorverformung, sind starr und die Teilfelder an ihnen gelenkig gelagert.
- Die Teilfelder werden in der Regel an der betrachteten Quersteife gelenkig gelagert. Werden die Teilfelder an der betrachteten Quersteife als biegesteif durchlaufend angenommen, so ist ihre Beanspruchung infolge des Zusammenwirkens mit der Quersteife zu berücksichtigen.
- Die Abtragung von Abtriebslasten zu den Längsrändern der Teilfelder darf berücksichtigt werden.
- Für die Quersteife ist zusätzlich zum Spannungsnachweis der Nachweis zu erbringen, dass ihre elastische Durchbiegung nicht größer als $b_G/300$ ist.

Der geforderte Nachweis ist für beidseitig gelenkig gelagerte Quersteifen erbracht, wenn ihr Flächenmoment 2. Grades der Bedingung (25) entspricht.

$$I_Q \geq \frac{\sigma_m}{E} \cdot \left(\frac{b_G}{\pi} \right)^4 \cdot \left(1 + w_0 \cdot \frac{300}{b_G} \cdot \nu \right) \quad (25)$$

Dabei ist

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{Ki}}{\sigma_{Pi}} \cdot 0,5 \cdot \sigma_x \cdot (1 + \psi) \cdot t \cdot \left[1 + (n^L + 1) \cdot \delta^L \right] \cdot \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)$$

σ_x größte Randspannung der angrenzenden Teilfelder;

$\sigma_{Ki} / \sigma_{Pi}$ Kehrwert von Gleichung (23);

DIN 18800-3:2008-11

ψ Randspannungsverhältnis, jedoch $\psi \geq 0$;

n^L Anzahl der Längssteifen;

a_1 und a_2 Längen der angrenzenden Teilfelder;

$$v = \gamma_M \cdot \lambda_a^2 \cdot \frac{\max e}{300 b_G} \geq 1$$

λ_a Bezugsschlankheitsgrad der Quersteife;

$\max e$ der für eine Spannungsermittlung maßgebende Randabstand des Quersteifenquerschnittes.

Für Quersteifen mit beliebigen Randbedingungen kann der Nachweis auch vereinfacht mit dem Verfahren Elastisch-Elastisch nach Theorie I. Ordnung, mit einer auf der Länge b_G konstanten Querlast nach Gleichung (26) geführt werden.

$$q = \frac{\pi}{4} \sigma_m \cdot (w_0 + w_{el}) \quad (26)$$

Die elastische Durchbiegung w_{el} kann entweder iterativ ermittelt oder mit dem zulässigen Größtwert $b_G/300$ berücksichtigt werden.

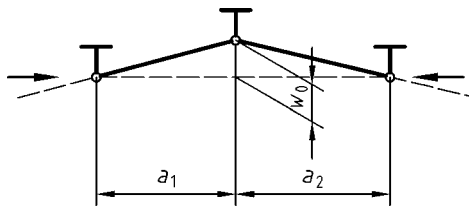


Bild 10 — Beispiel für die Annahmen beim Nachweis von Quersteifen nach Element 703

(704) Planmäßige Quersteifenbelastungen

Im Falle eines Wichtungsfaktors $\rho > 0,7$ der angrenzenden Teilfelder sind zusätzlich zum Nachweis nach Element 703 in einem weiteren Nachweis die Wirkungen aus σ_x und der planmäßigen Quersteifenbelastung gemeinsam zu berücksichtigen. Dabei ist die elastische Durchbiegung nicht auf $b_G/300$ beschränkt.

ANMERKUNG Wie zu Element 703 erläutert, können die Abtriebskräfte aus σ_x und gegebenenfalls planmäßigen Normalkräften durch Vorgabe einer elastischen Durchbiegung bei einem Nachweis nach Theorie I. Ordnung berücksichtigt werden, wenn die Einhaltung der vorgegebenen Durchbiegung nachgewiesen wird.

(705) Endquersteifen

Quersteifen an den Enden von Vollwand- und Kastenträgern müssen eine in der Stegebene liegende Gleichstreckenlast mit der parallel zur Trägerachse wirkenden Resultierenden H übertragen, falls die Querkraft V die ideale Beulquerkraft V_{Pi} nach Gleichung (27) überschreitet:

$$V_{Pi} = b_G \cdot t \cdot \tau_{Pi} \quad (27)$$

Die Überschreitung ist möglich, da die einzuhaltenden Abminderungsfaktoren κ_t über dem zur idealen Beulquerkraft V_{Pi} gehörenden Abminderungsfaktor

$$\kappa_{ti} = \frac{1}{\lambda_p^2}$$

liegen können.

Die Gleichstreckenlast ist entweder über die volle Gesamtfeldbreite b_G (Stützweite der Endquersteife) mit der Resultierenden

$$H = \frac{V^2}{V_{Pi} / \gamma_M} - \frac{V_{Pi}}{\gamma_M} \quad (28)$$

oder über die Breite

$$c_s = b_G - a_1 \cdot \tan\left(\frac{\varphi_d}{2}\right) \quad (29)$$

mit der Resultierenden

$$H = \frac{V - V_{Pi} / \gamma_M}{\tan(\varphi_d / 2)} \quad (30)$$

anzusetzen. Der Ansatz mit der kleineren Resultierenden H ist maßgebend.

Dabei ist

V Querkraft am Trägerende;

a_1 Quersteifenabstand;

φ_d Winkel zwischen Gesamtfelddiagonale und Trägerachse.

Bei diesen Nachweisen sind der Querschnitt der Endquersteifen einschließlich Stegblechüberstand und im Falle doppelter Endquersteifen deren Querschnitte und der zwischen ihnen liegende Stegblechstreifen heranzuziehen.

ANMERKUNG Nach Überschreiten der idealen Beulschubspannung bildet sich im Stegblech ein Zugfeld aus. Davon wird bei den Abminderungsfaktoren κ_t teilweise Gebrauch gemacht. Die zugehörige Längszugkraft H im Stegblech ergibt sich mit genügender Genauigkeit im Falle langer Stegblechendfelder (Vollwandträger ohne Zwischenquersteifen) nach der Theorie des vollständigen Zugfeldes [4] und im Falle von Stegblechen mit Zwischenquersteifen mit Hilfe von Zugfeldmodellen, hier dem von Basler [5].

DIN 18800-3:2008-11

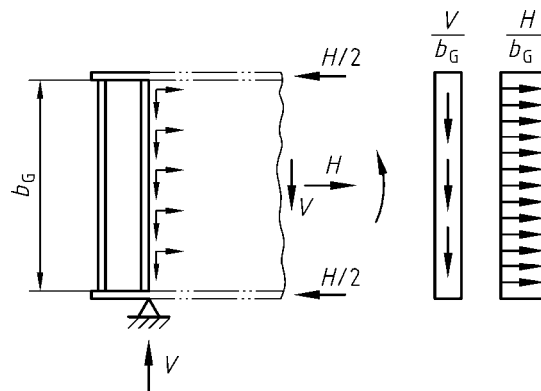


Bild 11 — Belastung der Endquersteifen bei Überschreitung der idealen Beulschubspannung im Falle langer Stegblechendfelder

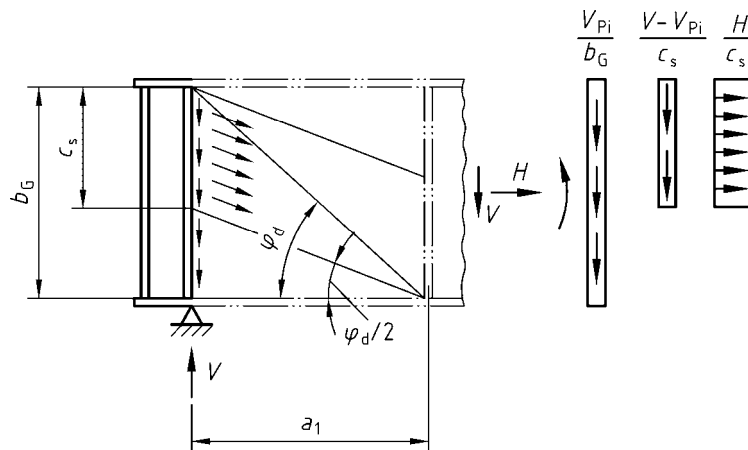


Bild 12 — Belastung der Endquersteifen bei Überschreitung der idealen Beulschubspannung im Falle von Stegblechen mit Zwischenquersteifen

8 Einzelregelungen

(801) Zusätzlicher Nachweis bei Platten mit quergerichteten Druckspannungen σ_y

Bei längsversteiften Platten mit quergerichteten Druckspannungen σ_y sind die Längssteifen zusätzlich zum Beulsicherheitsnachweis mit dem Verfahren Elastisch-Elastisch nach Theorie II. Ordnung und mit folgenden Annahmen nachzuweisen:

- Die betrachtete Längssteife (siehe Bild 13) hat eine sinusförmige Vorkrümmung mit dem Stich $w_0 = \min b_{ik}/250$, wobei $\min b_{ik}$ die kleinere Breite der an die Längssteife angrenzenden Einzelfelder ist.
- Die benachbarten Längsränder der angrenzenden Einzelfelder sind gerade, gelenkig gelagert und senkrecht zur Platte unverschieblich.
- Die Einzelfelder werden in der Regel an der betrachteten Längssteife gelenkig gelagert.

Werden die Einzelfelder an der betrachteten Längssteife als biegesteif durchlaufend angenommen, so ist ihre Beanspruchung infolge des Zusammenwirkens mit der Längssteife zu berücksichtigen.

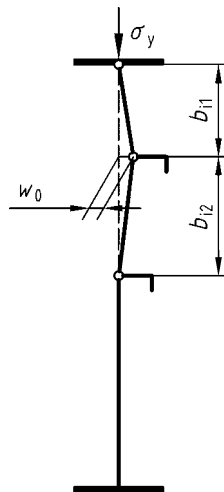


Bild 13 — Beispiel für die Annahmen beim Nachweis von Längssteifen

(802) Platten mit Lasten rechtwinklig zur Plattenebene

Planmäßig ebene Platten, die außer den Belastungen in ihrer Ebene Lasten rechtwinklig zu ihrer Ebene erhalten, sind unter Vernachlässigung der Plattenbiegemomente nachzuweisen.

Zusätzlich ist nachzuweisen – gegebenenfalls nach Theorie II. Ordnung –, dass unter allen Einwirkungen die Grenzspannungen nach DIN 18800-1 eingehalten sind.

ANMERKUNG Lasten rechtwinklig zur Plattenebene können z. B. Windlasten oder Wasserdruck sein.

(803) Planmäßig schwach gekrümmte Platten

Planmäßig schwach gekrümmte abwickelbare Platten ohne Querlasten dürfen wie ebene Platten mit Beibehaltung der Lagerungsbedingungen für die Schnittgrößen der gekrümmten Platte nachgewiesen werden.

(804) Unversteifte Platten in planmäßig gekrümmten Trägern

Unversteifte, allseitig gelagerte abwickelbare Platten in planmäßig gekrümmten Trägern dürfen wie ebene Platten nachgewiesen werden, wenn für den Krümmungsradius r die Bedingung (31) erfüllt ist.

$$r \geq b^2/t \quad (31)$$

(805) Längsversteifte Platten in planmäßig gekrümmten Trägern

Für die Einzelfelder von längsversteiften Platten in planmäßig gekrümmten Trägern gilt Element 804, wobei für b die Einzelfeldbreite einzusetzen ist.

Die Längssteifen sind als Stäbe unter Normalkraft und planmäßiger Biegung nach DIN 18800-2 nachzuweisen. Hierbei darf die stützende Wirkung der Platte durch die Annahme biegesteif durchlaufender Einzelfelder berücksichtigt werden.

DIN 18800-3:2008-11**9 Höchstwerte f für unvermeidbare Herstellungsungenauigkeiten****(901) Regelforderung**

Die unvermeidbaren Herstellungsungenauigkeiten sind, sofern sie für das Beulen von Bedeutung sind, durch Stichproben zu überprüfen.

Die im unbelasteten Zustand vorhandenen Abweichungen von der Sollform sollen die Höchstwerte f nach Tabelle 2 nicht überschreiten.

ANMERKUNG Die Regelforderung kann als erfüllt angesehen werden, wenn von den Messwerten einer größeren Zahl gleichartiger Beulfelder nicht mehr als 10 % größer als der Höchstwert f sind und kein Einzelwert größer als das 1,5fache des Höchstwertes f ist.

(902) Sonderforderung

In Beulfeldern mit knickstabähnlichem Verhalten und voller Ausnutzung der Tragfähigkeit dürfen die für das knickstabähnliche Verhalten maßgebenden Abweichungen von der Sollform im unbelasteten Zustand die Höchstwerte f nach Tabelle 2 nicht überschreiten.

ANMERKUNG Beispielsweise ist für das knickstabähnliche Verhalten eines unverteiften Beulfeldes mit $\alpha > 1$ unter Druckbeanspruchung in Querrichtung der Höchstwert f nach Zeile 2 der Tabelle 2 maßgebend.

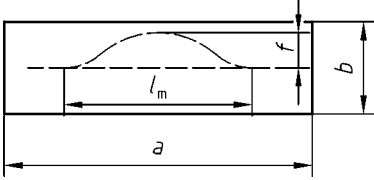
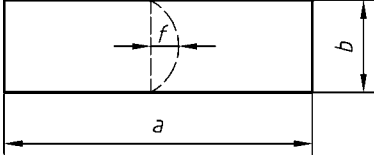
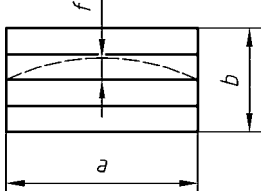
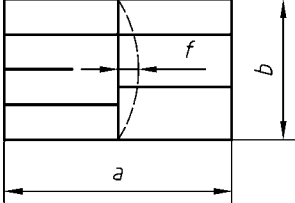
Für das knickstabähnliche Verhalten eines längsversteiften Teilfeldes ist der Höchstwert f nach Zeile 3, nicht aber der Höchstwert f nach Zeile 1 maßgebend.

(903) Maßnahmen bei Überschreitung der Höchstwerte f für Herstellungsungenauigkeiten

Sind die Forderungen nach Element 901 oder 902 nicht eingehalten, so ist im Einzelfall zu entscheiden, ob Richtarbeiten oder andere Maßnahmen erforderlich sind.

ANMERKUNG Vor der Entscheidung für Richtarbeiten sollte stets bedacht werden, dass dabei zusätzliche Eigenspannungen entstehen können. Es sollte auch der Ausnutzungsgrad in Betracht gezogen werden. In Zweifelsfällen ist es empfehlenswert, den Aufsteller der statischen Berechnung hinzuzuziehen. Richtarbeiten sind z. B. dann nicht erforderlich, wenn nach den Regeln in DAST-Richtlinie 015 nachgewiesen werden kann, dass die Tragsicherheit vorhanden ist.

Tabelle 2 — Höchstwerte f für Platten und Steifen

1	2	3	4
1	unversteifte Beulfelder	allgemein	 $f = \frac{l_m}{250}$ $l_m = a, \text{ wenn } a \leq 2b$ $l_m = 2b, \text{ wenn } a > 2b$
2	mit Druckbeanspruchung in Querrichtung	 $f = \frac{l_m}{250}$ $l_m = b, \text{ wenn } b \leq 2a$ $l_m = 2a, \text{ wenn } b > 2a$	
3	Längssteifen in längsversteiften Beulfeldern	 $f = \frac{a}{400}$	
4	Quersteifen in längsversteiften Beulfeldern	 $f = \frac{a}{400}$ $f = \frac{b}{400}$	
Das Maß f ist senkrecht zur Plattenebene gerichtet. l_m Messlänge			

10 Konstruktive Forderungen und Hinweise

(1001) Verbindungen von Steifen und zu versteifender Platte

Längssteifen sind immer, Quersteifen in der Regel mit der zu versteifenden Platte zu verbinden. Dabei darf die Schweißnaht unterbrochen ausgeführt werden. Die Länge der Unterbrechung ist wie bei Ausschnitten nach Element 1005 bzw. 1006 zu begrenzen.

(1002) Stöße von Längssteifen

Wenn Längssteifen bei der Spannungsermittlung zum tragenden Querschnitt hinzugerechnet werden, sind ihre Stöße entsprechend ihren Beanspruchungen zu bemessen.

(1003) Versetzt angeordnete oder endende Längssteifen

Versetzt angeordnete oder endende Längssteifen gelten in dem Querschnitt, in dem sie versetzt sind oder enden, bei der Ermittlung der vorhandenen Spannungen als nicht mittragend.

DIN 18800-3:2008-11

Auch wenn Längssteifen nicht zum tragenden Querschnitt hinzugerechnet werden, sind sie an den Quersteifen anzuschließen, wenn die Bedingungen (32) und (33) erfüllt sind.

$$\delta \geq 0,05 \quad (32)$$

$$\sigma > 0,6 \sigma_{xP,R,d} \quad (33)$$

Dabei ist

δ die bezogene Querschnittsfläche einer Längssteife;

σ die Spannung der Platte am Steifenende.

Bei Gesamtfeldern mit nur einer Längssteife darf der Faktor 0,6 in Bedingung (33) auf 0,8 erhöht werden.

Ist die Bedingung (33) nicht erfüllt, darf die lichte Weite zwischen Längssteifenende und Quersteife nicht größer sein als das Zweifache der Dicke der versteiften Platte.

Falls Längssteifen an einer Quersteife nicht oder versetzt angeschlossen werden, ist Folgendes zu beachten:

Entweder muss die Biegesteifigkeit der Quersteife so groß gewählt werden, dass sie eine Knotenlinie im Gesamtfeld erzeugt, oder die nicht angeschlossenen sowie die versetzten Längssteifen müssen beim Beulsicherheitsnachweis für das Gesamtfeld außer Ansatz bleiben.

(1004) Mindestdrillknicksteifigkeit gedrückter Steifen

Gedrückte Steifen mit offener Querschnittsform und ohne oder mit geringer Wölbsteifigkeit müssen im Falle

$$\frac{I_T}{I_P} \leq \frac{5,3 \cdot f_{y,k}}{E} \quad (34)$$

der Bedingung (35) genügen.

$$\frac{I_T}{I_P} \geq 11,0 \left(t / b_{ik} \right)^2 \quad (35)$$

Dabei ist

$f_{y,k}$ der charakteristische Wert der Streckgrenze der Steife;

I_T das Torsionsflächenmoment 2. Grades (Saint-Venantscher Torsionswiderstand);

I_P das polare Flächenmoment 2. Grades des Steifenquerschnitts bezüglich der Plattenmitte;

b_{ik} die kleinere Breite der an die Steife anschließenden Einzelfelder.

Bei nicht voll ausgenutzten Einzelfeldern darf für b_{ik} die zulässige Breite eingesetzt werden.

ANMERKUNG 1 Durch die Bedingung (35) soll erreicht werden, dass Steifen mit geringer Wölbsteifigkeit, z. B. Flachstahlsteifen, nicht vor den angrenzenden Einzelfeldern durch Drillknicken versagen. Für Beulsteifen, z. B. mit Winkelquerschnitt, deren Wölbsteifigkeit nicht zu vernachlässigen ist, liegt Bedingung (35) auf der sicheren Seite.

ANMERKUNG 2 Die Bedingung (35) kann für Flachstahlsteifen mit dem Querschnitt $b_{St} \cdot t_{St}$ im Falle

$$\frac{b_{St}}{t_{St}} \geq 0,434 \cdot \sqrt{E / f_{y,k}} \quad (36)$$

in der Form der Bedingung (37) geschrieben werden.

$$\frac{b_{St}}{t_{St}} \leq 0,3 \frac{b_{ik}}{t} \quad (37)$$

(1005) Ausschnitte in Längssteifen

Ausschnitte in Längssteifenstegen sollen nicht größer sein als in Bild 14 angegeben. Für die Ausschnittlänge l sollen die Werte

$l \leq 6 \min t$ bei gedrückten Flachstahlsteifen,

$l \leq 8 \min t$ bei anderen gedrückten Steifen,

$l \leq 15 \min t$ bei nicht gedrückten Steifen

eingehalten werden. Hierbei ist $\min t$ die kleinere Dicke der am Ausschnitt zusammentreffenden Platten.

Bei örtlichen Nachweisen ist die Querschnittsschwächung zu berücksichtigen.

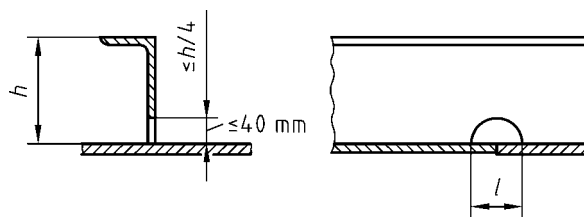


Bild 14 — Ausschnitt in Längssteifen

Wenn in der versteiften Platte am Ort der Steife $\sigma_x < \sigma_{xP,R,d}$ ist, darf l mit dem Faktor

$$\sqrt{\frac{\sigma_{xP,R,d}}{\sigma}}$$

vergrößert werden. Die maximale Ausschnittlänge ist jedoch auf $l = 15 \min t$ zu beschränken.

(1006) Ausschnitte in Quersteifen

Für Quersteifen mit Stegausschnitten, z. B. an Kreuzungspunkten mit durchlaufenden Längssteifen, sind Beulsicherheitsnachweise mit dem Nettoträgheitsmoment I_{netto} der Quersteifen zu führen.

Außerdem muss an der Stelle des Stegausschnittes die Querkraft

$$V = \frac{I_{\text{netto}}}{\max e} \cdot f_{y,d} \cdot \frac{\pi}{b_G} \quad (38)$$

übertragen werden.

Dabei ist

$\max e$ der größere Randabstand vom Schwerpunkt des Quersteifen-Nettoquerschnitts;

DIN 18800-3:2008-11

b_G die Breite des Beulfeldes (Stützweite der Quersteife).

Der Ausschnitt soll nicht größer sein als 60 % der Quersteifenhöhe h .

ANMERKUNG Für die Berechnung von I_{netto} gilt Element (301) sinngemäß.

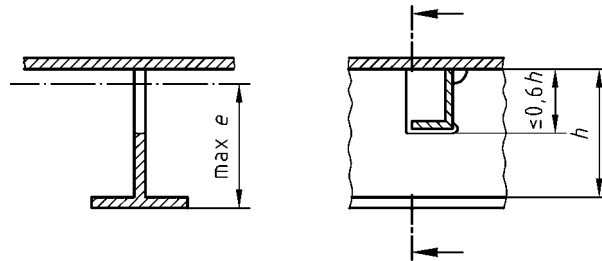


Bild 15 — Ausschnitt in Quersteifen

(1007) Querstoß in längsgedrückten Platten bei unterschiedlicher Plattendicke

Werden längsgedrückte Platten mit unterschiedlicher Dicke exzentrisch (z. B. einseitig bündig) quer gestoßen, soll der Stoß in der Nähe einer Quersteife liegen.

Die Exzentrizität braucht rechnerisch nicht erfasst zu werden, wenn die Stoßstelle nicht weiter als $0,5 \min b_{ik}$ von derjenigen Quersteife entfernt ist, die die dünnere Platte versteift. Für $\min b_{ik}$ ist die kleinste Breite der Einzelfelder mit der Dickenänderung einzusetzen. Bei nur teilweiser Ausnutzung des Einzelfeldes darf die rechnerisch zulässige Einzelfeldbreite eingesetzt werden.

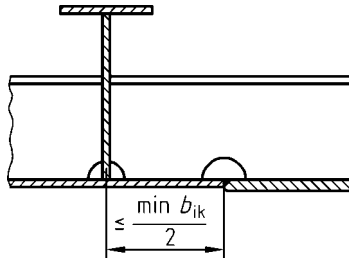
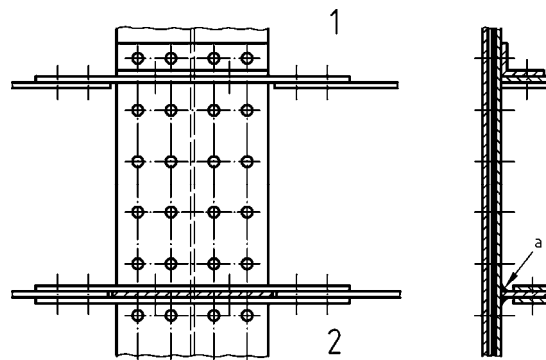


Bild 16 — Lage eines Querstoßes von Platten mit unterschiedlicher Dicke

(1008) Kreuzungspunkte von Steifen und Stoßlaschen

An Kreuzungspunkten von Steifen und Stoßlaschen von Platten müssen die Steifen mit den Stoßlaschen verbunden werden und ohne nennenswerte Verringerung der Biegesteifigkeit durchgehen.



Legende

^a Futter anschweißen

1 Zugbereich

2 Druckbereich

Bild 17 — Beispiele für Kreuzungspunkte von Steifen und Stoßlaschen sowie für Längssteifenstöße

(1009) Stoß von Flachstahlsteifen

Stöße von Flachstahlsteifen sind im Druckbereich mit möglichst geringer Exzentrizität auszuführen. Andernfalls sind planmäßige Exzentrizitäten rechnerisch zu verfolgen.

ANMERKUNG Exzentrizitäten können z. B. durch beidseitige Anordnung von Stoßlaschen vermieden werden.

(1010) Steifen mit niedrigerer Streckgrenze als die der zu versteifenden Platte

Für Beulsteifen dürfen Stähle mit niedrigerer Streckgrenze als für die Platte verwendet werden, wenn für die Spannung σ am Ort der Steife Bedingung (39) erfüllt ist.

$$\sigma \leq \frac{f_{y, \text{Steife}}}{f_{y, \text{Platte}}} \cdot \sigma_{P, R, d} \quad (39)$$

(1011) Stege von Vollwand- und Kastenträgern an Auflagerpunkten

In der Regel sind Stege an Auflagerpunkten mit mindestens einer Quersteife in voller Beulfeldbreite (Trägerhöhe) auszusteißen. Falls die Schubspannung τ größer als die ideale Schubbeulspannung τ_{Pi} ist, sind die Regeln für die Bemessung der Quersteifen nach Abschnitt 7, Element 705, zu beachten.

Auf die Anordnung von Quersteifen darf in Stegen nur dann verzichtet werden, wenn die Bedingungen für Krafteinleitungen ohne Steifen nach DIN 18800-1:2008-11, 7.5.1, Element 744, eingehalten sind.

Anhang A (informativ)

Liste der zurückgezogenen oder ersetzten Normen und technischen Regelwerke soweit sie in Bezug genommen werden

Nachstehende Tabelle fasst diejenigen Normen und technischen Regelwerke der DIN 18800-3:1990-11 zusammen, die bis zur Erarbeitung der vorliegenden Ausgabe zurückgezogen oder ersetzt worden sind. Die entsprechenden Ausgabedaten sind ebenfalls angegeben, damit ist jedoch keine Datierung im Sinne der Regeln von DIN 820-2 beabsichtigt.

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
1	<u>Zurückgezogen:</u> 1995-05 DIN 1025-1:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Schmale I-Träger, I-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-1:1995-05, <i>Warmgewalzte I-Träger — Teil 1: Schmale I-Träger, I-Reihe — Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10024:1995-05, <i>I-Profile mit geneigten inneren Flanschflächen - Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
2	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-2:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, IPB- und IB-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-2:1995-11, <i>Warmgewalzte I-Träger — Teil 2: I-Träger, IPB-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
3	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-3:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPBI-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-3:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPBI-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
4	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-4:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBv-Reihe, Maße, Gewichte, Zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-4:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBv-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
5	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-5:1965-03, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-5:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
6	<u>Zurückgezogen:</u> 2000-03 DIN 1026:1963-10, <i>Stabstahl, Formstahl; Warmgewalzter, rundkantiger U-Stahl, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1026-1:2000-03, <i>Warmgewalzter U-Profilstahl — Teil 1: Warmgewalzter U-Profilstahl mit geneigten Flanschflächen; Maße, Masse und statische Werte</i> DIN EN 10279:2000-03, <i>Warmgewalzter U-Profilstahl — Grenzabmaße, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse</i>

Literaturhinweise

- [1] Lindner, J, und Habermann, W.: Zur Weiterentwicklung des Beulnachweises für Platten bei mehrachsiger Beanspruchung. Stahlbau 57 (1988), S. 333–339, 58 (1989), S. 349–351.
- [2] Klöppel, K. und Scheer, J.: Beulwerte ausgesteifter Rechteckplatten. Berlin, Ernst und Sohn, 1960.
- [3] Klöppel, K, und Möller, K. H.: Beulwerte ausgesteifter Rechteckplatten, 11. Band, Berlin, Ernst und Sohn, 1968.
- [4] Nölke, H.: Leichte Vollwandträger ohne Zwischensteifen. In Stahlbau Handbuch Teil 1. Köln: Stahlbau-Verlag 1982, dort S. 523–530.
- [5] Dubas, P, und Gehri, E. (Editors): Behaviour and Design of Steel Plated Structures. Bericht des Technical Committee 8, Working Group 8.3 der EKS. Herausgegeben vom EKS-Generalsekretariat. Brüssel/Zürich 1986.
- [6] Pasternak, H. und Branka, P.: Durchlaufträger ohne Durchlaufwirkung? – Untersuchungen an Stahlträgern mit schlanken Stegen. Bauingenieur 72 (1997), S. 385-391.

DIN 18800-4

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN 18800-4:1990-11**Stahlbauten –
Teil 4: Stabilitätsfälle –
Schalenbeulen**Steel structure –
Part 4: Stability –
Analysis of safety against buckling of shellsConstructions métalliques –
Partie 4: Stabilité –
Voilement des coques

Gesamtumfang 51 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Allgemeine Angaben	4
1.1 Anwendungsbereich	4
1.2 Normative Verweisungen	4
1.3 Begriffe	5
1.4 Häufig verwendete Formelzeichen	6
1.5 Grundsätzliches zum Beulsicherheitsnachweis	8
2 Vorgehen beim Beulsicherheitsnachweis	8
3 Herstellungsungenauigkeiten	12
4 Kreiszylinderschalen mit konstanter Wanddicke	15
4.1 Formelzeichen, Randbedingungen	15
4.2 Ideale Beulspannung	19
4.2.1 Druckbeanspruchung in Axialrichtung	19
4.2.2 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung	22
4.2.3 Schubbeanspruchung	23
4.3 Reale Beulspannung	24
4.4 Spannungen infolge Einwirkungen	25
4.5 Kombinierte Beanspruchung	27
4.5.1 Druck in Axialrichtung, Druck in Umfangsrichtung und Schub	27
4.5.2 Druck in Axialrichtung und Zug in Umfangsrichtung aus innerem Manteldruck	29
5 Kreiszylinderschalen mit abgestufter Wanddicke	30
5.1 Formelzeichen, Randbedingungen	30
5.2 Planmäßiger Versatz	31
5.3 Ideale Beulspannung	32
5.3.1 Druckbeanspruchung in Axialrichtung	32
5.3.2 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung	32
5.4 Reale Beulspannung	35
5.5 Spannungen infolge Einwirkungen	36
5.6 Kombinierte Beanspruchung	37
5.6.1 Druck in Axialrichtung und Druck in Umfangsrichtung	37
5.6.2 Druck in Axialrichtung und Zug in Umfangsrichtung aus innerem Manteldruck	38
6 Kegelschalen mit konstanter Wanddicke	38
6.1 Formelzeichen, Randbedingungen	38
6.2 Ideale Beulspannung	41
6.2.1 Ersatz-Kreiszylinder	41
6.2.2 Druckbeanspruchung in Meridianrichtung	42
6.2.3 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung	42
6.2.4 Schubbeanspruchung	43
6.3 Reale Beulspannung	43
6.4 Spannungen infolge Einwirkungen	44
6.5 Kombinierte Beanspruchung	46
6.5.1 Druck in Meridianrichtung, Druck in Umfangsrichtung und Schub	46
6.5.2 Druck in Meridianrichtung und Zug in Umfangsrichtung aus innerem Manteldruck	47
7 Kugelschalen mit konstanter Wanddicke	47
7.1 Formelzeichen, Randbedingungen	47
7.2 Ideale Beulspannung	49
7.3 Reale Beulspannung	50
7.4 Spannungen infolge Einwirkungen	50
7.5 Kombinierte Beanspruchung	50
Literaturhinweise	51

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Bauwesen (NABau), NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ erarbeitet. Sie enthält die vom Arbeitsausschuss verabschiedeten Änderungen aus dem Entwurf der DIN 18800-4/A1:2007-06. Die Änderungen zu DIN 18800-4:1990-11 sind mit einem senkrechten Strich am linken Seitenrand gekennzeichnet.

In DIN 18800-4:1990-11 wurde neben der üblichen, allgemein bekannten Gliederung in Abschnitte und Unterabschnitte der gesamte Text in überschaubare, (abschnittsweise) durchgehend benummerte, so genannte „Elemente“ gegliedert, deren jedes eine in sich geschlossene Aussage enthält und damit auch bei Übernahme in eine andere Norm verständlich bleibt. Durch die Anpassung der Norm an die derzeit gültigen Gestaltungsregeln nach DIN 820-2 musste die Reihenfolge einiger Abschnitte verändert werden. Zum Beispiel befinden sich die Normativen Verweisungen jetzt in Abschnitt 2 und nicht mehr am Ende der Norm. Dadurch passen die Elementnummerierungen nicht mehr zu den Abschnittsnummern. Da sich die Fachwelt an die Elementnummern gewöhnt hat, wurden diese beibehalten und nicht an die neue Abschnittsnummerierung angepasst.

Änderungen

Gegenüber DIN 18800-4:1990-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an Nachfolgenormen von zurückgezogenen Normen und Aktualisierung der in der Norm zitierten normativen Verweisungen;
- b) Übernahme der Regelungen der 3. Auflage der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (Oktober 1998) und der Änderungen und Ergänzungen der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (Dezember 2001);
- c) Aktualisierung der Stahlsorten.

Frühere Ausgaben

DIN 18800-4: 1990-11

DIN 18800-4:2008-11**1 Allgemeine Angaben****1.1 Anwendungsbereich****(101) Geltungsbereich**

Diese Norm gilt für Schalenkonstruktionen aus Stahl. Sie ist stets zusammen mit DIN 18800-1 anzuwenden.

ANMERKUNG Bei Berücksichtigung der entsprechenden Zahlenwerte für die Werkstoffkenngrößen können die Regelungen dieser Norm auch für Stahl bei anderen als in DIN 18800-1 angegebenen Temperaturen und für Schalen aus anderen Metallen verwendet werden. Dabei ist gegebenenfalls zu berücksichtigen, dass in dieser Norm in den Gleichungen für die ideale Beulspannung die Querkontraktionszahl mit $\mu = 0,3$ eingesetzt wurde.

(102) Tragsicherheitsnachweis

Diese Norm regelt den Tragsicherheitsnachweis für den Grenzzustand Instabilität von unversteiften Kreiszylinder-, Kegel- und Kugelschalen bei vorwiegend ruhender Belastung. Dieser Nachweis wird als Beulsicherheitsnachweis bezeichnet.

Diese Norm darf bei entsprechender Berücksichtigung der Randbedingungen auch für kreiszylindrische, kegelförmige oder kugelförmige Schalenteile, Teilfelder versteifter Schalen und Abschnitte zusammengesetzter Schalen angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Unter „entsprechender Berücksichtigung der Randbedingungen“ ist beispielsweise für kreiszylindrische Schalenteile, Teilfelder oder Schalenabschnitte bei Verwendung der in dieser Norm angegebenen Gleichungen für die ideale Beulspannung zu verstehen, dass ihre in Umfangsrichtung verlaufenden Ränder (Querränder) hinreichend genau als radial unverschieblich eingestuft werden können.

ANMERKUNG 2 Für den Beulsicherheitsnachweis versteifter Schalen gegen globales Beulen, d. h. für den Tragsicherheitsnachweis ihrer Steifen, werden z. B. in [1] Hinweise gegeben.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 18800-1:2008-11, *Stahlbauten — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

DIN 18800-2, *Stahlbauten — Teil 2: Stabilitätsfälle — Knicken von Stäben und Stabwerken*

DIN 18800-3, *Stahlbauten — Teil 3: Stabilitätsfälle — Plattenbeulen*

DIN EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

KTa 3401.2¹⁾, *Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl — Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung*

1) Zu beziehen bei: Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 440, 50939 Köln.

1.3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

1.3.1

(103) Ideale Beullast

Die ideale Beullast ist die unter den idealisierenden Voraussetzungen

- perfekte Geometrie,
- perfekte Lasteinbringung und Lagerung,
- unbeschränkte Gültigkeit des Hookeschen Gesetzes,
- ideal isotroper Werkstoff,
- keine Eigenspannungen,

nach der Elastizitätstheorie ermittelte kleinste Verzweigungslast.

1.3.2

(104) Ideale Beulspannung

Die ideale Beulspannung ist die zur idealen Beullast gehörende Membranspannung.

1.3.3

(105) Reale Beulspannung

Die reale Beulspannung ist die zur Erfassung der baupraktisch unvermeidbaren Einflüsse

- geometrische Imperfektionen,
- strukturelle Imperfektionen, sowie des
- nichtelastischen Werkstoffverhaltens

gegenüber der idealen Beulspannung abgeminderte Membranspannung. Sie entspricht dem charakteristischen Wert des Widerstandes im Grenzzustand Instabilität im Sinne von DIN 18800-1.

ANMERKUNG 1 Geometrische Imperfektionen sind herstellungsbedingte Abweichungen von der geometrischen Sollform (z. B. Vorbeulen, Unrundheiten, Schrumpfknicke an Schweißnähten, Exzentrizitäten an Stoßstellen).

ANMERKUNG 2 Strukturelle Imperfektionen sind z. B. Walz- und Schweiß Eigenspannungen sowie die Inhomogenität und Anisotropie von Werkstoffeigenschaften.

ANMERKUNG 3 Nichtelastisches Werkstoffverhalten kann entweder ähnlich einer ideal-plastischen Spannungsdehnungslinie (ausgeprägte Streckgrenze vorhanden) oder einer verfestigend-plastischen Spannungsdehnungslinie (0,2 %-Dehngrenze als Streckgrenze) vorliegen. Es hat in der Regel keinen signifikanten Einfluss auf die reale Beulspannung, wenn diese kleiner als 40 % der Streckgrenze ist.

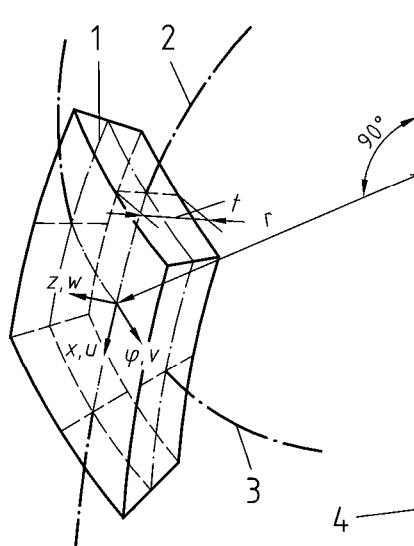
1.3.4

(106) Grenzbeulspannung

Die Grenzbeulspannung ist der Bemessungswert der realen Beulspannung. Man erhält sie durch Abminderung der realen Beulspannung mit dem Teilsicherheitsbeiwert des Widerstandes.

DIN 18800-4:2008-11**1.4 Häufig verwendete Formelzeichen****(107) Geometrische Größen**

t	Wanddicke;
r	Breitenkreisradius der Schalenmittelfläche;
$d = 2 r$	Breitenkreisdurchmesser der Schalenmittelfläche;
R	Radius der Kugelmittelfläche;
e_V	planmäßiger Versatz der Schalenmittelflächen;
$l_{mK}, l_{mx}, l_{m\phi}$	Messlängen zur Ermittlung von Herstellungsungenauigkeiten;
t_V	Tiefe von Vorbeulen (Vorbeultiefe);
U	Unrundheit;
e	unplanmäßige Exzentrizität;
x, φ	Koordinaten in der Schalenmittelfläche in Meridianrichtung (Richtung der Erzeugenden, bei Kreiszylindern identisch mit Axialrichtung) und in Umfangsrichtung;
z	Koordinate rechtwinklig zur Schalenmittelfläche;
u, v, w	Verschiebungen in den Koordinatenrichtungen x, φ, z .

**Legende**

- 1 Schalenmittelfläche
- 2 Meridian
- 3 Breitenkreis
- 4 Rotationsachse

Bild 1 — Geometrische Größen

ANMERKUNG Weitere Formelzeichen, die jeweils den speziellen Schalentyp betreffen, stehen am Beginn der Abschnitte 4 bis 7.

(108) Physikalische Kenngrößen, Festigkeiten

E Elastizitätsmodul;

f_y Streckgrenze.

ANMERKUNG Für die Zahlenwerte von E und $f_{y,k}$ siehe DIN 18800-1:2008-11, Tabelle 1.

(109) Nebenzeichen

Index R Widerstandsgröße;

Index k charakteristischer Wert einer Größe;

Index d Bemessungswert einer Größe.

ANMERKUNG Die Begriffe „Widerstand“, „charakteristischer Wert“ und „Bemessungswert“ sind in DIN 18800-1:2008-11, 3.1, definiert.

(110) Lastgrößen, Beanspruchungsgrößen

q Flächenlast rechtwinklig zur Schalenmittelfläche, als Druck von außen oder Sog von innen positiv;

p Linienlast oder Flächenlast in Schalenmittelfläche in Axial- oder Meridianrichtung;

s Linienlast in Schalenmittelfläche in Umfangsrichtung;

$n_x, n_\varphi, n_{x\varphi}$ Membranschnittkräfte;

σ_x, σ_φ Membrannormalspannungen, als Druck positiv;

τ Membranschubspannungen.

(111) Systemwerte

$\sigma_{xSi}, \sigma_{\varphi Si}, \tau_{Si}$ ideale Beulspannungen;

$\sigma_{xS,R,k}, \sigma_{\varphi S,R,k}, \tau_{S,R,k}$ reale Beulspannungen;

$\bar{\lambda}_S$ bezogener Schalenschlankheitsgrad;

κ Abminderungsfaktor (bezogene reale Beulspannung) = $\frac{\text{reale Beulspannung}}{\text{Streckgrenze}}$.

ANMERKUNG Der Index S kennzeichnet hier (im Gegensatz zu DIN 18800-1) das Schalenbeulen.

(112) Teilsicherheitsbeiwerte

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand;

γ_F Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen.

ANMERKUNG 1 Die Zahlenwerte von γ_M sind Abschnitt 2, Element 206, zu entnehmen.

ANMERKUNG 2 Die Zahlenwerte für γ_F sind DIN 18800-1 zu entnehmen.

DIN 18800-4:2008-11**1.5 Grundsätzliches zum Beulsicherheitsnachweis****(113) Erforderlicher Nachweis**

Für Schalenkonstruktionen aus Stahl ist außer den Nachweisen nach DIN 18800-1 ein Beulsicherheitsnachweis nach dieser Norm zu führen. Es ist nachzuweisen, dass die mit den Bemessungswerten der Einwirkungen ermittelte maßgebende Membranspannung die entsprechende Grenzbeulspannung nicht überschreitet.

ANMERKUNG 1 Die Regeln zur Berechnung der Bemessungswerte der Einwirkungen stehen in DIN 18800-1:2008-11, Abschnitte 7.2.1 und 7.2.2.

ANMERKUNG 2 DIN 18800-1 enthält keine speziellen Angaben für den Tragsicherheitsnachweis in Schalenkonstruktionen. Inwieweit im Vergleichsspannungsnachweis nach DIN 18800-1:2008-11, 7.5.2, Element 747, neben den in jedem Falle zu berücksichtigenden Membranspannungen auch Biegespannungen berücksichtigt werden müssen, hängt davon ab, ob sie für das Gleichgewicht erforderlich oder nicht erforderlich sind und ob sie einmalig oder wiederholt auftreten. Die einschlägigen Fachnormen enthalten zum Teil Hinweise hierzu. Hinweise zu sogenannten „Spannungskategorien“ werden z. B. in der KTA-Regel 3401.2, Fassung 6/85, gegeben.

(114) Ermittlung der realen Beulspannung

Die reale Beulspannung ist nach den Regeln der folgenden Abschnitte zu ermitteln. Dies setzt voraus, dass die für die einzelnen Schalenformen angegebenen Randbedingungen vorliegen und die Toleranzwerte für die Herstellungsungenauigkeiten nach Abschnitt 3 eingehalten werden. Der beullastabmindernde Einfluss von baupraktisch unvermeidlichen Unebenheiten der Auflagerung ist erfasst, der von ungleichmäßigen Nachgiebigkeiten der Auflagerung oder Bodensetzungen dagegen im Allgemeinen noch nicht.

(115) Ebene Platten als Näherung

Der Beulsicherheitsnachweis für Schalenkonstruktionen darf vereinfachend wie für ebene Platten unter Vernachlässigung der Krümmung, aber mit Beibehaltung der Lagerungsbedingungen und der für die Schale berechneten Membranschnittkräfte, geführt werden.

Die entsprechenden Nachweise enthält DIN 18800-3.

2 Vorgehen beim Beulsicherheitsnachweis**(201) Ideale Beulspannungen**

Es sind die idealen Beulspannungen σ_{xSi} , $\sigma_{\varphi Si}$ und τ_{Si} mit den in den Abschnitten 4 bis 7 angegebenen Gleichungen zu ermitteln.

Die idealen Beulspannungen dürfen auch durch geeignete Berechnungsverfahren (z. B. Finite-Element-Methode) ermittelt werden, sofern sichergestellt ist, dass diese die kritischen Beulmuster (d. h. die zum niedrigsten Eigenwert führenden Eigenformen) zuverlässig auffinden.

ANMERKUNG Die in den Abschnitten 4 bis 7 angegebenen Gleichungen für die idealen Beulspannungen wurden überwiegend mit der klassischen linearen Beultheorie ermittelt. Berechnungen, die den zur Gleichgewichtsverzweigung führenden Beanspruchungszustand der perfekten Schale (Vorbeulzustand) genauer erfassen, können auch kleinere ideale Beulspannungen liefern. Diese brauchen nicht angesetzt zu werden, da die Differenz zu den mit den Gleichungen der Norm ermittelten idealen Beulspannungen mit den Abminderungsfaktoren nach Element 204 abgedeckt ist.

(202) Bezogene Schalenschlankheitsgrade

Mit den idealen Beulspannungen sind die bezogenen Schalenschlankheitsgrade $\bar{\lambda}_S$ mit den Gleichungen (1) bis (3) zu bestimmen.

$$\bar{\lambda}_{Sx} = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{xSi}}} \quad (1)$$

$$\bar{\lambda}_{S\varphi} = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{\varphi Si}}} \quad (2)$$

$$\bar{\lambda}_{S\tau} = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \tau_{Si}}} \quad (3)$$

ANMERKUNG Der bezogene Schalenschlankheitsgrad $\bar{\lambda}_S$ in dieser Norm entspricht stabilitätstheoretisch den bezogenen Stabschlankheitsgraden $\bar{\lambda}_K$ und $\bar{\lambda}_M$ in DIN 18800-2 und dem bezogenen Plattenschlankheitsgrad $\bar{\lambda}_P$ in DIN 18800-3. Er ist nicht identisch mit dem bezogenen Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_S$ in der früheren DAST-Richtlinie 013.

(203) Reale Beulspannungen

In Abhängigkeit von den bezogenen Schalenschlankheitsgraden $\bar{\lambda}_S$ sind Abminderungsfaktoren κ zu bestimmen. Die realen Beulspannungen $\sigma_{xS,R,k}$, $\sigma_{\varphi S,R,k}$ und $\tau_{S,R,k}$ ergeben sich durch Multiplikation der Abminderungsfaktoren mit dem charakteristischen Wert der Streckgrenze nach den Gleichungen (4) bis (6).

$$\sigma_{xS,R,k} = \kappa \cdot f_{y,k} \quad \text{mit } \kappa = f(\bar{\lambda}_{Sx}) \quad (4)$$

$$\sigma_{\varphi S,R,k} = \kappa \cdot f_{y,k} \quad \text{mit } \kappa = f(\bar{\lambda}_{S\varphi}) \quad (5)$$

$$\tau_{S,R,k} = \kappa \cdot \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3}} \quad \text{mit } \kappa = f(\bar{\lambda}_{S\tau}) \quad (6)$$

ANMERKUNG Die Vorgehensweise mit Abminderungsfaktoren, die auf die Streckgrenze bezogen sind und in Abhängigkeit von bezogenen Schlankheitsgraden bestimmt werden, stimmt mit der Vorgehensweise bei anderen Stabilitätsfällen in Stahlbauten überein (siehe DIN 18800-2 und DIN 18800-3).

(204) Abminderungsfaktoren

Die Abminderungsfaktoren κ ergeben sich je nach Schalenart und Beanspruchungsfall aus den Gleichungen (7) oder (8). Die Zuordnung erfolgt in den Abschnitten 4.3, 5.4, 6.3 und 7.3.

Normal imperfektionsempfindliche Schalenbeulfälle:

$$\bar{\lambda}_S \leq 0,4 : \quad \kappa_1 = 1 \quad (7a)$$

$$0,4 < \bar{\lambda}_S < 1,2 : \quad \kappa_1 = 1,274 - 0,686 \bar{\lambda}_S \quad (7b)$$

$$1,2 \leq \bar{\lambda}_S : \quad \kappa_1 = 0,65 / \bar{\lambda}_S^2 \quad (7c)$$

Bei Schalen mit

$$l^2/(r \cdot t) \geq 600 \quad (7d)$$

$$\text{und } (r/t)(f_y/E)^{0,5} \geq 1,75 \quad (7e)$$

darf in (7c) der Wert 0,65 durch α^* nach (7f) ersetzt werden

DIN 18800-4:2008-11

$$\alpha^* = 0,65 + (\alpha_{\text{col}} - 0,65)\{1 - 600 (r \cdot t)/l^2\} \quad (7f)$$

mit $\alpha_{\text{col}} = 1/\{1 + 0,257 (t/r) (E/f_y)^{0,5}\}$ (7g)

Bei Kegelschalen ist l durch l^* und r durch r^* zu ersetzen.

Sehr imperfektionsempfindliche Schalenbeulfälle:

$$\bar{\lambda}_S \leq 0,25 : \quad \kappa_2 = 1 \quad (8a)$$

$$0,25 < \bar{\lambda}_S \leq 1,0 : \quad \kappa_2 = 1,233 - 0,933 \bar{\lambda}_S \quad (8b)$$

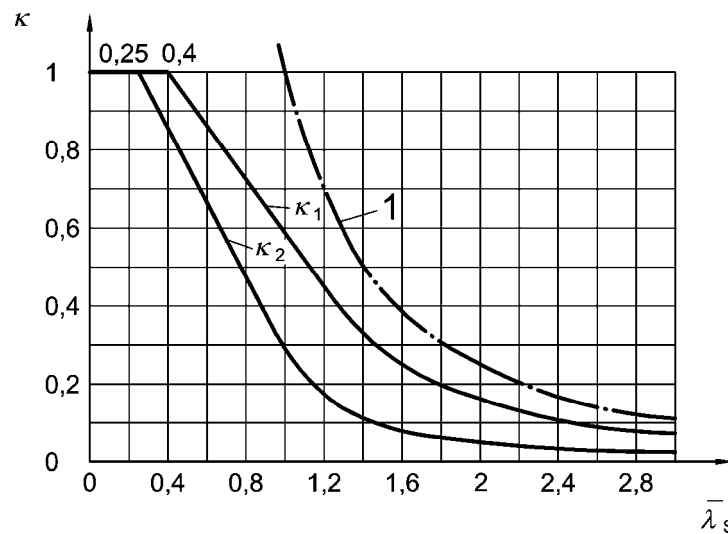
$$1,0 < \bar{\lambda}_S \leq 1,5 : \quad \kappa_2 = 0,3 / \bar{\lambda}_S^3 \quad (8c)$$

$$1,5 < \bar{\lambda}_S \leq 64 (f_y/E)^{0,5} : \quad \kappa_2 = 0,2 / \bar{\lambda}_S^2 \quad (8d)$$

$$2\,500 < r/t \leq 5\,000 : \quad \kappa_2 = 0,82 / \{[1 + (r/t)^{0,72}/91] \bar{\lambda}_S^{-2}\} \quad (8e)$$

Die Gleichungen (7a) bis (8e) gelten nur für $r/t \leq 5\,000$ bei Kreiszylinderschalen und Kugelschalen und $r_2/t \leq 5\,000$ bei Kegelschalen.

ANMERKUNG Für $r/t > 5\,000$ und $r_2/t > 5\,000$ wird der Erfahrungsbereich verlassen.



1 Euler-Hyperbel

Bild 2 — Abminderungsfaktoren κ (bezogene reale Beulspannungen) für Schalenbeulen (Grundbeulkurven)

ANMERKUNG Die Abminderungsfaktoren κ erfassen den Einfluss der geometrischen und strukturellen Imperfektionen sowie des nichtelastischen Werkstoffverhaltens (vergleiche hierzu Anmerkungen zu 1.3, Element 105). Dabei wird die unterschiedliche Imperfektionsempfindlichkeit verschiedener Schalenarten und Beanspruchungsfälle durch die beiden unterschiedlich großen Abminderungsfaktoren κ_1 und κ_2 (Grundbeulkurven) berücksichtigt.

(205) Grenzbeulspannungen

Die Grenzbeulspannungen sind nach den Gleichungen (9) bis (11) zu ermitteln:

$$\sigma_{xS,R,d} = \sigma_{xS,R,k} / \gamma_M \quad (9)$$

$$\sigma_{\varphi S,R,d} = \sigma_{\varphi S,R,k} / \gamma_M \quad (10)$$

$$\tau_{S,R,d} = \tau_{S,R,k} / \gamma_M \quad (11)$$

mit γ_M nach Element 206.

(206) Teilsicherheitsbeiwerte für den Widerstand

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M ergeben sich je nach Schalenart und Beanspruchungsfall aus den Gleichungen (12) oder (13).

Normal imperfektionsempfindliche Schalenbeulfälle, bei denen die reale Beulspannung mit κ_1 ermittelt wurde:

$$\gamma_{M1} = 1,1 \quad (12)$$

Sehr imperfektionsempfindliche Schalenbeulfälle, bei denen die reale Beulspannung mit κ_2 ermittelt wurde:

$$\bar{\lambda}_S \leq 0,25: \quad \gamma_{M2} = 1,1 \quad (13a)$$

$$0,25 < \bar{\lambda}_S < 2,00: \quad \gamma_{M2} = 1,1 \left(1 + 0,318 \frac{\bar{\lambda}_S - 0,25}{1,75} \right) \quad (13b)$$

$$2,00 \leq \bar{\lambda}_S: \quad \gamma_{M2} = 1,45 \quad (13c)$$

ANMERKUNG Der erhöhte Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} berücksichtigt die besonders große Streuung der experimentellen Beullasten von mittellangen dünnwandigen Kreiszylinder- und Kegelschalen unter konstanter Druckbeanspruchung in Axial- bzw. Meridianrichtung und von dünnwandigen Kugelschalen unter konstantem Außendruck, die der Festlegung der Grundbeulcurve κ_2 zugrunde gelegt wurden. Die besonders große Streuung der experimentellen Beullasten hat ihre Ursache im ungünstigen Nachbeulverhalten dieser Schalentypen und ihrer daraus resultierenden extremen Imperfektionsanfälligkeit.

Für Sonderfälle, bei denen sich das ungünstige Nachbeulverhalten und die extreme Imperfektionsanfälligkeit nicht einstellen können (z. B. schmale Teilfelder längsversteifter Kreiszylinder oder kurze Kreiszylinder unter Axialdruckbeanspruchung), kann auch ein geringerer γ_M -Wert gerechtfertigt sein.

(207) Einzelnachweise

Es sind je nach Beanspruchungsfall einer oder mehrere der folgenden Einzelnachweise zu führen:

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_{xS,R,d}} \leq 1 \quad (14)$$

$$\frac{\sigma_{\varphi}}{\sigma_{\varphi S,R,d}} \leq 1 \quad (15)$$

$$\frac{\tau}{\tau_{S,R,d}} \leq 1 \quad (16)$$

DIN 18800-4:2008-11

Dabei sind

$\sigma_x, \sigma_\varphi, \tau$ maßgebende Membrandruck- und -schubspannungen infolge der Bemessungswerte der Einwirkungen, berechnet nach der Elastizitätstheorie.

(208) Nachweis bei kombinierter Beanspruchung

Bei Vorhandensein von mehr als einer der drei beulauslösenden Membranspannungen (Druck in Axial- bzw. Meridianrichtung, Druck in Umfangsrichtung, Schub) ist außer den Einzelnachweisen ein Nachweis unter kombinierter Beanspruchung mit den jeweils angegebenen maßgebenden Membranspannungen und Interaktionsbedingungen zu führen (siehe 4.5, 5.6, 6.5, 7.5).

3 Herstellungsungenauigkeiten**(301) Toleranzwerte**

Die in dieser Norm angegebenen realen Beulspannungen gelten nur, wenn die unvermeidbaren Herstellungsungenauigkeiten die in den Elementen 302 bis 304 angegebenen Toleranzwerte nicht überschreiten. Sie sind durch Stichproben zu überprüfen.

ANMERKUNG 1 Angaben zum Vorgehen bei Überschreitung der Toleranzwerte sind in Element 305 gemacht.

ANMERKUNG 2 Die Toleranzwerte sind im Allgemeinen nicht geeignet, als Grundlage für Imperfektions-Rechenannahmen zu dienen.

(302) Vorbeulen

Die Tiefe t_v von Vorbeulen (Vorbeultiefe) soll den Wert von 1 % der Messlänge nicht überschreiten. Die Messlänge (siehe Bild 3) beträgt

— bei Kugelschalen in beliebiger Richtung

$$l_{mK} = 4\sqrt{R \cdot t} \quad (17)$$

— bei Kreiszylinder- und Kegelschalen in Meridianrichtung

$$l_{mX} = 4\sqrt{r \cdot t} \quad (18)$$

— bei Kreiszylinder- und Kegelschalen in Umfangsrichtung

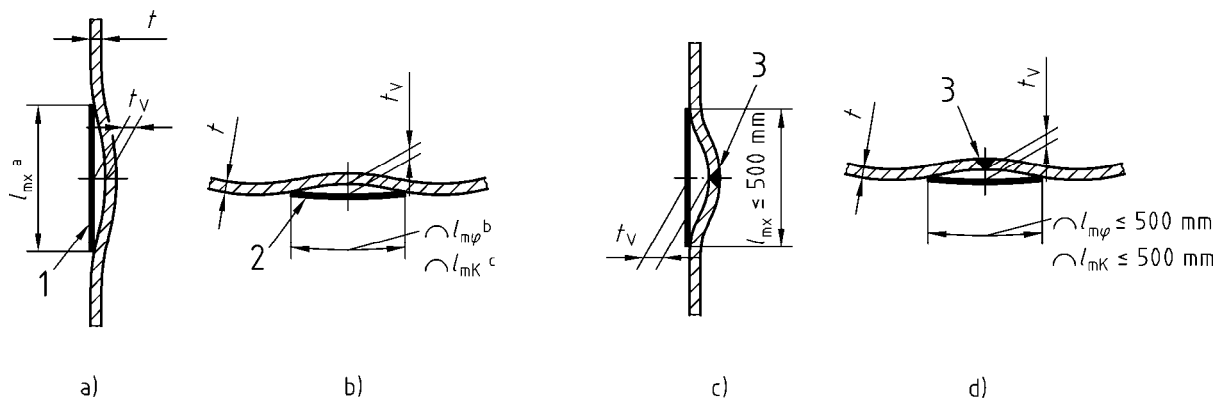
$$l_{m\varphi} = \frac{2,3 r}{\sqrt{\frac{r}{l} \sqrt{\frac{r}{t}}}} \quad (19a)$$

jedoch

$$l_{m\varphi} \leq r \quad (19b)$$

Die Messlänge darf in allen drei Fällen auf 2 000 mm begrenzt werden.

Im Bereich von Schweißnähten beträgt die Messlänge höchstens 500 mm.

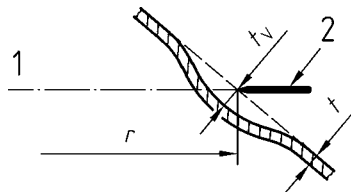
**Legende**

- | | | | |
|---|-------------|---|---------------|
| 1 | Messlatte | a | nach Gl. (18) |
| 2 | Messlehre | b | nach Gl. (19) |
| 3 | Schweißnaht | c | nach Gl. (17) |

Bild 3 — Messlängen und Vorbeultiefen

ANMERKUNG 1 Die Messlängen entsprechen in ihrer Größenordnung den Abmessungen einer Beule des kritischen Nachbeulmusters der Kugel unter Außendruck (l_{mK}), des Kreiszylinders unter Axialdruck (l_{mx}) bzw. des Kreiszylinders unter Außendruck ($l_{mφ}$).

ANMERKUNG 2 Bei Kegelschalen wird für die Messung in Umfangsrichtung die Messlehre in der Ebene des Breitenkreises angesetzt. Die Messung der Vorbeultiefe t_v darf aber normal zum Meridian erfolgen (siehe Bild 4):

**Legende**

- | | |
|---|--|
| 1 | Breitenkreis |
| 2 | Querschnitt durch Messlehre mit Messlänge $l_{mφ}$ |

Bild 4 — Messung der Vorbeulen in Umfangsrichtung bei Kegelschalen**(303) Unrundheit**

Die Unrundheit U soll Bedingung (20) einhalten.

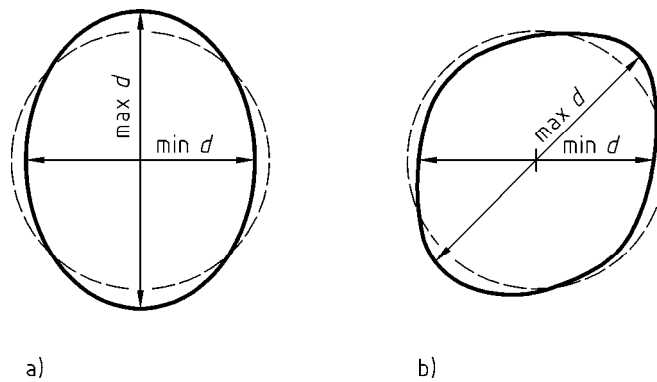
$$U = 2 \cdot \frac{\max d - \min d}{\max d + \min d} \cdot 100 \leq \text{zul } U \quad (20)$$

Hierin sind $\max d$ und $\min d$ der jeweils größte und kleinste gemessene Durchmesser (siehe Bild 5) und $\text{zul } U$ die zulässige Unrundheit nach Gleichung (21).

$$\text{zul } U = 2,0 \% \quad \text{für } d \leq 500 \text{ mm} \quad (21a)$$

$$\text{zul } U = 0,5 \% \quad \text{für } d \geq 1\,250 \text{ mm} \quad (21b)$$

Zwischen $d = 500 \text{ mm}$ und $d = 1\,250 \text{ mm}$ ist linear zu interpolieren.

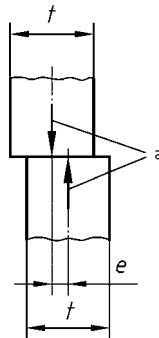
DIN 18800-4:2008-11**Bild 5 — Unrundheit****(304) Exzentrizitäten**

Unplanmäßige Exzentrizitäten e an Stoßstellen der Schalenwand rechtwinklig zur Druckbeanspruchungsrichtung sollen Bedingung (22) einhalten.

$$e \leq 0,2 t \quad (22a)$$

jedoch

$$e \leq 3 \text{ mm} \quad (22b)$$

**Legende**

^a Druckbeanspruchung

Bild 6 — Exzentrizität**(305) Überschreitung der Toleranzwerte**

Werden die Toleranzwerte nach den Elementen 302 bis 304 überschritten, so ist im Einzelfall zu entscheiden, ob Richtarbeiten oder andere Maßnahmen erforderlich sind.

Der Zustand darf ohne besondere Maßnahmen belassen werden, wenn die Toleranzwerte nicht mehr als bis zu ihrem doppelten Wert überschritten werden und der Beulsicherheitsnachweis mit einem reduzierten Abminderungsfaktor nach Gleichung (23) geführt wird.

$$\text{red } \kappa = \kappa \left[1 - \frac{\bar{\lambda}_S}{3} \left(\frac{\text{vorh } a}{\text{zul } a} - 1 \right) \right] \quad \text{für } \bar{\lambda}_S < 1,5 \quad (23a)$$

bzw.

$$\text{red } \kappa = \kappa \left(1,5 - 0,5 \frac{\text{vorh } a}{\text{zul } a} \right) \quad \text{für } \bar{\lambda}_S \geq 1,5 \quad (23b)$$

Dabei ist

- κ Abminderungsfaktor nach den Gleichungen (7) bzw. (8);
- zul a zulässige Vorbeultiefe zul t_v nach Element 302 oder zulässige Unrundheit zul U nach Element 303 oder zulässige Exzentrizität zul e nach Element 304;
- vorh a vorhandene Vorbeultiefe vorh t_v oder vorhandene Unrundheit vorh U oder vorhandene Exzentrizität vorh e (zul $a \leq \text{vorh } a \leq 2 \text{ zul } a$).

Werden die Toleranzwerte mehrerer Arten von Herstellungsungenauigkeiten gleichzeitig überschritten, so genügt es, die ungünstigste Einzelüberschreitung vorh a / zul a in Gleichung (23) einzusetzen.

ANMERKUNG 1 Vor der Entscheidung für Richtarbeiten sollte stets bedacht werden, dass dabei zusätzliche Eigenspannungen entstehen können. Es sollte auch der Ausnutzungsgrad in Betracht gezogen werden. In Zweifelsfällen ist es empfehlenswert, den Aufsteller der statischen Berechnung hinzuzuziehen.

ANMERKUNG 2 Gleichung (23) stellt eine auf der sicheren Seite liegende Abschätzung des von den zu großen geometrischen Imperfektionen zusätzlich verursachten Abfalls der realen Beulspannungen dar.

(306) Unterschreitung der Nenndicke

Bei Wanddicken $t < 5 \text{ mm}$ ist der Beulsicherheitsnachweis statt mit t mit der effektiven Wanddicke t_{eff} nach Gleichung (24) zu führen.

$$t_{\text{eff}} = t - 0,5 \Delta t \quad (24)$$

Dabei ist

- Δt zulässige Unterschreitung der Nenndicke nach jeweiliger Liefernorm.

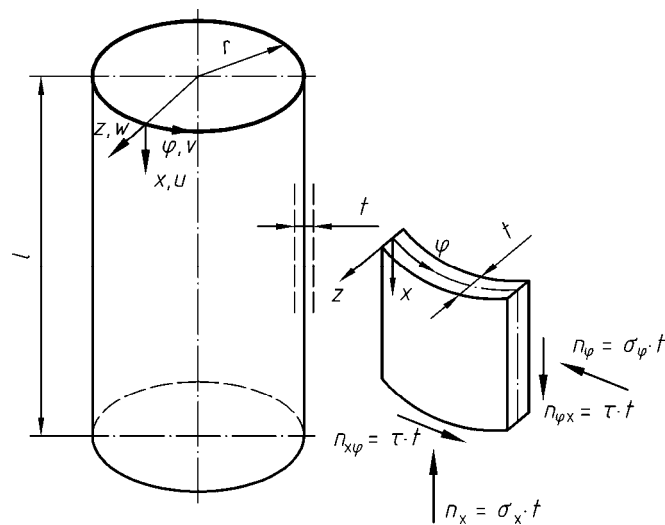
Bei Blechen mit bestellter Mindestwanddicke und entsprechenden Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 oder 3.2 nach DIN EN 10204 darf der Beulsicherheitsnachweis mit der bescheinigten Mindestwanddicke geführt werden.

4 Kreiszylinderschalen mit konstanter Wanddicke

4.1 Formelzeichen, Randbedingungen

(401) Geometrische Größen

- l Zylinderlänge
- r Radius der Zylindermittelfläche

DIN 18800-4:2008-11**Bild 7 — Geometrie und Membranschnittkräfte des Kreiszylinders**

ANMERKUNG Zusätzlich zur Konstanz der Wanddicke wird in diesem Abschnitt vorausgesetzt, dass an keiner Stelle (beispielsweise an Stößen) ein planmäßiger Versatz vorhanden ist. Angaben zur näherungsweisen Behandlung „überlappter“ Kreiszylinderschalen sind in 5.4, Element 514 gemacht.

(402) Beanspruchungsgrößen, Beulspannungen**a) Druckbeanspruchung in Axialrichtung**

σ_x Axialdruckspannung

σ_{xSi} ideale Axialbeulspannung

$\sigma_{xS,R,k}$ reale Axialbeulspannung

b) Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

σ_φ Umfangsdruckspannung

$\sigma_{\varphi Si}$ ideale Umfangsbeulspannung

$\sigma_{\varphi S,R,k}$ reale Umfangsbeulspannung

c) Schubbeanspruchung

τ Schubspannung

τ_{Si} ideale Schubbeulspannung

$\tau_{S,R,k}$ reale Schubbeulspannung

ANMERKUNG Beispiele für die verschiedenen Beanspruchungen sind in den Bildern 8 bis 10 angegeben.

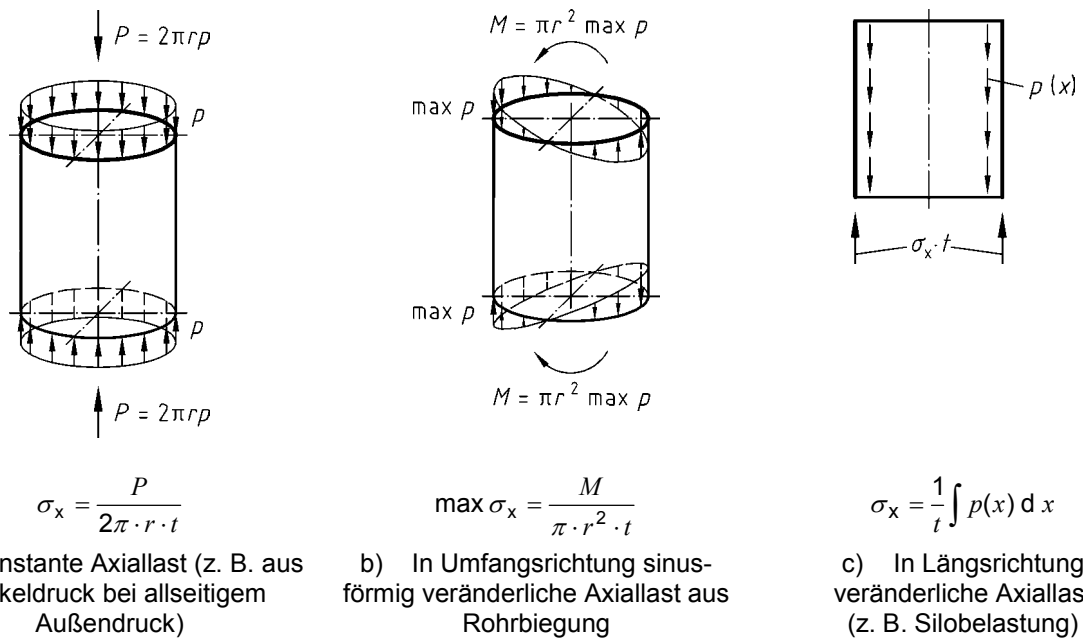
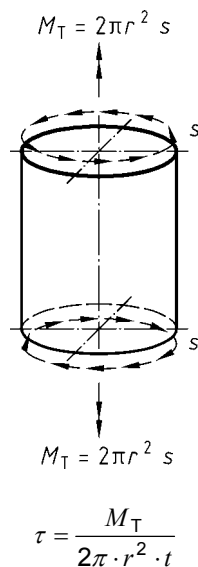


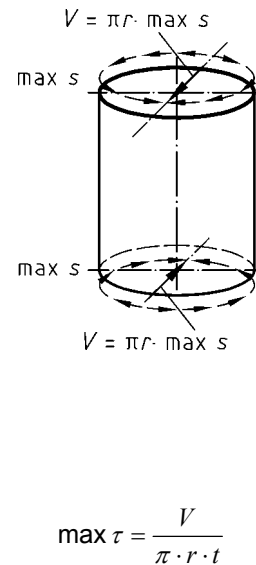
Bild 8 — Beispiele für Druckbeanspruchung in Axialrichtung



Bild 9 — Beispiele für Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

DIN 18800-4:2008-11

a) Konstante Schubbeanspruchung aus Torsion



b) In Umfangsrichtung sinusförmig veränderliche Schubbeanspruchung aus Querkraft. (Die aus Gleichgewichtsgründen am Rand in Axialrichtung angreifende Membrannormalspannung aus Rohrbiegung ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht eingezeichnet.)

Bild 10 — Beispiele für Schubbeanspruchung**(403) Randbedingungen**

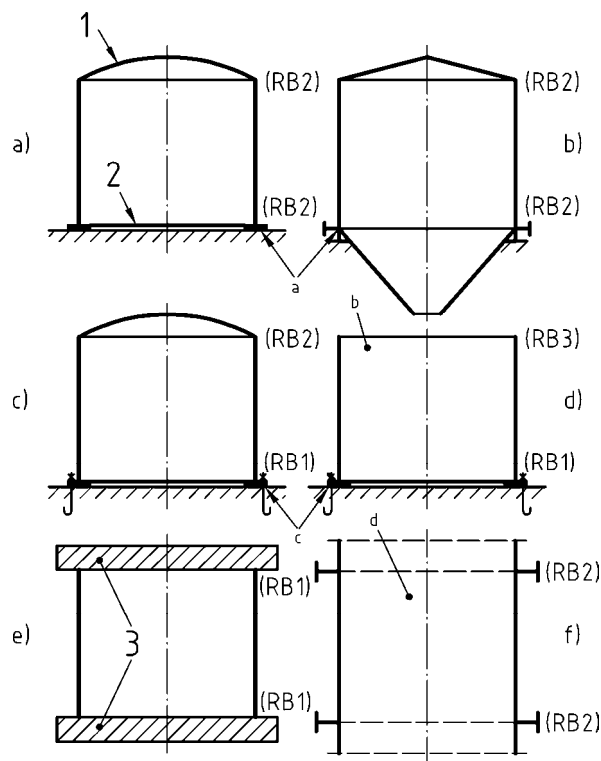
Es werden die folgenden Randbedingungen (RB) unterschieden:

- RB 1: radial unverschieblicher, axial unverschieblicher (wölbbehinderter), bei kurzen Kreiszylinderschalen zusätzlich eingespannter Rand
- RB 2: radial unverschieblicher, axial verschieblicher (wölbfreier), gelenkiger Rand
- RB 3: freier Rand

ANMERKUNG 1 Die Begriffe „verschieblich“ und „unverschieblich“ beziehen sich auf relative Verschiebungen des Schalenrandes bezüglich des Randkreises (radial) bzw. der Randkreisebene (axial), nicht auf Starrkörperverschiebungen des gesamten Randkreises.

ANMERKUNG 2 Radiale Unverschieblichkeit kann beispielsweise für Behälter bei Aussteifung durch Bodenbleche oder Dachschalen bzw. Dachgespärre angenommen werden (siehe Bild 11 a bis d). Beim Teilfeldnachweis ringverstärkter Schalen ist sie an den Ringsteifen, welche Knotenlinien der Beulfigur bilden (siehe Bild 11 f), ebenfalls gegeben. Die Stabilität der Ringsteifen ist gesondert nachzuweisen; Hinweise dazu werden z. B. in [1] gegeben.

ANMERKUNG 3 Axiale Unverschieblichkeit liegt bei Verankerung der Ränder oder deren Einbindung in steife Endplatten vor.



Legende

- | | | | |
|---|--|---|-----------------------------|
| 1 | Kuppel oder Gespärre | a | Rand nicht verankert |
| 2 | Bodenblech | b | offen |
| 3 | Endplatten mit sehr hoher Biegesteifigkeit | c | Rand verankert |
| | | d | für Nachweis der Teilschale |

Bild 11 — Konstruktive Erläuterungen und Beispiele zu den Randbedingungen

4.2 Ideale Beulspannung

4.2.1 Druckbeanspruchung in Axialrichtung

(404) Voraussetzung

Die folgenden Gleichungen für die ideale Beulspannung gelten nur für radial unverschiebliche Ränder (RB 1 oder RB 2).

(405) Kein Nachweis erforderlich

Für Kreiszylinder nach Gleichung (25) braucht kein Beulsicherheitsnachweis geführt zu werden.

$$\frac{r}{t} \leq \frac{E}{25f_{y,k}} \quad (25)$$

ANMERKUNG Der nach DIN 18800-2 zu führende Nachweis der Biegeknicksicherheit bleibt hiervon unberührt.

DIN 18800-4:2008-11**(406) Kreiszylinder allgemein**

Für Kreiszylinder mit Druckbeanspruchung in Axialrichtung ist die ideale Beulspannung σ_{xSi} mit Gleichung (26) zu bestimmen.

$$\sigma_{xSi} = 0,605 C_x \cdot E \frac{t}{r} \quad (26)$$

Der Beiwert C_x ist in Abhängigkeit von der Schalenlänge nach den Elementen 407 oder 408 zu bestimmen.

ANMERKUNG Gleichung (26) ergibt sich auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie für die Kreiszylinderschale unter konstanter Axiallast (siehe Bild 8a).

(407) Mittellange und kurze Kreiszylinder

Für mittellange und kurze Kreiszylinder nach Bedingung (27) gilt C_x nach Gleichung (28).

$$\frac{l}{r} \leq 0,5 \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (27)$$

$$C_x = 1 + 1,5 \left(\frac{r}{l} \right)^2 \frac{t}{r} \quad (28)$$

C_x darf auch gleich 1 gesetzt werden.

ANMERKUNG Der Beiwert C_x nach Gleichung (28) erfasst den asymptotischen Übergang der idealen Axialbeulspannung der kurzen Kreiszylinderschale unter konstanter Axiallast mit RB 2 nach 4.1, Element 403, in die ideale Beulspannung der gelenkig gelagerten, breiten Rechteckplatte (knickstabähnliches Plattenbeulen, siehe Bild 12).

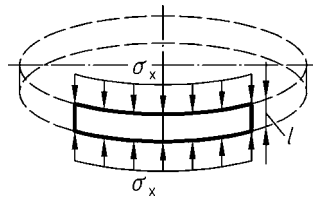


Bild 12 — Plattenbeulen als Grenzfall der kurzen Kreiszylinderschale mit Druckbeanspruchung in Axialrichtung

(408) Lange Kreiszylinder

Für lange Kreiszylinder nach Bedingung (29) ist der Beiwert C_x in Abhängigkeit von den Randbedingungen mit η nach Tabelle 1 mit Gleichung (30a) zu bestimmen.

$$llr > 0,5 (rt)^{0,5} \quad (29)$$

$$C_{x,N} = 1 - [0,4(llr)(tr)^{0,5} - 0,2]/\eta \quad (30)$$

jedoch $C_{x,N} \geq 0,6$.

$$C_x = C_{x,N} (\sigma_{x,N}/\sigma_x) + (\sigma_{x,M}/\sigma_x) \quad (30a)$$

$$\text{wenn } rt \leq 150 \quad \text{und} \quad (llr) \leq 6 (rt)^{0,5} \quad (30b)$$

erfüllt ist. Andernfalls gilt

$$C_x = C_{x,N} \quad (30c)$$

Dabei ist

σ_x	der Bemessungswert der Meridianspannung nach Element 515
$\sigma_{x,N}$	der Anteil von σ_x , der sich aus der Normalkraft N des Kreiszyinders ergibt
$\sigma_{x,M}$	der maximale Beitrag des Biegemomentes M des Kreiszyinders zu σ_x

Tabelle 1 — Beiwerte η zur Ermittlung der idealen Axialbeulspannungen bei langen Kreiszyindern

Fall	Kombination der Randbedingungen nach Abschnitt 4.1, Element 403	Beiwert η
1	RB 1 RB 1	6
2	RB 2 RB 1	3
3	RB 2 RB 2	1

ANMERKUNG Der Beiwert $C_{x,N}$ nach Gleichung (30) erfasst näherungsweise den Abfall der auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie ermittelten idealen Beulspannung im Übergangsbereich vom mittellangen Kreiszyinder zum Knickstab.

(409) Knicken von langen Kreiszyindern

Für lange Kreiszyinder nach Bedingung (29) ist außer dem Beulsicherheitsnachweis nach dieser Norm der Nachweis der Biegeknicksicherheit nach DIN 18800-2 zu führen. Eine Interaktion mit dem Schalenbeulen braucht dabei nicht berücksichtigt zu werden.

ANMERKUNG Implizit wird eine gewisse Interaktion dadurch berücksichtigt, dass die in den Beulsicherheitsnachweis nach Gleichung (14) einzuführende größte Membranspannung σ_x bei langen Kreiszyindern (rohrförmigen Stäben), die die Abgrenzungskriterien in DIN 18800-1:2008-11, 7.5.1, Element 739, nicht einhalten, sowieso aus Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung zu ermitteln ist.

(410) Sehr lange Kreiszyinder

Außer bei Einhaltung von Bedingung (25) braucht auch für sehr lange Kreiszyinder (rohrförmige Stäbe) nach Bedingung (31) unter planmäßig mittigem Druck kein Beulsicherheitsnachweis geführt zu werden.

$$\frac{s_K}{r} \geq 10 \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (31)$$

mit s_K Knicklänge nach DIN 18800-2.

ANMERKUNG 1 Der nach DIN 18800-2 zu führende Nachweis der Biegeknicksicherheit bleibt hiervon unberührt.

ANMERKUNG 2 Gleichung (31) ergibt sich näherungsweise aus dem Gleichsetzen der Beanspruchbarkeiten des planmäßig mittig gedrückten rohrförmigen Stabes nach DIN 18800-2 (Knickspannungslinie a) und der langen Kreiszyinderschale unter Axialdruckbeanspruchung (Abminderungsfaktor κ_2 nach Gleichung (8) mit $C_x = 0,6$ nach Gleichung (30)).

DIN 18800-4:2008-11**4.2.2 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung****(411) Kein Nachweis erforderlich**

Für Kreiszylinder nach Bedingung (32) braucht kein Beulsicherheitsnachweis geführt zu werden.

$$\frac{r}{t} \leq \sqrt{\frac{E}{23 f_{y,k}}} \quad (32)$$

(412) Mittellange und kurze Kreiszylinder

Für mittellange und kurze Kreiszylinder nach Bedingung (33) ist die ideale Beulspannung $\sigma_{\varphi Si}$ mit Gleichung (34) zu bestimmen, wobei der Beiwert C_{φ} Abhängigkeit von den Randbedingungen Tabelle 2 zu entnehmen ist.

$$\frac{l}{r} \leq 1,63 C_{\varphi} \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (33)$$

$$\sigma_{\varphi Si} = 0,92 C_{\varphi} \cdot E \frac{r}{l} \left(\frac{t}{r} \right)^{1,5} \quad (34)$$

In Gleichung (34) darf anstelle des Beiwertes C_{φ} auch der Beiwert C_{φ}^* nach Tabelle 2 eingesetzt werden.

Tabelle 2 — Beiwerte C_{φ} und C_{φ}^*

Fall	Kombination der Randbedingungen nach Abschnitt 4.1, Element 403	Beiwert C_{φ}	Beiwert C_{φ}^*
1	RB 1 RB 1	1,5	$1,5 + \frac{10,0}{\bar{l}^2} - \frac{5,0}{\bar{l}^3}$
2	RB 2 RB 1	1,25	$1,25 + \frac{8,0}{\bar{l}^2} - \frac{4,0}{\bar{l}^3}$
3	RB 2 RB 2	1,0	$1,0 + \frac{3,0}{\bar{l}^{1,35}}$
4	RB 3 RB 1	0,6	$0,6 + \frac{1,0}{\bar{l}^2} - \frac{0,3}{\bar{l}^3}$
5	RB 3 RB 2	In diesen Fällen darf $\sigma_{\varphi Si}$ unabhängig von der Zylinderlänge mit Gleichung (36) und $C_{\varphi} = 0$ bestimmt werden.	
6	RB 3 RB 3		
$\bar{l} = \frac{l}{r} \sqrt{\frac{r}{t}}$			

ANMERKUNG 1 Gleichung (34) ergibt sich auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie für eine Kreiszylinderschale unter konstantem Manteldruck.

ANMERKUNG 2 Der Beiwert C_φ^* nach Tabelle 2 erfasst den asymptotischen Übergang der idealen Umfangsbeulspannung der kurzen Kreiszylinderschale unter konstantem Manteldruck in die ideale Beulspannung der langen Rechteckplatte (siehe Bild 13).

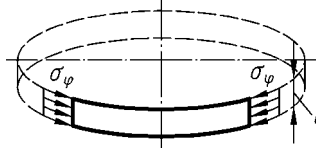


Bild 13 — Plattenbeulen als Grenzfall der kurzen Kreiszylinderschale mit Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

(413) Lange Kreiszylinder

Für lange Kreiszylinder nach Bedingung (35) ist die ideale Beulspannung $\sigma_{\varphi Si}$ mit Gleichung (36) zu bestimmen, wobei C_φ aus Tabelle 2 zu entnehmen ist.

$$\frac{l}{r} > 1,63 C_\varphi \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (35)$$

$$\sigma_{\varphi Si} = E \left(\frac{t}{r} \right)^2 \left[0,275 + 2,03 \left(\frac{C_\varphi}{\frac{l}{r} \sqrt{\frac{r}{t}}} \right)^4 \right] \quad (36)$$

ANMERKUNG Gleichung (36) erfasst auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie den Übergang zum unter Radialbelastung ausknickenden Kreising als dem Grenzfall der langen Kreiszylinderschale unter konstantem Manteldruck.

4.2.3 Schubbeanspruchung

(414) Voraussetzung

Die folgenden Gleichungen für die ideale Beulspannung gelten nur für radial unverschiebbliche Ränder (RB 1 oder RB 2).

(415) Kein Nachweis erforderlich

Für Kreiszylinder nach Bedingung (37) braucht kein Beulsicherheitsnachweis geführt zu werden.

$$\frac{r}{t} \leq \left(\frac{E}{15 f_{y,k}} \right)^{0,67} \quad (37)$$

(416) Mittellange und kurze Kreiszylinder

Für mittellange und kurze Kreiszylinder nach Bedingung (38) ist die ideale Beulspannung τ_{Si} nach Gleichung (39) mit $C_\tau = 1$ zu bestimmen.

$$\frac{l}{r} \leq 8,7 \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (38)$$

DIN 18800-4:2008-11

$$\tau_{Si} = 0,75 C_\tau \cdot E \left(\frac{t}{r} \right)^{1,25} \times \left(\frac{r}{l} \right)^{0,5} \quad (39)$$

In Gleichung (39) darf auch C_τ nach Gleichung (40) eingesetzt werden.

$$C_\tau = \left[1 + 42 \left(\frac{r}{l} \right)^3 \cdot \left(\frac{t}{r} \right)^{1,5} \right]^{0,5} \quad (40)$$

ANMERKUNG 1 Gleichung (39) ergibt sich auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie für die Kreiszylinderschale unter konstanter Torsionsbeanspruchung (siehe Bild 10 a).

ANMERKUNG 2 Der Beiwert C_τ nach Gleichung (40) erfasst den asymptotischen Übergang der idealen Schubbeulspannung der kurzen Kreiszylinderschale unter konstanter Torsionsbeanspruchung mit RB 2 nach Abschnitt 4.1, Element 403, in die ideale Beulspannung der schubbeanspruchten, gelenkig gelagerten, breiten Rechteckplatte (siehe Bild 14).

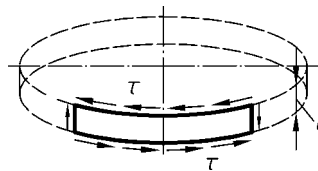


Bild 14 — Plattenbeulen als Grenzfall der kurzen Kreiszylinderschale mit Schubbeanspruchung

(417) Lange Kreiszylinder

Für lange Kreiszylinder nach Bedingung (41) ist die ideale Beulspannung τ_{Si} nach Gleichung (42) zu bestimmen.

$$\frac{l}{r} > 8,7 \sqrt{\frac{r}{t}} \quad (41)$$

$$\tau_{Si} = 0,25 E \left(\frac{t}{r} \right)^{1,5} \quad (42)$$

4.3 Reale Beulspannung

(418) entfällt

(419) Druckbeanspruchung in Axialrichtung

Die reale Beulspannung $\sigma_{xS,R,k}$ für Druckbeanspruchung in Axialrichtung beträgt

$$\sigma_{xS,R,k} = \kappa_2 \cdot f_{y,k} \quad (43)$$

mit κ_2 nach Gleichung (8), ermittelt mit $\bar{\lambda}_{Sx}$ nach Gleichung (1).

(420) Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

Die reale Beulspannung $\sigma_{\varphi S,R,k}$ für Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung beträgt

$$\sigma_{\varphi S,R,k} = \kappa_1 \cdot f_{y,k} \quad (44)$$

mit κ_1 nach Gleichung (7), ermittelt mit $\bar{\lambda}_{S\varphi}$ nach Gleichung (2).

(421) Schubbeanspruchung

Die reale Beulspannung $\tau_{S,R,k}$ für Schubbeanspruchung beträgt

$$\tau_{S,R,k} = \kappa_1 \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3}} \quad (45)$$

mit κ_1 nach Gleichung (7), ermittelt mit $\bar{\lambda}_{S\tau}$ nach Gleichung (3).

(422) Kurze Kreiszylinder

Der Beulsicherheitsnachweis darf auch dann im Sinne von 1.5, Element 115 wie für eine ebene Platte nach DIN 18800-3 geführt werden, wenn sich für kurze Kreiszylinder damit günstigere Ergebnisse ergeben als nach dieser Norm.

4.4 Spannungen infolge Einwirkungen**(423) Maßgebende Membranspannungen**

Der Beulsicherheitsnachweis nach Abschnitt 2, Element 207, ist stets mit den Größtwerten der Membranspannungen σ_x , σ_φ und τ zu führen.

ANMERKUNG Die Membranspannungen sind nach DIN 18800-1 stets mit den Bemessungswerten der Einwirkungen zu ermitteln.

(424) Ersatz-Windbelastung für die Ermittlung der Umfangsdruckspannung

Die äußere Windbelastung von Kreiszylinderschalen mit den Randbedingungen nach Tabelle 2 beim Beulsicherheitsnachweis darf für die Ermittlung von σ_φ durch einen konstanten rotationssymmetrischen Manteldruck nach Gleichung (46) ersetzt werden.

$$q = \delta \cdot \max q_w \quad (46)$$

Dabei ist

$\max q_w$ größter Druckwert im Staupunkt

$$\delta = 0,46 \left(1 + 0,1 \sqrt{C_\varphi \frac{r}{l} \sqrt{\frac{r}{t}}} \right) \leq 1 \quad (47)$$

mit C_φ nach Tabelle 2 je nach Randbedingung.

DIN 18800-4:2008-11

Bei offenen oder belüfteten Kreiszyindern ist zusätzlich zur Ersatz-Windbelastung nach Gleichung (46) ein konstanter rotationssymmetrischer Manteldruck von $0,6 \max q_w$ zur Berücksichtigung des Windsogs im Zylinderinnern anzunehmen.

ANMERKUNG Der Beiwert δ in Gleichung (46) berücksichtigt, dass die ideale Umfangsbeulspannung nach Gleichung (34) für konstanten Manteldruck ermittelt wurde und die veränderliche Umfangsdruckverteilung unter äußerer Windbelastung nach Bild 15 ein günstigeres Beulverhalten bewirkt.

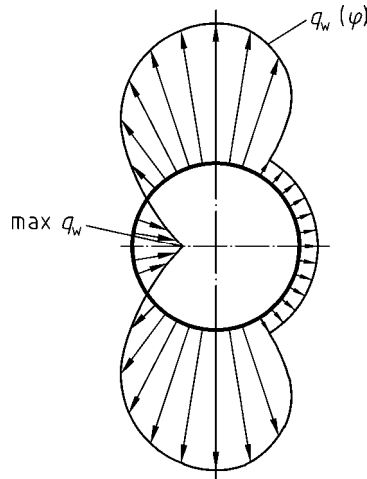


Bild 15 — Beispiel für äußere Windbelastung

(425) Manteldruck bei sehr kurzen Kreiszyindern

Bei sehr kurzen Kreiszyinderschalen nach Gleichung (48) bzw. sehr kurzen Teilfeldern von ringversteiften Kreiszyindern darf σ_φ nach Gleichung (49) ermittelt werden.

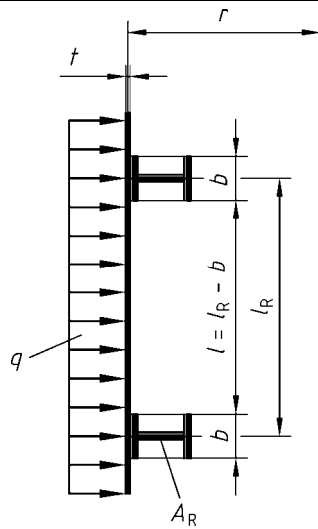
$$\frac{l}{r} \leq \frac{3,12}{\sqrt{\frac{r}{t}}} \quad (48)$$

$$\sigma_\varphi = \psi \frac{q \cdot r}{t} \quad (49)$$

Der Beiwert ψ ist Tabelle 3 zu entnehmen.

ANMERKUNG Der Beiwert ψ in Gleichung (49) berücksichtigt, dass bei sehr kurzen Kreiszyinderschalen ein Teil des Manteldrucks unmittelbar von den Rändern bzw. von den Ringsteifen aufgenommen wird.

Tabelle 3 — Beiwerte ψ

	l/r	ψ
	$\leq \frac{1,56}{\sqrt{r/t}}$	$1 - \frac{0,85}{1 + t \cdot l_R / A_R}$
	$\geq \frac{1,56}{\sqrt{r/t}}$	$1 - \frac{0,85 [2 - l / (1,56 \sqrt{r \cdot t})]}{1 + (b + 1,56 \sqrt{r \cdot t}) t / A_R}$
	$\geq \frac{3,12}{\sqrt{r/t}}$	1

A_R Querschnittsfläche der Steife (ohne mitwirkende Schalenfläche)
Bei radial unverschieblichen Rändern gilt $A_R = \infty$.

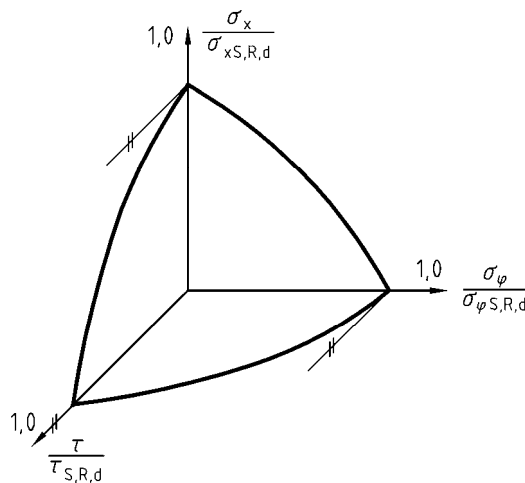
4.5 Kombinierte Beanspruchung

4.5.1 Druck in Axialrichtung, Druck in Umfangsrichtung und Schub

(426) Interaktionsbedingung

Bei gleichzeitiger Wirkung von Axialdruckspannungen σ_x , Umfangsdruckspannungen σ_φ und Schubspannungen τ ist außer den Einzelnachweisen nach Abschnitt 2, Element 207, und 4.4, Element 423, ein Nachweis nach folgender Interaktionsbedingung zu führen:

$$\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{xS,R,d}} \right)^{1,25} + \left(\frac{\sigma_\varphi}{\sigma_{\varphi S,R,d}} \right)^{1,25} + \left(\frac{\tau}{\tau_{S,R,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (50)$$

DIN 18800-4:2008-11**Bild 16 — Interaktionsbedingung (50)**

ANMERKUNG Beim Nachweis nach Bedingung (50) ist ein aus allseitigem Außendruck bei geschlossenen Zylindern entstehender Deckeldruck als Axialdruck anzusetzen.

(427) Zu kombinierende Membranspannungen

In die Interaktionsbedingung (50) sind die Größtwerte der Membranspannungen σ_x , σ_φ und τ einzusetzen, auch wenn diese nicht an derselben Stelle auftreten.

Treten Größtwerte innerhalb der randnahen Bereiche der Länge l_R nach Gleichung (51) auf, so dürfen an ihrer Stelle in die Interaktionsbedingung (50) als maßgebende Membranspannungen die in der verbleibenden freien Länge $(l - 2 l_R)$ auftretenden Größtwerte eingesetzt werden

$$l_R = 0,10 l \quad (51a)$$

jedoch

$$l_R \leq 0,16 C_\varphi r \sqrt{r/t} \quad (51b)$$

mit C_φ nach Tabelle 2.

Bei langen Kreiszyklindern nach Bedingung (35) dürfen darüber hinaus in der Interaktionsbedingung (50) solche Größtwerte kombiniert werden, die innerhalb der freien Länge $(l - 2 l_R)$ in einem Zylinderabschnitt der Länge l' nach Gleichung (52) auftreten.

$$l' = 1,30 C_\varphi r \sqrt{r/t} \quad (52)$$

ANMERKUNG Die Interaktionsbedingung (50) sichert gegen das beulfördernde Zusammenwirken von Spannungsfeldern, nicht von Einzelspannungen ab. Das wird auf der sicheren Seite durch Kombinieren der Membranspannungsgrößtwerte erfasst. Liegen die absolut größten Membranspannungswerte aber bei starker Veränderlichkeit in unmittelbarer Nähe der Ränder bzw. bei langen Kreiszyklindern darüber hinaus weit voneinander entfernt, so wäre eine Kombination dieser Größtwerte beulmechanisch nicht begründet und zu konservativ.

Die Regelung für die Einzelnachweise nach 4.4, Element 423, bleibt hiervon unberührt.

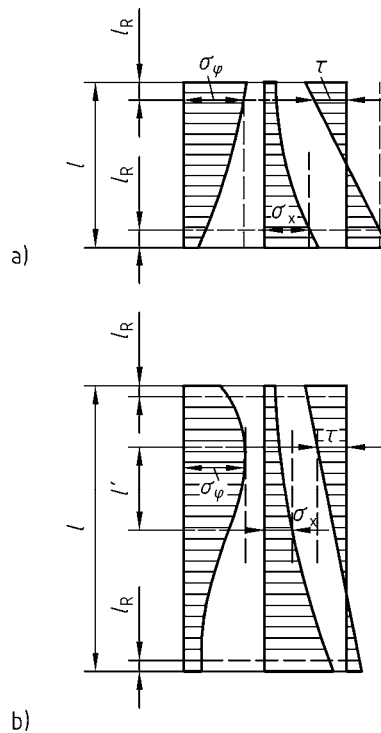


Bild 17 — Beispiele für zu kombinierende Membranspannungen bei mittellangen und kurzen Kreiszyllindern (a) und langen Kreiszyllindern (b)

4.5.2 Druck in Axialrichtung und Zug in Umfangsrichtung aus innerem Manteldruck

(428) Voraussetzung

Die beullasterhöhende Wirkung nach Element 429 darf nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn der innere Manteldruck und damit die Umfangszugspannungen zweifelsfrei gleichzeitig mit der Druckbeanspruchung in Axialrichtung vorhanden sind.

ANMERKUNG Besondere Vorsicht ist z. B. geboten bei Lasten aus Schüttgütern, die zur Brückenbildung neigen.

(429) Beullasterhöhende Wirkung des inneren Manteldruckes

Wenn die Bedingung

$$(q_i / f_{y,k}) (r/t) \leq 0,5 (1 - 0,75 \kappa_{2q}^2)^{0,5} - 0,25 \kappa_{2q}$$

erfüllt ist, darf für mittellange und kurze Kreiszyllinder nach Bedingung (27), deren bezogener Schlankheitsgrad nach Gleichung (1) größer als 0,7 ist, die beullasterhöhende Wirkung der Umfangszugspannungen infolge eines inneren Manteldruckes q_i dadurch berücksichtigt werden, dass die reale Beulspannung $\sigma_{xS,R,k}$ gemäß Gleichung (43) statt mit κ_2 mit κ_{2q} nach Gleichung (53) berechnet wird.

$$\bar{\lambda}_{Sx} \leq 0,7 : \quad \kappa_{2q} = \kappa_2 \quad (53a)$$

$$0,7 < \bar{\lambda}_{Sx} < 1,0 : \quad \kappa_{2q} = \kappa_2 \left\langle 1 + 1,2 \bar{\lambda}_{Sx} \left[\frac{q_i}{E} \left(\frac{r}{t} \right)^2 \right]^{0,38} \frac{\bar{\lambda}_{Sx} - 0,7}{0,3} \right\rangle \quad (53b)$$

DIN 18800-4:2008-11

$$1,0 \leq \bar{\lambda}_{Sx} : \quad \kappa_{2q} = \kappa_2 \left\langle 1 + 1,2 \bar{\lambda}_{Sx} \left[\frac{q_i}{E} \left(\frac{r}{t} \right)^2 \right]^{0,38} \right\rangle \quad (53c)$$

Bei kurzen Kreiszylindern darf κ_{2q} nicht angesetzt werden, wenn die ideale Axialbeulspannung mit C_x nach Gleichung (28) ermittelt wurde oder wenn der Beulsicherheitsnachweis wie für eine ebene Platte gemäß 4.3, Element 422, geführt wird.

Für lange Kreiszylinder nach Bedingung (29) darf keine beullasterhöhende Wirkung des inneren Manteldrucks in Rechnung gestellt werden.

ANMERKUNG 1 Innerer Manteldruck q_i entsteht z. B. aus hydrostatischem Druck bei Flüssigkeitsfüllung oder aus Innendruck in einem geschlossenen Behälter oder aus Silogut. q_i wirkt entgegengesetzt der sonst in dieser Norm als positiv definierten Manteldruckrichtung.

ANMERKUNG 2 Gleichung (53c) erfasst für rautenförmig elastisch beulende Kreiszylinder den beulglättenden Einfluss der Umfangszugspannungen, durch den die Imperfektionsempfindlichkeit gemildert wird. Dieser beullasterhöhende Effekt ist bei ringwulstartig elastisch-plastisch beulenden Kreiszylindern nicht gegeben.

ANMERKUNG 3 Auf den bei Schalen neben dem Beulsicherheitsnachweis nach dieser Norm stets parallel zu führenden Vergleichsspannungsnachweis nach DIN 18800-1 wird hingewiesen (vergleiche 1.5, Element 113).

ANMERKUNG 4 Wenn die Bedingung $(q_i / f_{y,k}) (r/t) \leq 0,5 \cdot (1 - 0,75 \cdot \kappa_{2q}^2)^{0,5} - 0,25 \cdot \kappa_{2q}$ nicht erfüllt ist, darf der Nachweis nach dem Beuth-Kommentar [2] erfolgen.

(430) Anzusetzende Axialdruckspannung

Die bei geschlossenen Kreiszylindern unter Innendruck infolge des Deckeldruckes entstehende Axialzugspannung darf bei der Ermittlung der maßgebenden Membranspannung σ_x für den Beulsicherheitsnachweis berücksichtigt werden.

(431) Knicken von langen Kreiszylindern unter innerem Manteldruck

Bei durch Innendruck beanspruchten Rohren, bei denen wegen fehlender Deckel keine vom Innendruck q_i herrührende Axialzugkraft entsteht, ist ein Stabilitätsnachweis als Stab nach 4.2.1, Element 409, mit einer fiktiven Axialdruckkraft $q_i \cdot r^2 \cdot \pi$ zu führen. Diese fiktive Axialdruckkraft ist gegebenenfalls planmäßig vorhandenen Axialkräften zu überlagern.

ANMERKUNG Ein innendruckbeanspruchtes Rohr ohne Deckel stellt einen Stabilitätsfall dar. Sein kritischer Innendruck ist identisch mit demjenigen gedachten äußeren Deckeldruck, der das Rohr als Knickstab instabil werden ließe. Dieser Fall liegt z. B. bei Druckrohrleitungen in aufgelöster Bauweise mit Dehnstücken (Kompensatoren, Stopfbuchsen) vor. Erst die bei vorhandenen Deckeln auftretende Axialzugkraft kompensiert die Stabilitätsgefährdung.

5 Kreiszylinderschalen mit abgestufter Wanddicke

5.1 Formelzeichen, Randbedingungen

(501) Geometrische Größen

Es gelten sinngemäß die Bezeichnungen nach 4.1, Element 401, sowie folgende zusätzliche Bezeichnungen (siehe Bild 19a):

l_j Länge eines Zylinderschusses mit konstanter Wanddicke;

t_j konstante Wanddicke eines Zylinderschusses.

Dabei wird vorausgesetzt, dass die Wanddicke von einem Zylinderende zum anderen schussweise zunimmt.

Bei planmäßigem Versatz nach 5.2, Element 504, darf einheitlich mit einem mittleren Zylinderradius r gerechnet werden.

(502) Beanspruchungsgrößen, Beulspannungen

Es gelten sinngemäß die Bezeichnungen nach 4.1, Element 402, für

- a) Druckbeanspruchung in Axialrichtung,
- b) Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung.

ANMERKUNG Schubbeanspruchung von Kreiszyinderschalen mit abgestufter Wanddicke ist in dieser Norm nicht geregelt.

(503) Randbedingungen

Die folgenden Regeln gelten nur für radial unverschiebliche Ränder (RB 1 und RB 2 nach 4.1, Element 403). Es wird nicht zwischen RB 1 und RB 2 unterschieden.

ANMERKUNG Kreiszyinderschalen mit abgestufter Wanddicke und mit freiem Rand sind in dieser Norm nicht geregelt. Im Übrigen gelten die Anmerkungen für Kreiszyinderschalen mit konstanter Wanddicke (zu 4.1, Element 403) hier sinngemäß.

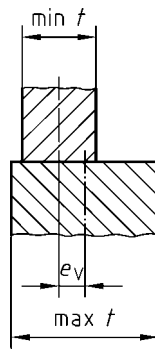
5.2 Planmäßiger Versatz

(504) Die folgenden Regeln gelten nur, wenn der planmäßig vorgesehene Versatz e_V zwischen Blechen benachbarter Zylinderschüsse (siehe Bild 18) die in Tabelle 4 angegebenen Werte zu e_V nicht überschreitet.

Tabelle 4 — Zulässige planmäßige Versatzmaße

		zul e_V
Druck in Umfangsrichtung		1,1 min t
Druck in Axialrichtung	ohne Innendruck bzw. mit Innendruck, wenn dessen beullasterhöhende Wirkung nicht angesetzt wird	0,5 (max t – min t) oder 0,5 min t^a
	mit Innendruck, wenn dessen beullasterhöhende Wirkung nach Gleichung (53) angesetzt wird	0,5 (max t – min t) oder 0,2 min t^a
^a Der kleinere Wert ist maßgebend.		

ANMERKUNG Für Druck in Axialrichtung sind Abweichungen vom planmäßigen Versatzmaß unplanmäßige Exzentrizitäten (Herstellungsungenauigkeiten), für die der Toleranzwert nach Abschnitt 3, Element 304, einzuhalten ist. Abschnitt 3, Element 305, gilt sinngemäß. Überlappte Kreiszyinderschalen unter Druckbeanspruchung in Axialrichtung siehe 5.4, Element 514.

DIN 18800-4:2008-11**Bild 18 — Planmäßiger Versatz zwischen Blechen benachbarter Zylinderschüsse****5.3 Ideale Beulspannung****5.3.1 Druckbeanspruchung in Axialrichtung****(505) Ersatz-Kreiszyylinder mit konstanter Wanddicke**

Die idealen Axialbeulspannungen sind für jeden Zylinderschuss an einem gedachten Ersatz-Kreiszyylinder mit der Gesamtlänge l und der konstanten Wanddicke $t = t_j$ nach 4.2.1 zu ermitteln.

(506) Kurze Kreiszyylinder

Beim Nachweis als Platte im Sinne von 4.3, Element 422, ist die abgestufte Wanddicke zu berücksichtigen.

(507) Lange Kreiszyylinder

In Gleichung (30) ist stets der Beiwert $\eta = 1$ einzusetzen.

(508) Knicken von langen Kreiszyindern

Beim Nachweis als Stab nach 4.2.1, Element 409, ist die abgestufte Wanddicke zu berücksichtigen.

5.3.2 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung**(509) Dreischüssiger Ersatz-Kreiszyylinder**

Es ist ein gedachter dreischüssiger Ersatz-Kreiszyylinder zu bilden (Bild 19 b). Seine fiktive obere Schusslänge l_0 erstreckt sich bis zum oberen Rand jenes Schusses, dessen Wanddicke die 1,5fache kleinste Wanddicke t_1 überschreitet, maximal bis $l/2$. Die beiden anderen fiktiven Schusslängen ergeben sich aus Gleichung (54).

$$l_m = l_0, \quad l_u = l - 2l_0 \quad \text{wenn} \quad l_0 \leq \frac{l}{3} \quad (54a)$$

$$l_m = l_u = 0,5 (l - l_0) \quad \text{wenn} \quad \frac{l}{3} < l_0 \leq \frac{l}{2} \quad (54b)$$

Die fiktiven Wanddicken t_0 , t_m , t_u werden durch Mittelung über die fiktiven Schusslängen bestimmt.

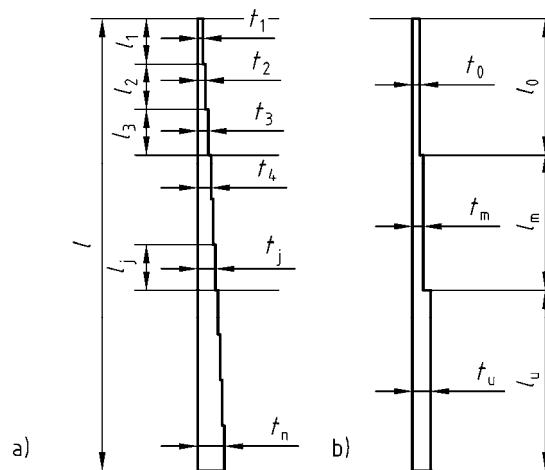


Bild 19 — Kreiszyinder mit abgestufter Wanddicke a) und dreischüssiger Ersatz Kreiszyinder b)

ANMERKUNG Beispielsweise ergibt sich für den Kreiszyinder nach Bild 19 a mit $t_4 > 1,5 t_1 > t_3$:

$$l_0 = l_1 + l_2 + l_3$$

$$t_0 = (t_1 \cdot l_1 + t_2 \cdot l_2 + t_3 \cdot l_3) / l_0$$

(510) Mittellange und kurze Kreiszyinder

Für mittellange und kurze Kreiszyinder mit abgestufter Wanddicke nach Bedingung (55) ist die ideale Umfangsbeulspannung für jeden Schuss mit Gleichung (56) zu bestimmen

$$\frac{l_0 / \beta}{r} \leq 1,63 \sqrt{\frac{r}{t_0}} \quad (55)$$

$$\sigma_{\varphi Si} = \frac{t_0}{t_j} 0,92 E \frac{r}{l_0 / \beta} \left(\frac{t_0}{r} \right)^{1,5} \quad (56)$$

Der Beiwert β ist mit Bild 20 aus den fiktiven Abmessungen des dreischüssigen Ersatz-Kreiszyinders zu bestimmen.

ANMERKUNG Gleichung (56) beschreibt den Umfangsdruckspannungszustand im Kreiszyinder mit abgestufter Wanddicke unter seinem idealen konstanten Mantelbeuldruck q_{Ki} . Letzterer wurde auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie für den dreischüssigen Ersatz-Kreiszyinder ermittelt und kann gedeutet werden als idealer Mantelbeuldruck eines gedachten Kreiszyinders konstanter Wanddicke mit der rechnerischen Länge $l^* = l_0 / \beta$, der rechnerischen Wanddicke $t^* = t_0$ und gelenkiger Randlagerung.

DIN 18800-4:2008-11

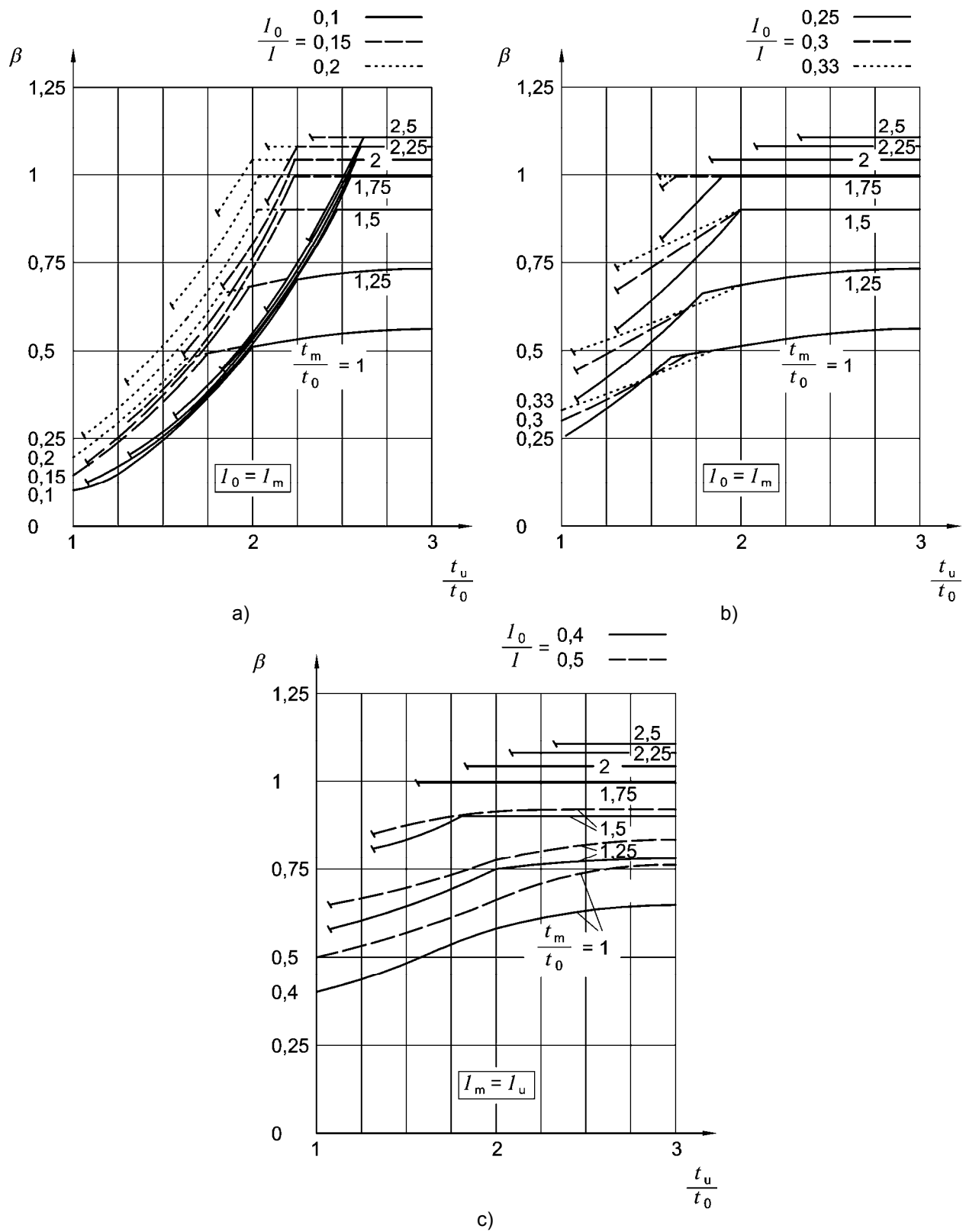


Bild 20 — Beiwert β zur Ermittlung der idealen Umfangsbeulspannung eines abgestuften Kreiszylinders

(511) Lange Kreiszylinder

Für lange Kreiszylinder mit abgestufter Wanddicke nach Bedingung (57) ist die ideale Umfangsbeulspannung für jeden Schuss mit Gleichung (58) zu bestimmen.

$$\frac{l_0 / \beta}{r} > 1,63 \sqrt{\frac{r}{t_0}} \quad (57)$$

$$\sigma_{\varphi Si} = \frac{t_0}{t_j} E \left(\frac{t_0}{r} \right)^2 \left[0,275 + 2,03 \left(\frac{1}{\frac{l_0}{\beta \cdot r} \sqrt{\frac{t_0}{r}}} \right)^4 \right] \quad (58)$$

(512) Lange Einzelschüsse

Für lange Einzelschüsse nach Bedingung (59) ist zusätzlich $\sigma_{\varphi Si}$ nach Gleichung (60) zu bestimmen.

$$\frac{l_j}{r} > 1,63 \sqrt{\frac{r}{t_j}} \quad (59)$$

$$\sigma_{\varphi Si} = E \left(\frac{t_j}{r} \right)^2 \left[0,275 + 2,03 \left(\frac{1}{\frac{l_j}{r} \sqrt{\frac{t_j}{r}}} \right)^4 \right] \quad (60)$$

5.4 Reale Beulspannung**(513) Regelfälle**

Die realen Beulspannungen sind entsprechend 4.3 zu bestimmen.

(514) Überlappte Kreiszylinderschalen unter Druckbeanspruchung in Axialrichtung

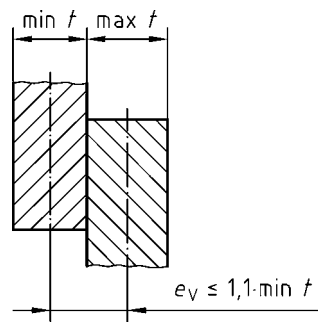
Für Kreiszylinderschalen, die aus geringfügig konischen Einzelschüssen unter Einhaltung der Bedingung (61) überlappt zusammengeschweißt oder -geschraubt werden, darf der Beulsicherheitsnachweis für Druckbeanspruchung in Axialrichtung mit $\text{red } \kappa_2$ nach Gleichung (62) geführt werden.

$$\min t / \max t \geq 0,833 \quad (61)$$

$$\text{red } \kappa_2 = \kappa_2 (1 - \bar{\lambda}_{Sx} / 3) \min t / \max t \quad \text{für } \bar{\lambda}_{Sx} < 1,5 \quad (62a)$$

$$\text{red } \kappa_2 = \kappa_2 \cdot 0,5 \cdot \min t / \max t \quad \text{für } \bar{\lambda}_{Sx} \geq 1,5 \quad (62b)$$

Sind infolge eines inneren Manteldruckes q_i Umfangszugspannungen vorhanden, so darf unter Einhaltung der Regelungen in 4.5.2 in Gleichung (62) κ_{2q} statt κ_2 eingesetzt werden.

DIN 18800-4:2008-11**Bild 21 — Überlappte Kreiszylinderschalen**

ANMERKUNG Eine Überlappung stellt zwar auch bei Einhaltung von Bedingung (61) einen großen planmäßigen Versatz mit $e_v = 1,0 \min t$ bis $1,1 \min t$ dar und überschreitet damit die Summe aus zulässigem planmäßigem Versatzmaß z_{e_v} für Druck in Axialrichtung nach Tabelle 4 und doppeltem Exzentrizitäts-Toleranzwert nach Abschnitt 3, Element 304. Jedoch wird die beulfördernde Störung des Spannungszustandes durch die beulversteifende Wirkung der Überlappung soweit kompensiert, dass das Beulverhalten nicht schlechter ist, als das eines Kreiszylinders mit konstanter Wanddicke bei doppelter Überschreitung des Exzentrizitäts-Toleranzwertes im Sinne von Abschnitt 3, Element 305.

5.5 Spannungen infolge Einwirkungen**(515) Maßgebende Membranspannung in Axialrichtung**

Für Druckbeanspruchung in Axialrichtung ist der Beulsicherheitsnachweis nach Abschnitt 2, Element 207, für jeden Schuss mit seinem Größtwert der Membranspannung σ_x zu führen.

(516) Maßgebende Membranspannung in Umfangsrichtung

Für Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung ist der Beulsicherheitsnachweis nach Abschnitt 2, Element 207, für jeden Schuss mit seiner Membranspannung σ_φ^* , nach Gleichung (63) zu führen.

$$\sigma_\varphi^* = \frac{1}{t} \cdot \max [t_j \cdot \sigma_{\varphi j}] \quad (63)$$

Dabei ist

$\max [t_j \cdot \sigma_{\varphi j}]$ Größtes im gesamten Zylinder vorhandene Produkt aus Umfangsdruckspannung und Wanddicke;

t Wanddicke im betrachteten Schuss.

ANMERKUNG Gleichung (63) bedeutet bei in Axialrichtung veränderlicher Umfangsdruckkraft $n_{\varphi j} = t_j \cdot \sigma_{\varphi j}$, dass der Nachweis für einen gedachten einhüllenden konstanten Manteldruck $q^* = \max n_{\varphi j} / r$ (siehe Bild 22) geführt wird. Dieses Vorgehen liegt umso mehr auf der sicheren Seite, je veränderlicher die Umfangsdruckkraft ist, insbesondere, wenn ihr Größtwert im dickeren Bereich des Zylinders auftritt. Es sei in diesem Zusammenhang auf Abschnitt 2, Element 201, 2. Absatz, hingewiesen.

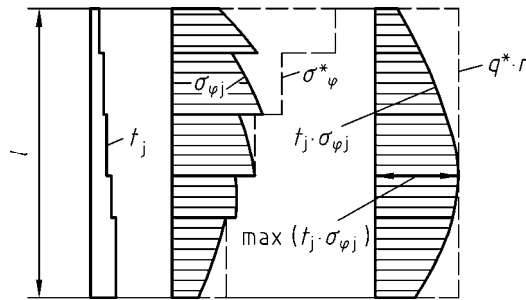


Bild 22 — Einhüllender konstanter Manteldruck bei Kreiszyklindern mit abgestufter Wanddicke unter Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

(517) Ersatzwindbelastung für die Ermittlung der Umfangsdruckspannung

4.4, Element 424, gilt sinngemäß, wenn in Gleichung (46) anstelle von δ nach Gleichung (47) δ^* nach Gleichung (64) eingesetzt wird.

$$\delta^* = 0,46 (1 + 0,037 m_B) \quad (64)$$

Hierin ist m_B nach Gleichung (65) zu bestimmen:

$$\text{Für } \frac{t_u}{t_0} \leq 0,4 \left(\frac{t_m}{t_0} + \frac{0,2}{l_0/l} + 2 \right): \quad m_B = 2,74 \sqrt{\frac{r}{l} \sqrt{\frac{r}{t_m^*}}} \quad (65a)$$

$$\text{mit } t_m^* = (t_0 \cdot l_0 + t_m \cdot l_m + t_u \cdot l_u) / l$$

$$\text{Für } \frac{t_u}{t_0} > 0,4 \left(\frac{t_m}{t_0} + \frac{0,2}{l_0/l} + 2 \right): \quad m_B = 2,74 \cdot \beta \left(0,92 + \frac{0,38}{(t_m/l_0)^6} \right) \sqrt{\frac{r}{l_0} \sqrt{\frac{r}{t_0}}} \quad (65b)$$

mit β nach Bild 20.

ANMERKUNG Der Wert m_B gibt näherungsweise die Umfangsbeulwellenzahl der Kreiszyklinder mit abgestufter Wanddicke unter konstantem Manteldruck an.

(518) Manteldruck bei sehr kurzen Kreiszyklindern

4.4, Element 425, gilt hier nicht.

5.6 Kombinierte Beanspruchung

5.6.1 Druck in Axialrichtung und Druck in Umfangsrichtung

(519) Interaktionsbedingung

Bei gleichzeitiger Wirkung von Axialdruckspannungen σ_x und Umfangsdruckspannungen σ_ϕ ist außer den Einzelnachweisen nach Abschnitt 2, Element 207, bzw. 5.5, Elemente 515 und 516, für jeden Schuss ein Nachweis nach der Interaktionsbedingung (50) zu führen.

DIN 18800-4:2008-11**(520) Zu kombinierende Membranspannungen**

In die Interaktionsbedingung (50) sind für jeden Schuss sein Größtwert der Membranspannung σ_x und sein Wert der Membranspannung σ_φ^* einzusetzen.

Treten Größtwerte σ_x oder das für die Ermittlung von σ_φ^* nach Gleichung (63) maßgebende größte Produkt $\max [t_j \cdot \sigma_{\varphi j}]$ innerhalb eines der beiden randnahen Bereiche der Längen l_{R1} nach Gleichung (66) und l_{Rn} nach Gleichung (67) auf, so dürfen an ihrer Stelle in die Interaktionsbedingung (50) als maßgebende Membranspannungen die in der verbleibenden freien Länge $(l - l_{R1} - l_{Rn})$ sinngemäß ermittelten Spannungswerte σ_x und σ_φ^* eingesetzt werden.

Randnaher Bereich am Rand mit der kleinsten Wanddicke:

$$l_{R1} = 0,10 \, l_0 / \beta \quad (66a)$$

jedoch

$$l_{R1} \leq 0,16 \, r \sqrt{\frac{r}{t_0}} \quad (66b)$$

Randnaher Bereich am Rand mit der größten Wanddicke:

$$l_{Rn} = 0,10 \, l \quad (67a)$$

jedoch

$$l_{Rn} \leq 0,16 \, r \sqrt{\frac{r}{t_n}} \quad (67b)$$

ANMERKUNG Es gelten sinngemäß die Anmerkungen zu 4.5.1, Element 427. Eine zusätzliche Erleichterung für die zu kombinierenden Membranspannungen bei langen Kreiszylindern mit abgestufter Wanddicke ähnlich Gleichung (52) lässt sich wegen der Vielfalt der möglichen Schuss-Kombinationen hier nicht angeben.

5.6.2 Druck in Axialrichtung und Zug in Umfangsrichtung aus innerem Manteldruck

(521) 4.5.2 gilt sinngemäß.

6 Kegelschalen mit konstanter Wanddicke**6.1 Formelzeichen, Randbedingungen****(601) Geometrische Größen**

h	Kegelhöhe;
l	Kegelmantellänge;
$r = r(x), r_1, r_2$	Breitenkreisradien der Kegelmittelfläche;
ρ	halber Öffnungswinkel.

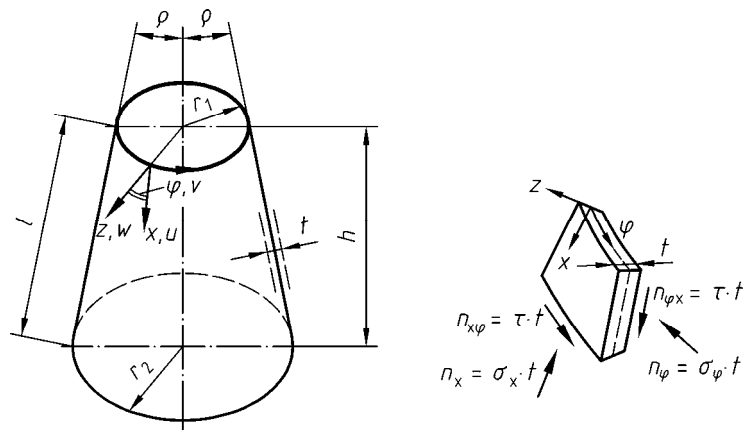


Bild 23 — Geometrie und Schnittkräfte der Kegelschale

ANMERKUNG Kegelschalen mit abgestufter Wanddicke sind in dieser Norm nicht geregelt.

(602) Beanspruchungsgrößen, Beulspannungen

a) Druckbeanspruchung in Meridianrichtung

σ_x Meriandruckspannung

σ_{xSi} ideale Meridianbeulspannung

$\sigma_{xS,R,k}$ reale Meridianbeulspannung

b) Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

σ_φ Umfangsdruckspannung

$\sigma_{\varphi Si}$ ideale Umfangsbeulspannung

$\sigma_{\varphi S,R,k}$ reale Umfangsbeulspannung

c) Schubbeanspruchung

τ Schubspannung

τ_{Si} ideale Schubbeulspannung

$\tau_{S,R,k}$ reale Schubbeulspannung

ANMERKUNG Beispiele für die verschiedenen Beanspruchungen sind in den Bildern 24 und 25 angegeben.

DIN 18800-4:2008-11

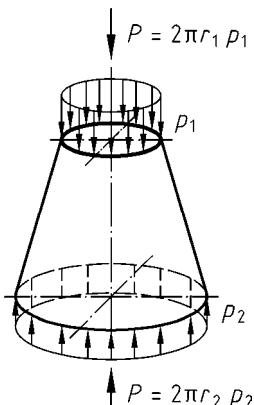
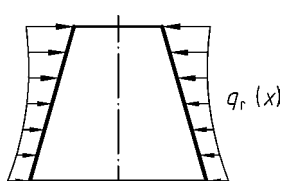
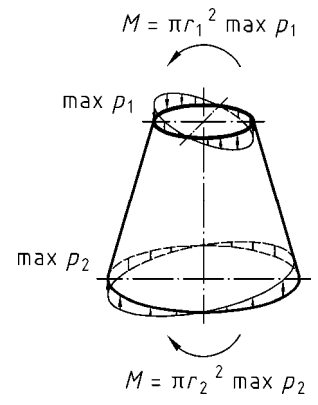
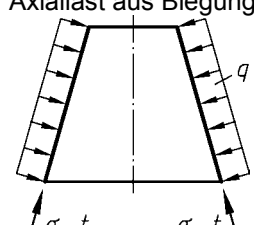
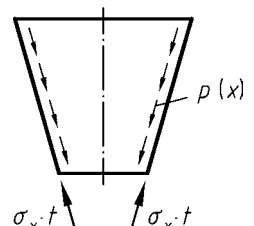
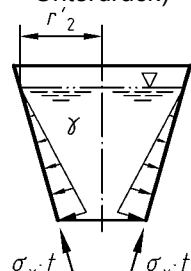
- 
- $$\sigma_x = \frac{P}{2\pi \cdot r \cdot t \cdot \cos \rho}$$
- $$\sigma_\varphi = 0$$
- a) Konstante Axiallast
- 
- $$\sigma_x = 0$$
- $$\sigma_\varphi = q_r(x) \cdot \frac{r}{t}$$
- c) In Meridianrichtung veränderliche rotationssymmetrische Radiallast
- 
- $$\max \sigma_x = \frac{M}{\pi \cdot r^2 \cdot t \cdot \cos \rho}$$
- $$\sigma_\varphi = 0$$
- b) In Umfangsrichtung sinusförmig veränderliche Axiallast aus Biegung
- 
- $$\sigma_x = \frac{q \cdot r}{2 \cdot t \cdot \cos \rho} \left[1 - \left(\frac{r_1}{r} \right)^2 \right]$$
- $$\sigma_\varphi = \frac{q \cdot r}{t \cdot \cos \rho}$$
- d) Konstanter rotationssymmetrischer Manteldruck (z. B. aus allseitigem Außendruck oder innerem Unterdruck)
- 
- $$\sigma_x = \frac{1}{\left(x + \frac{r_1}{\sin \rho} \right) t} \int p(x) \left(x + \frac{r_1}{\sin \rho} \right) dx$$
- $$\sigma_\varphi = 0$$
- e) In Meridianrichtung veränderliche Wandreibungslast (z. B. aus Silobelastung)
- 
- $$\sigma_x = \frac{\gamma \cdot r}{t \cdot \sin \rho} \left\{ \frac{r'_2}{2} \left[\frac{1}{3} \left(\frac{r'_2}{r} \right)^2 - 1 \right] + \frac{r}{3} \right\}$$
- $$\sigma_\varphi = -\frac{\gamma \cdot r}{t \cdot \sin \rho} (r'_2 - r)$$
- (Zug)
- f) Flüssigkeitsfüllung mit γ = Wichte der Flüssigkeit

Bild 24 — Beispiele für Druckbeanspruchung in Meridian- und Umfangsrichtung

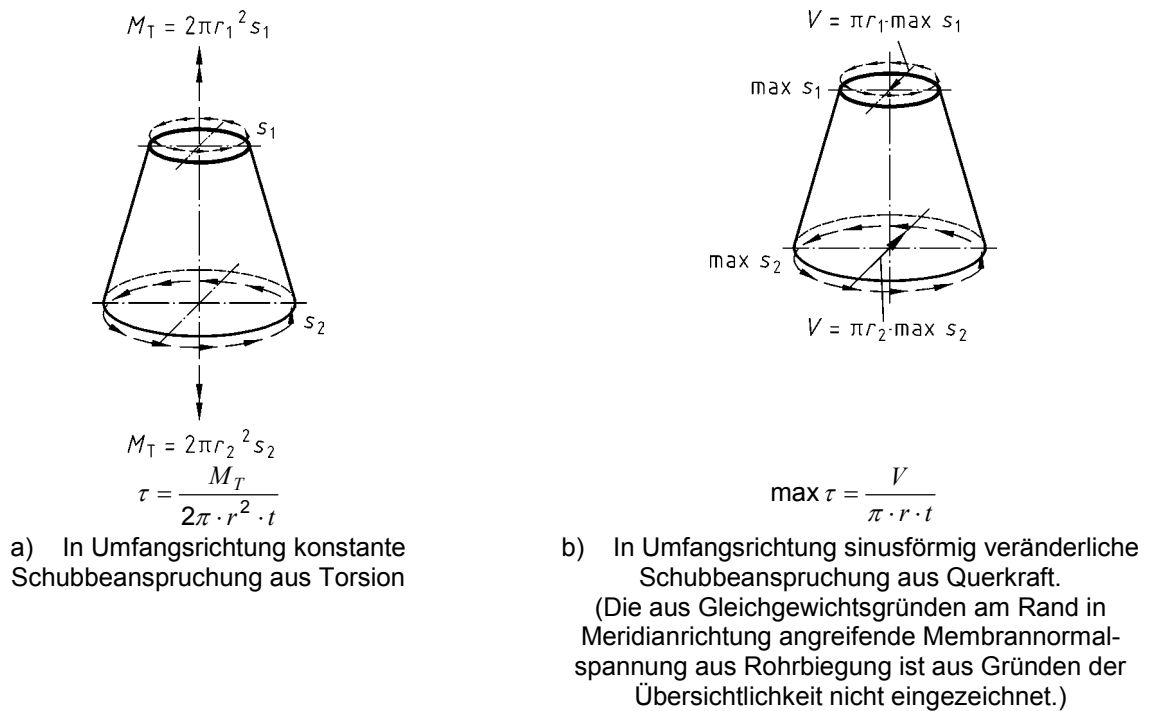


Bild 25 — Beispiele für Schubbeanspruchung

(603) Randbedingungen

Für Kegel werden nur die folgenden Randbedingungen (RB) unterschieden:

RB 1: radial unverschieblicher, axial unverschieblicher (wölbbehinderter), bei kurzen Schalen zusätzlich eingespannter Rand

RB 2: radial unverschieblicher, axial verschieblicher (wölbfreier), gelenkiger Rand

ANMERKUNG 1 Kegelschalen mit freiem Rand sind in dieser Norm nicht geregelt. Im Übrigen gelten die Anmerkungen für Kreiszylinderschalen (zu 4.1, Element 403) hier sinngemäß.

ANMERKUNG 2 Kegelschalen, die am kleineren Rand aufgelagert sind (siehe z. B. Bild 24 e) und f)), sind hinsichtlich ihrer Druckbeanspruchung in Meridianrichtung empfindlich gegen Lastexzentrizitäten.

6.2 Ideale Beulspannung**6.2.1 Ersatz-Kreiszylinder**

(604) Die idealen Beulspannungen für Kegelschalen mit $\rho \leq 60^\circ$ sind wie für gedachte Ersatz-Kreiszylinder mit der rechnerischen Länge l^* und dem rechnerischen Radius r^* ihrer Mittelfläche zu bestimmen. Die Längen l^* und Radien r^* sind von der Beanspruchungsart abhängig.

ANMERKUNG Für Kegel mit $\rho > 60^\circ$ wird der Gültigkeitsbereich der nachfolgenden Näherungsformeln für die idealen Beulspannungen verlassen. Mit der Einführung rechnerischer Längen l^* und rechnerischer Radien r^* für Kegelschalen wird erreicht, dass der Beulsicherheitsnachweis für Kegelschalen formal wie für Kreiszylinderschalen geführt werden kann. Das bedeutet, dass in den Regelungen des Abschnittes 4 jeweils l^* an die Stelle von l und r^* an die Stelle von r tritt. Die in den Elementen 605, 608 und 610 angegebenen Gleichungen für l^* und r^* wurden aus der linearen Beultheorie der Kegelschale hergeleitet.

DIN 18800-4:2008-11**6.2.2 Druckbeanspruchung in Meridianrichtung****(605) Rechnerische Maße l^* und r^***

Bei Druckbeanspruchung in Meridianrichtung beträgt die rechnerische Länge

$$l^* = l \quad (68)$$

und der rechnerische Radius

$$r^* = \frac{r}{\cos \rho} \quad (69)$$

ANMERKUNG r^* nach Gleichung (69) wird in die Gleichungen (25) bis (30) an Stelle von r eingesetzt.

(606) Knicken von langen Kegeln

Für lange Kegel braucht außer dem Beulsicherheitsnachweis nur dann ein Nachweis als Stab nach DIN 18800-2 im Sinne von 4.2.1, Element 409, geführt zu werden, wenn Bedingung (70) erfüllt ist.

$$\frac{l^*}{r_1 + r_2} 2 \cos \rho > 0,5 \sqrt{\frac{r_1 + r_2}{2 l \times \cos \rho}} \quad (70)$$

(607) Sehr lange Kegel

4.2.1, Element 410, darf für sehr lange Kegel nicht angewendet werden.

6.2.3 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung**(608) Rechnerische Maße l^* und r^***

Bei Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung beträgt die rechnerische Länge

$$l^* = l \quad (71a)$$

jedoch

$$l^* \leq \frac{r_2}{\sin \rho} \left(0,53 + 0,125 \frac{\rho}{180} \cdot \pi \right) \quad (71b)$$

Der rechnerische Radius beträgt

$$r^* = \frac{r_2 - 0,55 l^* \sin \rho}{\cos \rho} \quad (72)$$

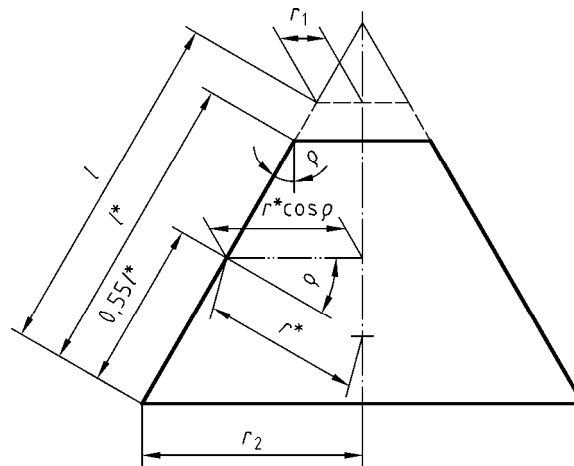


Bild 26 — Zur Bestimmung von r^* bei Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

ANMERKUNG l^* nach Gleichung (71) und r^* nach Gleichung (72) werden in die Gleichungen (32) bis (36) und in Tabelle 2 an Stelle von l und r eingesetzt.

(609) Kombination der Randbedingungen

Beim Nachweis nach 4.2.2 dürfen nur die Fälle 1 (RB 1 — RB 1) und 3 (RB 2 — RB 2) der Tabelle 2 angewendet werden.

6.2.4 Schubbeanspruchung

(610) Bei Schubbeanspruchung von Kegelschalen nach Bedingung (75) beträgt die rechnerische Länge

$$l^* = l \quad (73)$$

und der rechnerische Radius

$$r^* = 0,5 (r_1 + r_2) \frac{1}{\cos \rho} \left[1 - \left(\frac{1}{r_2} \sin \rho \right)^{2,5} \right]^{0,4} \quad (74)$$

$$\frac{l \cdot \sin \rho}{r_2} \leq 0,8 \quad (75)$$

ANMERKUNG 1 l^* nach Gleichung (73) und r^* nach Gleichung (74) werden in die Gleichungen (37) bis (42) an Stelle von l und r eingesetzt.

ANMERKUNG 2 Für Kegelschalen, die Bedingung (75) nicht erfüllen (z. B. Kegelschalen mit geschlossener Spitze), gilt Gleichung (74) nicht.

6.3 Reale Beulspannung

(611) Die realen Beulspannungen sind nach 4.3 zu bestimmen.

DIN 18800-4:2008-11**6.4 Spannungen infolge Einwirkungen****(612) Maßgebende Membranspannung in Meridianrichtung**

Für Druckbeanspruchung in Meridianrichtung ist der Beulsicherheitsnachweis nach Abschnitt 2, Element 207 an den maßgebenden Stellen mit dem jeweiligen Größtwert der Membranspannung σ_x zu führen.

Dabei darf ein gegebenenfalls aus konstantem Manteldruck resultierender Anteil der Meridiandruckspannung unberücksichtigt bleiben.

ANMERKUNG 1 Die maßgebenden Membranspannungen sind nach DIN 18800-1 und 1.5, Element 113, stets mit den Bemessungswerten der Einwirkungen zu ermitteln.

ANMERKUNG 2 Bei in Meridianrichtung einsinnig stetig veränderlichen Meridiandruckspannungen (siehe z. B. Bild 24 a) reicht es in der Regel aus, den Nachweis mit r_1 und r_2 an den beiden Rändern zu führen.

ANMERKUNG 3 Die aus konstantem Manteldruck bei Auflagerung am größeren Rand resultierende Meridiandruckspannung (siehe Bild 24 d)) ist bereits in der Herleitung der Gleichung (72) für den rechnerischen Zylinderradius enthalten. Dagegen muss die bei einem geschlossenen Kegel unter allseitigem Außendruck infolge des Deckeldruckes $qr_1^2\pi$ entstehende Meridiandruckspannung angesetzt werden.

(613) Maßgebende Membranspannung in Umfangsrichtung

Für Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung ist der Nachweis mit der Membranspannung σ_φ^* nach Gleichung (76) zu führen.

$$\sigma_\varphi^* = r^* \cos \rho \cdot \max \left[\frac{\sigma_\varphi(x)}{r(x)} \right] \quad (76)$$

Dabei ist

$$\max \left[\frac{\sigma_\varphi(x)}{r(x)} \right] \quad \text{Größter im gesamten Kegel vorhandener Quotient aus Umfangsdruckspannung und Breitenkreisradius;}$$

r^* rechnerischer Radius nach Gleichung (72).

ANMERKUNG σ_φ^* nach Gleichung (76) stellt die Umfangsdruckspannung an der Stelle des rechnerischen Zylinderradius r^* nach Gleichung (72) dar, welche sich aus einem gedachten, die tatsächliche Umfangsdruckbeanspruchung einhüllenden, konstanten Manteldruck ergibt (Bild 27). Dieses Vorgehen liegt umso mehr auf der sicheren Seite, je stärker die Veränderlichkeit der Umfangsdruckspannung in Meridianrichtung von derjenigen unter konstantem Manteldruck abweicht.

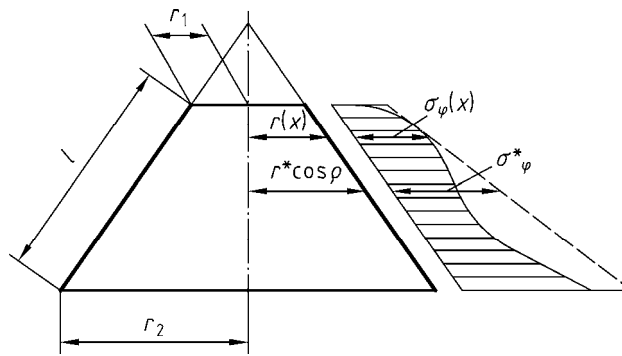


Bild 27 — Einhüllender konstanter Manteldruck bei Kegeln unter Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung

(614) Maßgebende Membranschubspannung

Für Schubbeanspruchung ist der Nachweis mit der Membranspannung τ^* nach Gleichung (77) zu führen.

$$\tau^* = \frac{1}{(r^* \cdot \cos \rho)^2} \max [\tau(x) \cdot r(x)^2] \quad (77)$$

Dabei ist

$\max [\tau(x) \cdot r(x)^2]$ Größtes im gesamten Kegel vorhandenes Produkt aus Schubspannung und Quadrat des Breitenkreisradius;

r^* rechnerischer Radius nach Gleichung (74).

ANMERKUNG τ^* nach Gleichung (77) stellt die Schubspannung an der Stelle des rechnerischen Zylinderradius r^* nach Gleichung (74) dar, welche sich aus einem gedachten, die tatsächliche Schubbeanspruchung einhüllenden, konstanten Torsionsmoment ergibt (Bild 28). Dieses Vorgehen liegt umso mehr auf der sicheren Seite, je stärker die Veränderlichkeit der Schubspannung in Meridianrichtung von derjenigen unter konstantem Torsionsmoment abweicht.

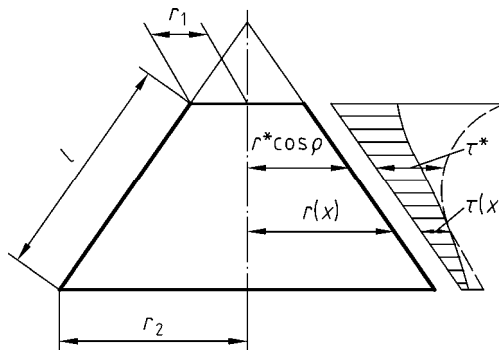


Bild 28 — Einhüllendes konstantes Torsionsmoment bei Kegeln unter Schubbeanspruchung

DIN 18800-4:2008-11**(615) Ersatz-Windbelastung für die Ermittlung der Umfangsdruckspannung**

Für Kegelschalen mit $\rho \leq 10^\circ$ gilt 4.4, Element 424, sinngemäß mit l^* und r^* nach Gleichung (71) und (72) anstelle von l und r .

ANMERKUNG Für Kegelschalen mit $\rho > 10^\circ$ ist die Windbelastung komplexer, so dass für den Beulsicherheitsnachweis keine vereinfachte rotationssymmetrische Ersatz-Windbelastung angegeben werden kann.

6.5 Kombinierte Beanspruchung**6.5.1 Druck in Meridianrichtung, Druck in Umfangsrichtung und Schub****(616) Interaktionsbedingung**

Bei gleichzeitiger Wirkung von Meridiandruckspannungen σ_x , Umfangsdruckspannungen σ_φ und Schubspannungen τ ist außer den Einzelnachweisen nach Abschnitt 2, Element 207, bzw. 6.4, Elemente 612 bis 614, ein Nachweis nach der Interaktionsbedingung (50) zu führen.

(617) Zu kombinierende Membranspannungen

In die Interaktionsbedingung (50) sind der Größtwert des Membranspannungsquotienten $\sigma_x / \sigma_{xS,R,d}$ sowie die Membranspannungen σ_φ^* und τ^* einzusetzen.

Treten Größtwerte $\sigma_x / \sigma_{xS,R,d}$ oder die für die Ermittlung von σ_φ^* und τ^* nach Gleichung (76) und (77) maßgebenden größten Kenngrößen $\max[\sigma_\varphi(x)/r(x)]$ und $\max[\tau(x) \cdot r(x)^2]$ innerhalb eines der beiden randnahen Bereiche der Längen l_{R1} nach Gleichung (78) und l_{R2} nach Gleichung (79) auf, so dürfen an ihrer Stelle in die Interaktionsbedingung (50) als maßgebende Membranspannungen die in der verbleibenden freien Länge $(l - l_{R1} - l_{R2})$ sinngemäß ermittelten Spannungswerte $\sigma_x / \sigma_{xS,R,d}$, σ_φ^* und τ^* eingesetzt werden.

Randnaher Bereich am kleineren Rand:

$$l_{R1} = 0,10 \, l \quad (78a)$$

jedoch

$$l_{R1} \leq 0,16 \, C_\varphi \cdot r^* \sqrt{r^* / t} \quad (78b)$$

Randnaher Bereich am größeren Rand:

$$l_{R2} = 0,10 \, l^* \quad (79a)$$

jedoch

$$l_{R2} \leq 0,16 \, C_\varphi \cdot r^* \sqrt{r^* / t} \quad (79b)$$

mit l^* und r^* nach Gleichung (71) und (72).

ANMERKUNG 1 Es gelten sinngemäß die Anmerkungen zu 4.5.1, Element 427. Eine zusätzliche Erleichterung für die zu kombinierenden Membranspannungen bei langen Kegeln ähnlich Gleichung (52) lässt sich wegen der Vielfalt der möglichen Parameterkombinationen hier nicht angeben.

ANMERKUNG 2 Es wird auf den bei Schalen neben dem Beulsicherheitsnachweis nach dieser Norm stets parallel zu führenden Vergleichsspannungsnachweis hingewiesen (vergleiche 1.5, Element 113). Dieser ist bei Kegelschalen wegen der in Meridianrichtung komplexeren Spannungsverläufe besonders wichtig.

6.5.2 Druck in Meridianrichtung und Zug in Umfangsrichtung aus innerem Manteldruck

(618) 4.5.2 gilt sinngemäß, jedoch nicht für Kegelschalen mit $r_1 / r_2 < 0,2$, die am kleineren Rand aufgelagert sind.

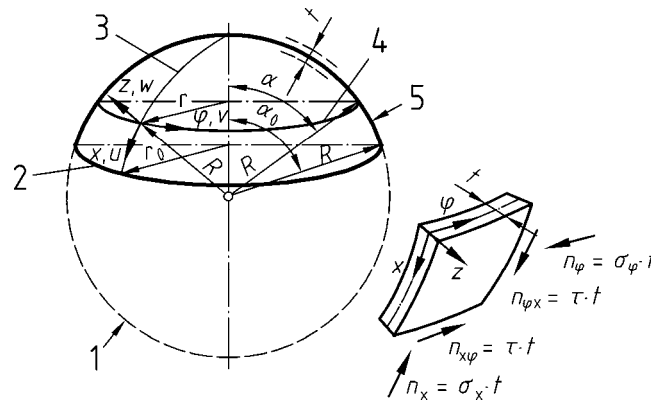
ANMERKUNG Beispiele hierfür sind die Bilder 24 e) und 24 f).

7 Kugelschalen mit konstanter Wanddicke

7.1 Formelzeichen, Randbedingungen

(701) Geometrische Größen

- R Radius der Kugelmittelfläche;
 $r = r(x)$ Breitenkreisradius der Kugelmittelfläche;
 α Winkelkoordinate in der Meridianebene;
 r_0 Grundkreisradius der Kugelkalotte;
 α_0 halber Öffnungswinkel der Kugelkalotte.



Legende

- | | |
|--------------|----------------|
| 1 Vollkugel | 4 Breitenkreis |
| 2 Grundkreis | 5 Kugelkalotte |
| 3 Meridian | |

Bild 29 — Geometrie und Schnittkräfte der Kugelschale

ANMERKUNG Kugelschalen mit abgestufter Wanddicke sind in dieser Norm nicht geregelt.

DIN 18800-4:2008-11**(702) Beanspruchungsgrößen, Beulspannungen****a) Druckbeanspruchung in Meridianrichtung** σ_x Meridiandruckspannung σ_{xSi} ideale Meridianbeulspannung $\sigma_{xS,R,k}$ reale Meridianbeulspannung**b) Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung** σ_φ Umfangsdruckspannung $\sigma_{\varphi Si}$ ideale Umfangsbeulspannung $\sigma_{\varphi S,R,k}$ reale Umfangsbeulspannung

ANMERKUNG Beispiele für die verschiedenen Beanspruchungen enthält Bild 30.

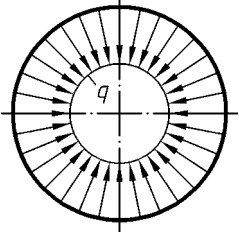
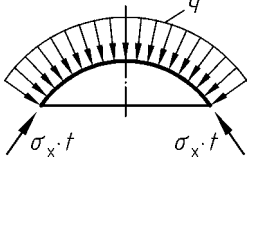
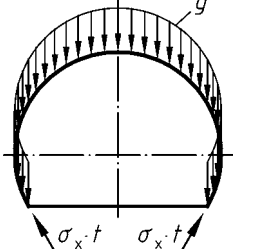
		
$\sigma_x = \sigma_\varphi = q \cdot \frac{R}{2t}$	$\sigma_x = \sigma_\varphi = q \cdot \frac{R}{2t}$	$\sigma_x = \frac{g \cdot R}{t} \cdot \frac{1}{1 + \cos \alpha}$ $\sigma_\varphi = \frac{g \cdot R}{t} \left(\cos \alpha - \frac{1}{1 + \cos \alpha} \right)$
a) Vollkugel unter innerem Unterdruck	b) Kugelkalotte unter konstantem Außendruck	c) Teilkugel unter Eigengewicht

Bild 30 — Beispiele für Druckbeanspruchung in Kugelschalen**(703) Randbedingungen**

Es werden die folgenden Randbedingungen (RB) unterschieden.

RB 1: Vollkugel, nicht oder ringförmig tangential gelagert (Membranlagerung)

RB 2: Kugelkalotte, eingespannt unverschieblicher Rand

RB 3: Kugelkalotte, gelenkig unverschieblicher Rand

RB 4: Kugelkalotte, normal zur Kugelmittelfläche radial verschieblicher Rand (Membranlagerung)

RB 5: Kugelkalotte, in Grundkreisebene radial verschieblicher Rand

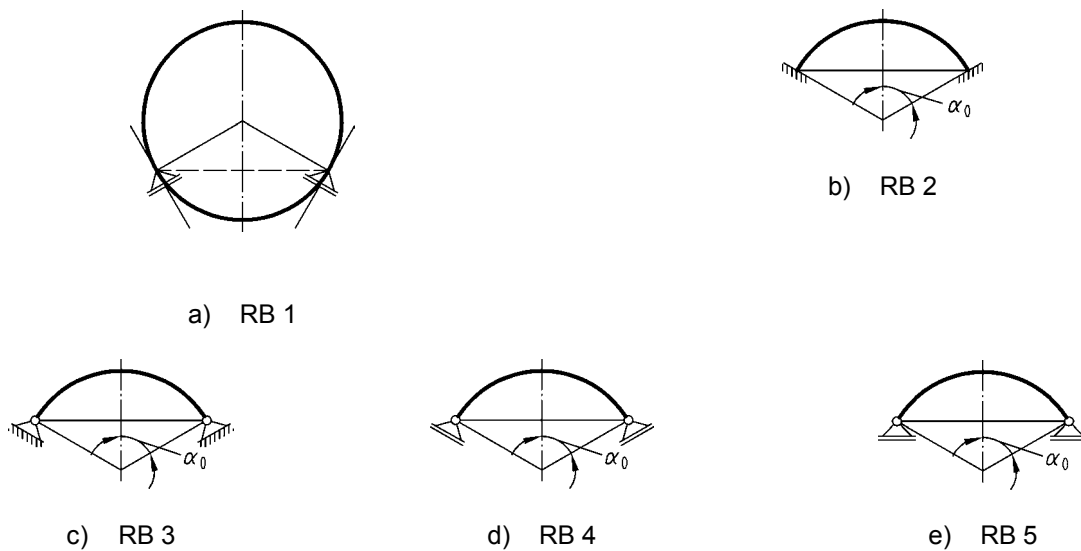


Bild 31 — Erfasste Randbedingungen

7.2 Ideale Beulspannung

(704) Kein Nachweis erforderlich

Für Kugelschalen nach Bedingung (80) und Kugelkalotten nach Bedingung (81) braucht kein Beulsicherheitsnachweis geführt zu werden.

$$\frac{R}{t} \leq \frac{E}{25 f_{y,k}} C_K \quad (80)$$

mit C_K nach Tabelle 5

$$\frac{r_0}{R} \leq \frac{1,1}{\sqrt{R/t}} \quad (81)$$

(705) Ideale Beulspannung

Die ideale Beulspannung ist mit Gleichung (82) bzw. (83) zu bestimmen, wobei der Beiwert C_K in Abhängigkeit von den Randbedingungen Tabelle 5 zu entnehmen ist.

$$\sigma_{xSi} = 0,605 C_K \cdot E \frac{t}{R} \quad (82)$$

$$\sigma_{\varphi Si} = 0,605 C_K \cdot E \frac{t}{R} \quad (83)$$

Tabelle 5 — Beiwerte C_K

RB	1	2	3	4	5
C_K	1,0	0,8	0,7	0,4	0,2
Gültigkeitsbereich	—	$\alpha_0 \leq 135^\circ$			$\alpha_0 \leq 60^\circ$

DIN 18800-4:2008-11

ANMERKUNG Gleichung (82) bzw. (83) entspricht mit $C_K = 1,0$ dem auf der Basis der klassischen linearen Beultheorie ermittelten idealen Beuldruck q_{Si} einer Vollkugel unter konstantem Außendruck („Zoelly-Formel“). Der Beiwert C_K erfasst den durch die Biegestörungen bzw. Verschieblichkeiten an den Rändern von Kugelkalotten verursachten Abfall des idealen Beuldruckes. Dieser ist bei einer in Grundkreisebene verschieblich gelagerten Kugelkalotte besonders stark.

7.3 Reale Beulspannung

(706) Die reale Beulspannung beträgt für Kugelschalen

$$\sigma_{xS,R,k} = \kappa_2 \cdot f_{y,k} \quad (84)$$

$$\sigma_{\varphi S,R,k} = \kappa_2 \cdot f_{y,k} \quad (85)$$

mit κ_2 nach Gleichung (8), ermittelt mit $\bar{\lambda}_{Sx}$ nach Gleichung (1) bzw. $\bar{\lambda}_{S\varphi}$ nach Gleichung (2).

7.4 Spannungen infolge Einwirkungen

(707) Der Beulsicherheitsnachweis nach Abschnitt 2, Element 207, für konstante oder stetig veränderliche Flächenlasten ist mit den Größtwerten der daraus berechneten Membranspannungen σ_x und σ_φ zu führen.

ANMERKUNG 1 Linien- oder punktförmig konzentrierte Belastungen auf Kugelschalen sind in dieser Norm nicht geregelt.

ANMERKUNG 2 In der Regel reicht es für den Beulsicherheitsnachweis aus, die Membranspannungen unter Vernachlässigung der tatsächlichen Randbedingungen (siehe 7.1, Element 703) nach der Membrantheorie zu berechnen. Dies gilt jedoch nicht unbedingt auch für den Vergleichsspannungsnachweis.

7.5 Kombinierte Beanspruchung**(708) Druck in Meridianrichtung und Druck in Umfangsrichtung**

Ein Interaktionsnachweis braucht nicht geführt zu werden.

ANMERKUNG Das beulfördernde Zusammenwirken der beiden Druckspannungen ist bereits dadurch in ungünstigster Weise berücksichtigt, dass den Einzelnachweisen die Beulspannungen für konstanten Außendruck mit in beiden Richtungen gleich großen Membranspannungskomponenten zugrunde gelegt werden.

(709) Druck in Meridianrichtung und Zug in Umfangsrichtung

Eine Berücksichtigung der beullasterhöhenden Wirkung von Umfangszugspannungen mit Hilfe des Abminderungsfaktors κ_{2q} nach 4.5.2, Element 429, ist nicht zulässig.

ANMERKUNG Einfache Regeln für die Erfassung der möglichen beullasterhöhenden Wirkung von Umfangszugspannungen lassen sich für Kugelschalen nicht angeben. Auf den parallel zum Beulsicherheitsnachweis nach dieser Norm stets zu führenden Vergleichsspannungsnachweis nach DIN 18800-1 wird besonders hingewiesen (vergleiche 1.5, Element 113).

Literaturhinweise

- [1] ECCS — Techn. Working Group 8.4: Buckling of Steel Shells, European Recommendations, 4th edition (1988)²⁾
- [2] Beuth-Kommentare; Stahlbauten; Erläuterungen zu DIN 18800 Teil 1 bis Teil 4, Hrsg.: J. Lindner, J. Scheer, H. Schmidt. 3. Auflage, Ernst & Sohn, Berlin, 1998.

2) Zu beziehen bei: CECM, ECCS, EKS, Avenue des Ombrages 32/36, Bte 20, B-1200 Brüssel (Belgien)

DIN 18800-7

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN 18800-7:2002-09**Stahlbauten –
Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation**Steel structures –
Part 7: Execution and constructor's qualificationStructures en acier –
Partie 7: Exécution et qualification des constructeurs

Gesamtumfang 58 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN
Normenausschuss Schweißtechnik (NAS) im DIN

DIN 18800-7:2008-11**Inhalt**

Seite

Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	11
4 Dokumentation	12
4.1 Ausführungsunterlagen	12
4.2 Nachweisunterlagen	13
5 Werkstoffe	13
5.1 Walzstähle, Schmiedestähle und Gusswerkstoffe	13
5.1.1 Sorten	13
5.1.2 Maße	13
5.1.3 Gütegruppen	13
5.1.4 Zusätzliche Anforderungen	13
5.1.5 Bescheinigungen	15
5.2 Schweißzusätze	15
5.3 Mechanische Verbindungsmittel	15
5.3.1 Schrauben, Muttern und Scheiben	15
5.3.2 Sonstige mechanische Verbindungen	17
5.3.3 Kennzeichnung und Bescheinigungen	18
6 Fertigung	18
6.1 Identifizierbarkeit von Werkstoffen und Bauteilen	18
6.2 Schneiden	18
6.3 Formgebung, Wärmebehandlung und Flammrichten	19
6.4 Lochen	19
6.5 Ausschnitte	19
7 Schweißen	20
7.1 Voraussetzungen zum Schweißen	20
7.1.1 Schweißanweisung (WPS)	20
7.1.2 Schweißverfahrensprüfungen oder vorgezogene Arbeitsprüfung	22
7.2 Schweißplan	23
7.3 Vorbereitung der Schweißarbeiten	23
7.3.1 Allgemeines	23
7.3.2 Lagerung und Handhabung von Schweißzusätzen	23
7.3.3 Witterungsschutz	23
7.4 Ausführung von Schweißarbeiten	23
7.4.1 Allgemeines	23
7.4.2 Vorwärmen	23
7.4.3 Zusammenbauhilfen	24
7.4.4 Bolzenschweißen	24
7.4.5 Schweißen von Betonstahl	24
7.4.6 Zusätzliche Anforderungen	24
8 Schrauben- und Nietverbindungen	24
8.1 Allgemeines	24
8.2 Maße der Löcher	25
8.3 Einsatz von Schraubenverbindungen	25
8.4 Vorbereitung der Kontaktflächen für Schraubenverbindungen	26
8.5 Anziehen von nicht planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen	28
8.6 Anziehen von planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen	28
8.6.1 Allgemeines	28
8.6.2 Drehmoment-Vorspannverfahren	30

	Seite
8.6.3 Drehimpuls-Vorspannverfahren	31
8.6.4 Drehwinkel-Vorspannverfahren	31
8.6.5 Kombiniertes Vorspannverfahren	31
8.7 Einbau von Nieten	32
9 Montage	32
9.1 Montageanweisung	32
9.2 Auflager	32
9.3 Montagearbeiten	33
9.3.1 Allgemeines	33
9.3.2 Kennzeichnung	33
9.3.3 Transport und Lagerung auf der Baustelle	33
9.3.4 Ausrichten	33
10 Korrosionsschutzmaßnahmen	33
10.1 Allgemeines	33
10.2 Oberflächenvorbereitung	34
10.3 Fertigungsbeschichtungen	34
10.4 Beschichtung und Überzüge	34
10.5 Korrosionsschutz von Verbindungsmitteln	35
11 Geometrische Toleranzen	35
11.1 Allgemeines	35
11.2 Fertigungstoleranzen	35
11.3 Montagetoleranzen	36
12 Prüfungen	37
12.1 Allgemeines	37
12.2 Fertigung und Montage	37
12.2.1 Schweißen	37
12.2.2 Planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen	39
12.2.3 Nietverbindungen	40
12.2.4 Korrosionsschutzmaßnahmen	40
13 Herstellerqualifikation	41
13.1 Allgemeines	41
13.2 Werkseigene Produktionskontrolle	41
13.3 Maßnahmen der werkseigenen Produktionskontrolle	41
13.4 Anforderungen an Schweißbetriebe	42
13.4.1 Allgemeines	42
13.4.2 Schweißer und Bediener	42
13.4.3 Schweißaufsicht	42
13.4.4 Betriebseinrichtungen	43
13.4.5 Bescheinigungen	43
13.5 Klassifizierung von geschweißten Bauteilen	43
Anhang A (informativ) Hinweise zu zitierten Normen in Abschnitt 2	48
Literaturhinweise	58

DIN 18800-7:2008-11

Seite

Bilder

Bild 1 — Zulässige Abweichungen für Ankerbolzen mit Reguliermöglichkeit	36
--	-----------

Tabellen

Tabelle 100 — Äquivalenzkriterium für den Aufschweißbiegeversuch	14
Tabelle 1 — Schrauben, Muttern und Scheiben für Ausführungsformen nach DIN 18800-1	17
Tabelle 2 — Herstellung von Löchern	19
Tabelle 3A— Normen für die Erstellung von Schweißanweisungen	21
Tabelle 3B— Methoden der Qualifizierung von Schweißverfahren	22
Tabelle 4 — Eignungshinweise für Beschichtungen/Beschichtungssysteme auf Kontaktflächen planmäßig vorgespannter Scher-Lochleibungs-Verbindungen (SLV/SLVP)	27
Tabelle 5 — Vorspannkräfte und Anziehmomente für Drehmoment- und Drehimpuls- Vorspannverfahren für Garnituren der Festigkeitsklasse 8.8 nach Zeile 5 der Tabelle 1	29
Tabelle 6 — Vorspannkräfte und Anziehmomente für Drehmoment-, Drehimpuls-, Drehwinkel- und kombiniertes Vorspannverfahren für Garnituren der Festigkeitsklasse 10.9 nach Zeilen 6 und 7 der Tabelle 1	30
Tabelle 7 — Erforderliche Weiterdrehwinkel ϑ bzw. -umdrehungsmaße V für das kombinierte Vorspannverfahren an Garnituren der Festigkeitsklasse 10.9 nach Zeile 6 und 7 der Tabelle 1	32
Tabelle 8 — Überprüfen der Vorspannung bei Regelvorspannkräften	40
Tabelle 9 — Klasse A	44
Tabelle 10 — Klasse B	44
Tabelle 11 — Klasse C	45
Tabelle 12 — Klasse D	45
Tabelle 13 — Klasse E	46
Tabelle 14 — Herstellerqualifikation für das Schweißen	47
Tabelle A.1 — Liste der zurückgezogenen bzw. ersetzten Normen und technischen Regelwerke	48

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Bauwesen (NABau), NA 005-08-14 AA „Stahlbauten; Herstellung“ erarbeitet. Sie enthält die vom Arbeitsausschuss verabschiedeten Änderungen aus dem Entwurf der DIN 18800-7/A1:2006-05, sowie die Aktualisierung der Normativen Verweisungen im gesamten Dokument. Die Änderungen zu DIN 18800-7:2002-09 sind mit einem senkrechten Strich am linken Seitenrand gekennzeichnet.

Diese Norm enthält Festlegungen und Empfehlungen für die Ausführung von Stahlbauten.

Durch die Veränderungen der Europäischen Normen sowie der nationalen Regelwerke des Brückenbaus und die sich daraus ergebenden geänderten Bezeichnungen der Stähle war eine Überarbeitung der Norm DIN 18000-7:2002-09 unumgänglich. Dabei ist das bewährte Konzept der Norm beibehalten worden.

Änderungen

Gegenüber DIN 18800-7:2002-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der normativen Verweisungen mit Anpassung der entsprechenden Regelungen;
- b) Aufnahme des Ersatzkriteriums für den Aufschweißbiegeversuch;
- c) Anpassung des Textes an die aktuellen Europäischen Normen;
- d) Umstellung der Regelung für HV-Schrauben auf die Vorgaben der Europäischen Normenreihe DIN EN 14399;
- e) Streichung der Elemente (508) und (702).

Frühere Ausgaben

DIN 1000: 1921-03, 1923-10, 1930-07, 1956x-03, 1973-12
 DIN 1073: 1928-04, 1931-09, 1941-01, 1974-07
 Beiblatt zu DIN 1073: 1974-07
 DIN 1079: 1938-01, 1938-11, 1970-09
 DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934xxxx-08, 1956-12, 1968-12
 DIN 4100 Beiblatt 1: 1956x-12, 1968-12
 DIN 4100 Beiblatt 2: 1956x-12, 1968-12
 DIN 4101: 1937xxx-07, 1974-07
 DIN 18000-7: 1983-05, 2002-09
 DIN V 18800-7: 2000-10

DIN 18800-7:2008-11**1 Anwendungsbereich**

(101) Diese Norm gilt für die Ausführung von tragenden Bauteilen aus Stahl unter vorwiegend ruhender und nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung. Die Bemessung erfolgt nach DIN 18800-1 bis DIN 18800-5, sowie den jeweiligen Fachnormen.

Diese Norm enthält Regelungen zur Herstellerqualifikation und zur Klassifizierung von geschweißten Stahlbauteilen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 101, *Niete — Technische Lieferbedingungen*

DIN 434, *Scheiben, vierkant, keilförmig für U-Träger*

DIN 435, *Scheiben, vierkant, keilförmig für I-Träger*

DIN 820-2, *Normungsarbeit — Teil 2: Gestaltung von Dokumenten*

DIN 929, *Sechskant-Schweißmuttern*

DIN 976-1, *Gewindebolzen — Teil 1: Metrisches Gewinde*

DIN 4131, *Antennentragwerke aus Stahl*

DIN 4132, *Kranbahnen — Stahltragwerke — Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchbildung und Ausführung*

DIN V 4133, *Freistehende Stahlschornsteine*

DIN 6917, *Scheiben, vierkant, keilförmig, für HV-Schrauben an I-Profilen in Stahlkonstruktionen*

DIN 6918, *Scheiben, vierkant, keilförmig für HV-Schrauben an U-Profilen in Stahlkonstruktionen*

DIN 7968, *Sechskant-Passsschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen*

DIN 7969, *Senkschrauben mit Schlitz mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen*

DIN 7989-1, *Scheiben für Stahlkonstruktionen — Teil 1: Produktklasse C*

DIN 7989-2, *Scheiben für Stahlkonstruktionen — Teil 2: Produktklasse A*

DIN 7990, *Sechskantschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen*

DIN 18202, *Toleranzen im Hochbau — Bauwerke*

DIN 18800-1:2008-11, *Stahlbauten — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

DIN 18800-2, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle Teil 2: — Knicken von Stäben und Stabwerken*

DIN 18800-3, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Teil 3: Plattenbeulen*

DIN 18800-4, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Teil 4: Schalenbeulen*

DIN 18800-5, *Stahlbauten — Teil 5: Verbundtragwerke aus Stahl und Beton — Bemessung und Konstruktion*

- DIN 18808, *Stahlbauten — Tragwerke aus Hohlprofilen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung*
- DIN 34820, *Flache Scheiben mit Fasen für den Stahlbau*
- DIN 55928-8, *Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge — Teil 8: Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen*
- DIN 55928-9, *Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge — Beschichtungsstoffe — Zusammensetzung von Bindemitteln und Pigmenten*
- DIN EN 287-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*
- DIN EN 473, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen*
- DIN EN 1011-1, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 1: Allgemeine Anleitungen für Lichtbogenschweißen*
- DIN EN 1011-2:2001-05, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 2: Lichtbogenschweißen von ferritischen Stählen*
- DIN EN 1011-3, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 3: Lichtbogenschweißen von nichtrostenden Stählen*
- DIN EN 1289, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Eindringprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen*
- DIN EN 1291, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen*
- DIN EN 1337-11, *Lager im Bauwesen — Teil 11: Transport, Zwischenlagerung und Einbau*
- DIN EN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen*
- DIN EN 1435, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen*
- DIN EN 1714, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen*
- DIN EN 10025-2, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*
- DIN EN 10025-3, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normal geprüfte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*
- DIN EN 10025-4, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*
- DIN EN 10025-5, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle*
- DIN EN 10160, *Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus Stahl mit einer Dicke größer oder gleich 6 mm (Reflexionsverfahren)*
- DIN EN 10164, *Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche — Technische Lieferbedingungen*
- DIN EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

DIN 18800-7:2008-11

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*

DIN EN 13479, *Schweißzusätze — Allgemeine Produktnorm für Zusätze und Pulver zum Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen*

DIN EN 13814, *Fliegende Bauten und Anlagen für Veranstaltungsplätze und Vergnügungsparks — Sicherheit*

DIN EN 14399-4, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 4: System HV — Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern*

DIN EN 14399-6, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 6: Flache Scheiben mit Fase*

DIN EN 14399-8, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 8: System HV — Garnituren aus Sechskant-Passschrauben und Muttern*

DIN EN 14532-1, *Schweißzusätze — Prüfverfahren und Qualitätsanforderungen — Teil 1: Grundprüfungen und Konformitätsbewertung von Schweißzusätzen für Stahl, Nickel und Nickellegierungen*

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

DIN EN ISO 2063, *Thermisches Spritzen — Metallische und andere anorganische Schichten — Zink, Aluminium und ihre Legierungen*

DIN EN ISO 3834-2, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen*

DIN EN ISO 3834-3, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen*

DIN EN ISO 3834-4, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 4: Elementare Qualitätsanforderungen*

DIN EN ISO 4014, *Sechskantschrauben mit Schaft — Produktklassen A und B*

DIN EN ISO 4017, *Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf — Produktklassen A und B*

DIN EN ISO 4032, *Sechskantmuttern, Typ 1 — Produktklassen A und B*

DIN EN ISO 4034, *Sechskantmuttern — Produktklasse C*

DIN EN ISO 4063, *Schweißen und verwandte Prozesse — Liste der Prozesse und Ordnungsnummern*

DIN EN ISO 5817, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten*

DIN EN ISO 7089, *Flache Scheiben — Normale Reihe, Produktklasse A*

DIN EN ISO 7090, *Flache Scheiben mit Fase — Normale Reihe, Produktklasse A*

DIN EN ISO 7091, *Flache Scheiben — Normale Reihe, Produktklasse C*

DIN EN ISO 9013:2003-07, *Thermisches Schneiden — Einteilung thermischer Schnitte — Geometrische Produktspezifikation und Qualität (ISO 9013:2002); Deutsche Fassung EN ISO 9013:2002*

DIN EN ISO 10642, *Senkschrauben mit Innensechskant*

DIN EN ISO 10684, *Verbindungselemente — Feuerverzinkung*

DIN EN ISO 12944-1, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 1: Allgemeine Einleitung*

DIN EN ISO 12944-2, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen*

DIN EN ISO 12944-3, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung*

DIN EN ISO 12944-4, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung*

DIN EN ISO 12944-5:1998-07, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO 12944-5: 1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-5: 1998*

DIN EN ISO 12944-6, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen*

DIN EN ISO 12944-7:1998-07, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten (ISO 12944-7: 1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-7: 1998*

DIN EN ISO 12944-8, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 8: Erarbeiten von Spezifikationen für Erstschutz und Instandsetzung*

DIN EN ISO 13916, *Schweißen — Anleitung der Messung der Vorwärm-, Zwischenlagen- und Halte-temperatur*

DIN EN ISO 13918, *Schweißen — Bolzen und Keramikringe zum Lichtbogenbolzenschweißen*

DIN EN ISO 13919-1, *Schweißen — Elektronen- und Laserstrahl-Schweißverbindungen, Leitfaden für Bewertungsgruppen für Unregelmäßigkeiten — Teil 1: Stahl*

DIN EN ISO 13920, *Schweißen — Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen — Längen- und Winkelmaße — Form und Lage*

DIN EN ISO 14555, *Schweißen — Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen*

DIN EN ISO 14713, *Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion — Zink- und Aluminiumüberzüge — Leitfaden*

DIN EN ISO 14731, *Schweißaufsicht — Aufgaben und Verantwortung*

DIN EN ISO 15609-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 1: Lichtbogenschweißen*

DIN EN ISO 15609-2, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 2: Gasschweißen*

DIN EN ISO 15609-4, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 4: Laserstrahlschweißen*

DIN EN ISO 15609-5, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 5: Widerstandsschweißen*

DIN EN ISO 15610, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund des Einsatzes von geprüften Schweißzusätzen*

DIN 18800-7:2008-11

DIN EN ISO 15611, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund von vorliegender schweißtechnischer Erfahrung*

DIN EN ISO 15612, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung durch Einsatz eines Standardschweißverfahrens*

DIN EN ISO 15613, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung*

DIN EN ISO 15614-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen*

DIN EN ISO 15614-11, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 11: Elektronen- und Laserstrahlschweißen*

DIN EN ISO 15614-12, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 12: Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißen*

DIN EN ISO 15614-13, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 13: Pressstumpf- und Abbrennstumpfschweißen*

DIN EN ISO 15620, *Schweißen — Reibschweißen von metallischen Werkstoffen*

DIN EN ISO 17652-2, *Schweißen — Prüfung von Fertigungsbeschichtungen für das Schweißen und für verwandte Prozesse — Teil 2: Schweißeigenschaften von Fertigungsbeschichtungen*

DIN EN ISO 17660 (alle Teile), *Schweißen — Schweißen von Betonstahl*

DIN EN ISO 21670, *Sechskant-Schweißmutter mit Flansch*

DIN-Fachbericht 103, *Stahlbrücken*

DIN-Fachbericht 104, *Verbundbrücken*

DAST-Richtlinie 006 ¹⁾, *Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen (FB) im Stahlbau*

DAST-Richtlinie 007¹⁾, *Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle*

DAST-Richtlinie 009¹⁾, *Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten*

DAST-Richtlinie 014¹⁾, *Empfehlungen zum Vermeiden von Terrassenbrüchen in geschweißten Konstruktionen aus Baustahl*

DAST-Richtlinie 016¹⁾, *Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen*

DAST-Richtlinie 021¹⁾, *Schraubenverbindungen aus feuerverzinkten Garnituren M 39 bis M 64 entsprechend DIN 6914, DIN 6915, DIN 6916*

1) Zu beziehen bei der Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, und beim Stahlbau Verlag GmbH, Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf.

DVS 1702²⁾, *Verfahrensprüfungen im Konstruktiven Ingenieurbau*

DVS 1704²⁾, *Richtlinie zum Schweißen von Metallbauten*

DVS-IIW/EFW 1171²⁾, *Internationaler Schweißfachmann (SFM) — Allgemeine Hinweise, Qualifizierungswege, Themenübersicht*

DVS-IIW/EFW 1172²⁾, *Internationaler Schweißtechniker (ST), International Welding Technologist (IWT) — Allgemeine Hinweise, Qualifizierungswege, Themenübersicht*

DVS-IIW/EFW 1173²⁾, *Internationaler Schweißfachingenieur (SFI) — Allgemeine Hinweise, Qualifizierungswege, Themenübersicht*

DVS-IIW/EFW 1178²⁾, *Internationales Schweißgüteprüfpersonal — International Welding Inspection Personnel (IWIP) — Mindestanforderungen an Ausbildung, Prüfung und Qualifizierung*

DSV/GAV³⁾-Richtlinie für die Herstellung feuerverzinkter Schrauben

SEP 1390⁴⁾, *Stahl-Eisen-Prüfblatt 1390 Aufschweißbiegeversuch*

SEW 088⁴⁾, *Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 088 Schweißgeeignete Feinkornbaustähle — Richtlinie für die Vorbereitung, besonders für das Schmelzschweißen; (enthält SEW 088 Beiblatt 1 und SEW 088 Beiblatt 2)*

TL/TP-KOR-Stahlbauten⁵⁾, *Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Beschichtungsmittel für den Korrosionsschutz von Stahlbauten*

Ril 804⁶⁾, *Eisenbahnbrücken und (sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Ausführung

(301) die Ausführung von Stahlbauten umfasst Einkauf, Fertigung, Transport, Montage, Schutzmaßnahmen, Überprüfungen und die Dokumentation

3.2

Betriebsprüfung

(Audit)

(302) Überprüfung eines Betriebes durch eine anerkannte Stelle, um festzustellen, ob die Herstellerqualifikation nach dieser Norm erfüllt ist

3.3

Entwurfsverfasser

(303) Person oder Institution, die verantwortlich das Tragwerk konstruiert und bemisst

2) Zu beziehen bei: Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren, Aachener Straße 172, 40223 Düsseldorf.

3) Zu beziehen bei: Gemeinschaftsausschuss Verzinken e.V., Sohnstraße 66, 40237 Düsseldorf.

4) Zu beziehen bei: Verlag Stahleisen GmbH, Postfach 105164, 40042 Düsseldorf.

5) Zu beziehen bei: Verkehrsblatt-Verlag, Hohe Straße 39, 44139 Dortmund.

6) Zu beziehen bei: Deutsche Bahn, AHS Logistikcenter, Kriegstraße 1, 76131 Karlsruhe.

DIN 18800-7:2008-11

3.4

Fertigungsfreigabe Montagefreigabe

(304) die Freigabe der für die Fertigung oder Montage erforderlichen bautechnischen Unterlagen durch eine jeweils befugte Person

3.5

Hersteller

(305) Unternehmer, der Stahlbauten ausführt

3.6

Prüfinstanz

(306) Person oder Institution, die im Auftrag des Auftraggebers oder auf Grund gesetzlicher Vorschriften die bautechnischen Unterlagen und/oder die Ausführung (verantwortlich) prüft und deren Verwendbarkeit bestätigt

3.7

Schweißbetrieb

(307) Betrieb, der mit speziellem Fachpersonal, fertigungsbezogenen und montagebezogenen Einrichtungen Schweißarbeiten ausführt

3.8

Verfahrensprüfungen

(308) Prüfung, die bestätigt, dass die anzuwendenden Prozessdaten (Parameter) zur Erfüllung der nach dieser Norm oder mitgeltenden Normen und Regelwerken gestellten Anforderungen geeignet sind

4 Dokumentation

4.1 Ausführungsunterlagen

(401) Alle zur Ausführung der Tragwerke aus Stahl und zu den angrenzenden Bauteilen notwendigen Informationen und technischen Anforderungen, die aus dem Entwurf, der Berechnung und der Bemessung nach den einschlägigen Regelwerken sowie den Regelungen dieser Norm resultieren, müssen in den Ausführungsunterlagen eindeutig angegeben sein.

Dies sind die nach DIN 18800-1:2008-11, Abschnitt 2, Element (208) für die Fertigung und Montage zu erstellenden Zeichnungen.

(402) Ergänzend zu den dort gestellten Anforderungen sind auch die folgenden, für die Ausführung notwendigen Angaben in die Zeichnungen oder zugehörigen Stücklisten aufzunehmen:

- Produktnormen der Stahlerzeugnisse und Verbindungsmittel,
- Gütegruppen der Stahlsorten und, falls erforderlich, Angaben der Optionen (zusätzliche Anforderungen) der relevanten Werkstoffnormen,
- für Bauteile, die aus Stahlerzeugnissen mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche hergestellt werden, zusätzlich die Bezeichnung der Güteklasse nach DIN EN 10164,
- Vermaßung und Nahtart (sinnbildlich) der Schweißnähte, falls zur Eindeutigkeit erforderlich mit Schweißdetails,
- Bewertungsgruppen für die einzuhaltenden Schweißnahtgüten nach DIN EN ISO 5817,
- Art und Umfang der zerstörungsfreien Werkstoff- und Schweißnahtprüfungen,

- Art der Bescheinigungen nach DIN EN 10204, die für die zur Ausführung vorgesehenen Stahlerzeugnisse und Verbindungsmittel vorliegen müssen,
- Toleranzen,
- Vorbehandlungsmaßnahmen der Werkstoffe,
- bei Gusserzeugnissen die Gütestufen.

(403) Fehlende Angaben sind in Abstimmung mit dem verantwortlichen Entwurfsverfasser festzulegen und in die Ausführungsunterlagen einzutragen.

In den Zeichnungen sind auch Verbindungen an tragenden Bauteilen zu berücksichtigen, die nur Montagezwecken dienen, auch wenn sie nach erfolgtem Zusammenbau wieder entfernt werden.

Werden beim Hersteller Änderungen gegenüber den Ausführungsunterlagen nötig, so sind diese nach den Vorgaben des Entwurfsverfassers und gegebenenfalls der Prüfinstanz zu berichtigen.

4.2 Nachweisunterlagen

(404) Zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Ausführung der Stahlbauteile müssen folgende Nachweisunterlagen vorliegen oder angefertigt werden:

- a) Falls zutreffend: Bescheinigungen nach DIN EN 10204,
- b) Aufzeichnungen über die jeweilige Verwendung der verschiedenen Ausgangsprodukte,
- c) Angaben von genehmigten Abweichungen und deren Darstellung in Bestandszeichnungen bzw. ausreichende Hinweise zur Aufstellung dieser Bestandszeichnungen,
- d) Berichte über Prüfungen.

5 Werkstoffe

5.1 Walzstähle, Schmiedestähle und Gusswerkstoffe

5.1.1 Sorten

(501) Die einsetzbaren Werkstoffe sind den in (101) genannten Regelwerken zu entnehmen.

5.1.2 Maße

(502) Für Maße, Grenzabmaße und Formtoleranzen gelten die jeweils maßgebenden Normen.

5.1.3 Gütegruppen

(503) Die Stahlsorten sind bezüglich der Gütegruppen entsprechend dem vorgesehenen Verwendungszweck und ihrer Schweißeignung auszuwählen. Es gilt DAST-Richtlinie 009.

5.1.4 Zusätzliche Anforderungen

(504) Bei Beanspruchung in Dickenrichtung sind gegebenenfalls Stahlprodukte mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche nach DIN EN 10164 einzusetzen.

DIN 18800-7:2008-11

Die DAST-Richtlinie 014 ist zu beachten.

(505) Bleche und Breitflachstähle in Haupttragteilen der Klasse E (siehe Tabelle 13), die in Dickenrichtung auf Zug beansprucht werden, müssen ab einer Nenndicke von 10 mm ultraschallgeprüft sein. Die Prüfung ist nach DIN EN 10160 durchzuführen; es wird die Güte der Klasse S1 für die Fläche und der Klasse E1 für die Randzone gefordert.

ANMERKUNG Für den Eisenbahnbrückenbau siehe DBS 918 002-02.

(506) Für Produkte nach DIN EN 10025-2, DIN EN 10025-3, DIN EN 10025-4, DIN EN 10210-1 und DIN EN 10219-1 mit Streckgrenzen bis zu 355 N/mm², an denen geschweißt wird und bei denen die Schweißnähte in auf Zug oder Biegezug beanspruchten Bereichen liegen, müssen die Bedingungen der Tabelle 100 eingehalten werden.

Alternativ hierzu kann die Eignung der Stähle durch einen Aufschweißbiegeversuch nach SEP 1390 nachgewiesen werden.

Für Stahlsorten nach DIN EN 10025-5 in Blechdicken > 30 mm muss die Eignung durch den Aufschweißbiegeversuch nach SEP 1390 nachgewiesen werden.

Tabelle 100 — Äquivalenzkriterium für den Aufschweißbiegeversuch

Stahlsorte	Dicke <i>t</i>		
	<i>t</i> ≤ 30 mm	> 30 mm bis ≤ 80 mm	> 80 mm
S 355	keine besonderen Anforderungen	Feinkornbaustahl Güte N bzw. M nach DIN EN 10025-3 bzw. DIN EN 10025-4, DIN EN 10210-1 und DIN EN 10219-1	Feinkornbaustahl Güte NL bzw. ML nach DIN EN 10025-3 bzw. DIN EN 10025-4, DIN EN 10210-1 und DIN EN 10219-1
S 275	keine besonderen Anforderungen	Feinkornbaustahl Güte N bzw. M nach DIN EN 10025-3 bzw. DIN EN 10025-4, DIN EN 10210-1 und DIN EN 10219-1	Feinkornbaustahl Güte NL bzw. ML nach DIN EN 10025-3 bzw. DIN EN 10025-4, DIN EN 10210-1 und DIN EN 10219-1
S 235	keine besonderen Anforderungen	Güte +N oder +M nach DIN EN 10025-2	

(507) Für Erzeugnisse aus den Stahlsorten S355 nach DIN EN 10025-2, DIN EN 10210-1 und DIN EN 10219-1 für geschweißte Konstruktionen ist bei der Bestellung die Angabe von den folgenden 14 Elementen der Schmelzenanalyse zu fordern und diese in der Prüfbescheinigung anzugeben: C, Si, Mn, P, S, Al, N, Cr, Cu, Mo, Ni, Nb, Ti, V.

Dabei ist bei Erzeugnisdicken ≤ 30 mm in der Schmelzenanalyse der Höchstwert von 0,18 % C einzuhalten, wenn Ti, Nb oder V > 0,03 % enthalten sind.

(508) entfällt

(509) Die Lieferzustände der Stahlprodukte müssen in den Prüfbescheinigungen angegeben werden.

Bei Erzeugnissen aus den Stahlsorten nach DIN EN 10025-2 können für Quartobleche (Grobbleche) die Lieferzustände +AR oder +N vereinbart werden.

Für Langprodukte und kontinuierlich gewalzte Flacherzeugnisse aus den Stahlsorten nach DIN EN 10025-2 können die Lieferzustände +AR, +M oder +N vereinbart werden.

(510) Ist Warm- oder Kaltumformen bzw. Abkanten vorgesehen, so sind hierfür geeignete Stahlsorten zu wählen.

(511) Für Gussstücke aus Stahlguss und Gusseisen mit Kugelgraphit müssen Nachweise über die äußere und innere Beschaffenheit durch zerstörungsfreie Prüfungen vorliegen. Es müssen die vom Entwurfsverfasser vorgegebenen und von der Prüfinstanz genehmigten Gütestufen nach DIN 18800-1 eingehalten werden.

5.1.5 Bescheinigungen

(512) Für alle Walzstahl-, Schmiede- und Gusserzeugnisse müssen Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204 vorliegen.

(513) Für Erzeugnisse aus S235 außer S235J2 ist eine Werksbescheinigung 2.2 mit Angabe der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse und von Kennwerten der mechanischen Eigenschaften aus der laufenden werkseigenen Produktionskontrolle ausreichend.

Für alle anderen Erzeugnisse müssen die Werkstoffeigenschaften durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 mit Angabe der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse, des CEV-Wertes und von Kennwerten der mechanischen Eigenschaften belegt sein (siehe (507) bis (508)).

Kann für Erzeugnisse, die einer Umnutzung zugeführt werden sollen und deren Hersteller nicht mehr ermittelt werden kann oder nicht mehr existiert, keine der DIN EN 10204 entsprechende Werksbescheinigung 2.2 bzw. Abnahmeprüfzeugnis 3.1 vorgelegt werden, so sind die zu belegenden Eigenschaften durch ein Gutachten einer anerkannten Prüfstelle nachzuweisen, die auch für die Zertifizierung der Erzeugnisse anerkannt ist.

(514) Für Erzeugnisse mit besonderen Eigenschaften (siehe (504), (505), (506) und (511)) müssen über die Ergebnisse der Prüfungen nach DIN EN 10160, DIN EN 10164 und SEP 1390 Abnahmeprüfzeugnisse vorliegen.

5.2 Schweißzusätze

(515) Die Schweißzusätze müssen auf die Grundwerkstoffe und die Schweißprozesse abgestimmt sein.

Alle Schweißzusätze müssen die Anforderungen der DIN EN 13479 und den entsprechenden Schweißzusatznormen entsprechen. Die Eignung der Schweißzusätze ist durch eine Eignungsbescheinigung zu belegen, welche den geplanten Schweißprozess, die Grundwerkstoffe, die Schweißposition, die Blechdicke, die Stromart und die Polung beinhalten muss. Basis für die Eignungsbescheinigung ist eine Grundeignungsprüfung nach DIN EN 13479. Wenn vom Besteller benötigt, ist die Konformität durch ein Zulassungszertifikat nach DIN EN 14532-1 von einer anerkannten Prüfstelle nachzuweisen. Die Konformität der gelieferten Schweißzusätze ist durch den Hersteller oder Lieferer mit der CE-Kennzeichnung nach DIN EN 13479 und auf dem Etikett mit Angabe der Zertifizierungsstelle und der Zertifizierungsnummer zu belegen.

5.3 Mechanische Verbindungsmittel

5.3.1 Schrauben, Muttern und Scheiben

(516) Es kommen genormte Verbindungsmittel nach Tabelle 1 zur Anwendung. Dort sind die Produktnormen in Verbindung mit den Festigkeitsklassen in Übereinstimmung mit DIN 18800-1 aufgeführt.

(517) Schrauben, Muttern und Scheiben kleiner M6 sind für tragende Konstruktionen nicht zulässig. Schrauben, Muttern und Scheiben kleiner M12 dürfen nur für einen Ausnutzungsgrad auf Zug kleiner als 50% verwendet werden.

DIN 18800-7:2008-11

(518) Nach Tabelle 1 zueinander passende Schrauben, Muttern und Scheiben dürfen nur mit einheitlichem Korrosionsschutz zusammen verbaut werden. Feuerverzinkte Schrauben und Muttern (Zeilen 1 bis 7, Tabelle 1) sind unabhängig von ihrer Ausführungsform von ein und demselben Schraubenhersteller zu beziehen, um die Passfähigkeit von Schrauben- und Muttergewinde sicherzustellen.

Die Feuerverzinkung von hochfesten Garnituren (Zeilen 5 bis 7, Tabelle 1) darf nur vom Schraubenhersteller selbst oder von einem Fremdbetrieb unter Verantwortung des Schraubenherstellers durchgeführt werden. (Siehe „DSV/GAV-Richtlinie für die Herstellung feuerverzinkter Schrauben“.)

(519) Für planmäßig vorgespannte Verbindungen (Ausführungsformen SLV, SLVP, GV, GVP nach DIN 18800-1) dürfen nur die nach Zeilen 5 bis 7 der Tabelle 1 vorgesehenen, zueinander passenden Garnituren von ein und demselben Schraubenhersteller eingesetzt werden. Der Schraubenhersteller muss im Anlieferungszustand durch geeignete Schmierung der Mutter ein einheitliches Anziehverhalten nach Tabelle 5 und Tabelle 6 sicherstellen.

ANMERKUNG Eine Garnitur ist eine jeweils beliebig kombinierbare Zusammenstellung von einer Schraube und einer Mutter sowie der für den Verwendungszweck vorgeschriebenen Anzahl von Scheiben ein und desselben Schraubenherstellers.

Tabelle 1 — Schrauben, Muttern und Scheiben für Ausführungsformen nach DIN 18800-1

Zeile Nr.	Ausführungs- form der Verbindung gemäß DIN 18800-1 ^a	Schrauben		Muttern		Scheiben	
		Produktnorm	FK ^b	Produktnorm	FK ^c	Produktnorm	HK ^d
1	SL	DIN 7990 DIN 7969	4.6	DIN EN ISO 4034 DIN EN ISO 4032	> M16:4 ^e oder 5 ^e ≤ M16:5 ^e	DIN 7989-1 DIN 7989-2	100
2	SL	DIN 7990	5.6		5 ^e	DIN 434	
3	SLP ^g	DIN 7968				DIN 435	
4	SL	DIN EN ISO 4014 DIN EN ISO 4017 DIN EN ISO 10642 ^h	8.8	DIN EN ISO 4032	8	DIN EN ISO 7089	200 300
						DIN EN ISO 7090	200 300
						DIN EN ISO 7091	100
						DIN 434	100
						DIN 435	100
5	SLV ^f					DIN 34820	300
6	SL, SLV ^f , GV ^{f,g}	DIN EN 14399-4 in der K-Klasse K1 DIN EN ISO 10642 ^h	10.9	DIN EN 14399-4 in der K-Klasse K1	10	DIN EN 14399-6 DIN 6917	300
7	SLP ^g , SLVP ^{f,g} , GVP ^{f,g}	DIN EN 14399-8 in der K-Klasse K1 DIN EN ISO 10642 ^h				DIN 6918	
^a grundsätzlich ist vorwiegend ruhende Zugbeanspruchung zulässig							
^b FK = Festigkeitsklasse nach DIN EN ISO 898-1							
^c FK = Festigkeitsklasse nach DIN EN 20898-2							
^d HK = Härteklasse gemäß Produktnorm							
^e auch Muttern der Festigkeitsklasse 8, Toleranz 6G zulässig							
^f auch nicht vorwiegend ruhende Zugbeanspruchung zulässig							
^g auch nicht vorwiegend ruhende Scherbeanspruchung zulässig							
^h nur für SL-Verbindungen							

5.3.2 Sonstige mechanische Verbindungen

(520) Gewindebolzen müssen DIN 976-1 entsprechen. Element (518) gilt sinngemäß.

(521) Ankerschrauben und andere Gewindeteile sind entsprechend den in Tabelle 1 genannten Festigkeitsklassen auszuführen oder aus warmgewalztem Stabstahl herzustellen. Element (518) gilt sinngemäß.

(522) Kopfbolzen müssen DIN EN ISO 13918 entsprechen.

(523) Für tragende Verbindungen sind nur genormte Niete mit Nenndurchmesser ≥ 6 mm zulässig.

DIN 18800-7:2008-11

(524) Für die Anwendung von HV-Garnituren M39 bis M64 gilt die DAST-Richtlinie 021.

Sollen andere Verbindungsmittel als die in den Zeilen 5 bis 7 der Tabelle 1 angegebenen Elemente von Schraubengarnituren (z. B. mit Senkschrauben, mit Gewindelöchern (Sacklochverbindungen) oder mit Gewindebolzen) planmäßig vorgespannt werden, dann muss ihre Eignung dafür mittels Verfahrensprüfung nachgewiesen werden.

5.3.3 Kennzeichnung und Bescheinigungen

(525) Scheiben für planmäßig vorgespannte Verbindungen müssen ein Herstellerkennzeichen, alle Schrauben und Muttern müssen ein Herstellerkennzeichen und die Kennzeichnung der Festigkeitsklasse aufweisen.

ANMERKUNG 1 Feuerverzinkte Muttern nach DIN EN 14399-4 (siehe Tabelle 1, Zeilen 6 und 7 dieser Norm) haben stets Gewindeübermaß. Deshalb ist neben dem Produktkennzeichen „HV“ das weitere Zusatzkennzeichen „Z“ nach DIN EN ISO 10684 weder auf dem Etikett noch auf den Muttern selbst erforderlich.

ANMERKUNG 2 Feuerverzinkte Schrauben nach DIN 7990, DIN 7968 oder DIN 7969 (siehe Tabelle 1, Zeilen 1 bis 3 dieser Norm) haben stets Gewindeuntermaß. Deshalb ist neben dem Produktkennzeichen das weitere Zusatzkennzeichen „U“ nach DIN EN ISO 10684 weder auf dem Etikett noch auf den Schrauben selbst erforderlich.

(526) Sofern bei einer Verbindung nur ein einziges Verbindungsmittel verwendet wird und dessen Versagen das Versagen der gesamten Tragkonstruktion zur Folge haben kann, sind die Festigkeitseigenschaften durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Bei Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 sind die Festigkeitseigenschaften stets durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen.

(527) Falls Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 ein Chargenkennzeichen tragen und der Hersteller damit jederzeit auf Grund der werkseigenen Produktionskontrolle auf ermittelte Kennwerte zurückgreifen kann, darf auf das Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 verzichtet werden.

(528) Kann für bereits vorliegende Verbindungsmittel, die einer Umnutzung zugeführt werden sollen und deren Hersteller nicht mehr ermittelt werden kann oder nicht mehr existiert, kein der DIN EN 10204 entsprechendes Abnahmeprüfzeugnis 3.1 vorgelegt werden, so sind die zu belegenden Eigenschaften durch ein Gutachten einer Prüfstelle nachzuweisen, die auch für die Zertifizierung der Erzeugnisse anerkannt ist.

6 Fertigung**6.1 Identifizierbarkeit von Werkstoffen und Bauteilen**

(601) Während sämtlicher Fertigungsabschnitte müssen alle Teile der Stahlkonstruktion eindeutig identifizierbar sein.

6.2 Schneiden

(602) Trennschnitte sind durch geeignete Schneidverfahren auszuführen.

Die Qualität der durch thermische Schnitte erzeugten Schnittflächen muss für die Rechtwinkligkeit- oder Neigungstoleranz und für die gemittelte Rautiefe innerhalb der Gütebereiche 1 bis 4 nach DIN EN ISO 9013:2003-07, Tabellen 4 und 5, liegen.

Bei gescherten Schnitten und gestanzten Ausklinkungen sind die Schnittflächen kerb- und rissfrei auszuführen, gegebenenfalls sind diese Flächen nachzuarbeiten.

(603) Zusätzliche Anforderungen für nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile:

Die Qualität der durch thermische Schnitte erzeugten Schnittflächen muss für die Rechtwinkligkeit- oder Neigungstoleranz und für die gemittelte Rautiefe innerhalb der Gütebereiche 1 bis 3 nach DIN EN ISO 9013:2003-07, Tabellen 4 und 5, liegen.

Bei gescherten Schnitten und gestanzten Ausklinkungen in zugbeanspruchten Bauteilen sind die neben dem Schnitt befindlichen beschädigten und verfestigten Zonen in den Schnittflächen abzarbeiten, es sei denn, dass durch das Schweißen diese Zonen aufgeschmolzen werden.

Die Kanten der bearbeiteten Flächen sind zu entgraten.

6.3 Formgebung, Wärmebehandlung und Flammrichten

(604) Die Werkstoffeigenschaften dürfen durch Umformen, Wärmebehandlung und Flammrichten nicht unzulässig verändert werden. Die Empfehlungen der maßgebenden Werkstoffvorschriften, Werkstoffnormen und Richtlinien, z. B. SEW 088, sind zu beachten. Umformen im Blauwärmebereich (250 °C bis 380 °C) und Abschrecken sind nicht gestattet. Warmumformen von Stählen im Lieferzustand M ist nicht zulässig.

6.4 Lochen

(605) Die zulässigen Methoden zur Lochherstellung sowie zusätzliche Maßnahmen sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

Tabelle 2 — Herstellung von Löchern

Blech-/Profildicke <i>t</i> mm	Beanspruchung des Bauteils		
	Vorwiegend ruhende Druck- bzw. Biegedruck- beanspruchung	Vorwiegend ruhende Zug- bzw. Biege- zugbeanspruchung	Nicht vorwiegend ruhende Zug-, Druck- oder Biege- beanspruchung
≤ 16	Stanzen (Lochdurchmesser $d \geq t$), Bohren oder maschinelles Brennen (Gütebereiche 1 bis 4) ^a		Wie unten für > 16 mm
> 16	Wie oben für ≤ 16 mm	Stanzen und Aufreiben um mindestens 2 mm, Bohren oder maschinelles Brennen (Gütebereiche 1 bis 3) ^a	
^a Für die Rechtwinkligkeit- oder Neigungstoleranz und für die gemittelte Rautiefe nach DIN EN ISO 9013.			

(606) Zusätzliche Anforderungen für nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile:

Außen liegende Lochränder sind zu brechen.

Schrauben- und Nietlöcher müssen gratfrei sein.

6.5 Ausschnitte

(607) Einspringende Ecken und Ausklinkungen sind mit mindestens 5 mm Radius auszurunden.

(608) Zusätzliche Anforderungen für nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile:

Einspringende Ecken und Ausklinkungen sind mit mindestens 8 mm Radius auszurunden.

DIN 18800-7:2008-11

7 Schweißen

7.1 Voraussetzungen zum Schweißen

7.1.1 Schweißanweisung (WPS)

(701) Schweißarbeiten müssen nach Schweißanweisungen durchgeführt werden.

Die Normen für die Erstellung von Schweißanweisungen sind in Tabelle 3A enthalten. Die Methode der Qualifizierung von vorläufigen Schweißanweisungen ist vom eingesetzten Schweißprozess abhängig. Bei den Lichtbogenschweißprozessen (111, 114, 12, 135, 136, 141 und 15) sowie beim Schweißprozess Gas-schweißen mit Sauerstoff-Acetylen-Flamme (311) ist die Methode der Qualifizierung außerdem abhängig vom Werkstoff und dem Mechanisierungsgrad des Schweißprozesses. Die Methoden der Qualifizierung von Schweißverfahren sind in Tabelle 3B zusammengefasst.

Der Bericht zur Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR) muss bei den Schweißprozessen 21, 22, 23, 24 und 42 die bei der Qualifizierung angewendeten Bewertungskriterien enthalten und die für die Produktion maßgebenden Zulässigkeitsgrenzen der Unregelmäßigkeiten ausweisen. Dabei sollte zwischen vorwiegend ruhend und nicht vorwiegend ruhend beanspruchten Bauteilen unterschieden werden.

(702) entfällt

Tabelle 3A— Normen für die Erstellung von Schweißanweisungen

Schweißprozesse nach DIN EN ISO 4063		Normen für die Erstellung von Schweißanweisungen
Ordnungsnummer	Bezeichnung	
111	Lichtbogenhandschweißen	DIN EN ISO 15609-1
114	Metalllichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode ohne Schutzgas	
12	Unterpulverschweißen	
135	Metall-Aktivgas-Schweißen	
136	Metall-Aktivgas-Schweißen mit Fülldrahtelektrode	
141	Wolfram-Schutzgasschweißen	
15	Plasmaschweißen	
311	Gasschweißen mit Sauerstoff-Acetylen-Flamme	DIN EN ISO 15609-2
21	Widerstandspunktschweißen	DIN EN ISO 15609-5
22	Rollennahtschweißen ^a	
23	Buckelschweißen ^a	
24	Abbreinstumpfschweißen ^a	
42	Reibschweißen ^a	DIN EN ISO 15620
52	Laserstrahlschweißen	DIN EN ISO 15609-4
783	Hubzündungsbolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas	DIN EN ISO 14555
784	Kurzzeit-Bolzen-Schweißen mit Hubzündung	

^a Nur für nichttragende Nähte.

DIN 18800-7:2008-11**Tabelle 3B— Methoden der Qualifizierung von Schweißverfahren**

Schweißprozesse nach DIN EN ISO 4063		Methode der Qualifizierung		
Ordnungsnummer	Bezeichnung	Werkstoff	Mechanisierungsgrad	Methode der Qualifizierung
111	Lichtbogenhandschweißen	Walzstähle, Schmiedestähle und Stahlgusswerkstoffe	Manuell und teilmechanisch	DIN EN ISO 15610, DIN EN ISO 15611, DIN EN ISO 15612, DIN EN ISO 15613, oder DIN EN ISO 15614-1
114	Metalllichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode ohne Schutzgas			
12	Unterpulverschweißen	R _e ≤ 355 N/mm²	Vollmechanisch und automatisch	DIN EN ISO 15613 oder DIN EN ISO 15614-1 unter Beachtung der zusätzlichen Festlegungen der Richtlinie DVS 1702
135	Metall-Aktivgas-Schweißen			
136	Metall-Aktivgas-Schweißen mit Fülldrahtelektrode	Walzstähle, Schmiedestähle und Stahlgusswerkstoffe	Alle	
141	Wolfram-Schutzgasschweißen			
15	Plasmaschweißen			
311	Gasschweißen mit Sauerstoff-Acetylen-Flamme	R _e > 355 N/mm²		
21	Widerstandspunktschweißen	DIN EN ISO 15614-12		
22	Rollennahtschweißen			
23	Buckelschweißen			
24	Abbrennstumpfschweißen	DIN EN ISO 15614-13		
42	Reibschweißen	DIN EN ISO 15620		
52	Laserstrahlschweißen	DIN EN ISO 15614-11		
783	Hubzündungsbolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas	DIN EN ISO 14555		
784	Kurzzeit-Bolzen-Schweißen mit Hubzündung			

7.1.2 Schweißverfahrensprüfungen oder vorgezogene Arbeitsprüfung

(703) Sofern Schweißverfahrensprüfungen oder vorgezogene Arbeitsprüfungen erforderlich werden, müssen die entsprechenden Dokumentationen WPQR (Welding Procedure Qualification Record) vor Fertigungsbeginn oder Montagebeginn vorliegen.

7.2 Schweißplan

(704) Bei Konstruktionen unter nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung ist ein Schweißplan zu erstellen.

7.3 Vorbereitung der Schweißarbeiten

7.3.1 Allgemeines

(705) Oberflächen, an denen geschweißt werden soll, müssen trocken und frei von Rost, Korrosionsschutz (Ausnahme DAST-Richtlinie 006) und Verunreinigungen sein. Die Schweißnahtvorbereitung ist nach den Ausführungsunterlagen auszuführen.

Zusätzlich zu den nachfolgenden Festlegungen sollten die Empfehlungen der DIN EN 1011-1 und DIN EN 1011-2 herangezogen werden.

Beim Schweißen von nichtrostenden Stählen sollten die Empfehlungen der DIN EN 1011-3 herangezogen werden.

7.3.2 Lagerung und Handhabung von Schweißzusätzen

(706) Schweißzusätze sind so zu lagern, dass ihre vom Hersteller gewährleisteten Eigenschaften erhalten bleiben.

Schweißzusätze, die Beschädigungen oder sichtbare Qualitätsminderungen aufweisen, dürfen nicht verwendet werden.

7.3.3 Witterungsschutz

(707) Schweißer und Werkstück müssen angemessen gegen direkte Witterungseinflüsse wie Kälte, Wind, Regen und Schnee geschützt werden.

Bei niedrigen Werkstofftemperaturen, im Allgemeinen unter 0 °C, sind geeignete Maßnahmen zu treffen.

7.4 Ausführung von Schweißarbeiten

7.4.1 Allgemeines

(708) Zusätzlich zu 7.3.1 gelten die Regeln in 7.4.2 bis 7.4.6.

7.4.2 Vorwärmen

(709) Bei zu geringem Wärmeeinbringen und zu schneller Wärmeableitung sowie bei niedrigen Werkstücktemperaturen ist in Abhängigkeit vom Werkstoff im Bereich der Schweißzonen ausreichend vorzuwärmen.

ANMERKUNG Vorwärmen kann auch bei dickeren Bauteilen oder bei einer Anhäufung von Schweißnähten sowie bei T-förmigen Anschlüssen zum Vermeiden von Eigenspannungen oder Terrassenbrüchen erforderlich werden (siehe auch DAST-Richtlinie 014).

Die erforderlichen Mindestvorwärmtemperaturen können nach SEW 088 ermittelt werden.

Die Messung der Vorwärmtemperatur richtet sich nach DIN EN ISO 13916.

(710) Zur Vermeidung von Wasserstoffrissen sind die Empfehlungen nach DIN EN 1011-2:2001-05, C.3, Methode B, zu beachten.

DIN 18800-7:2008-11**7.4.3 Zusammenbauhilfen**

(711) Zusammenbauhilfen mittels Heftnähten oder Schraubverbindungen müssen so beseitigt werden, dass die gestellten Qualitätsanforderungen an das Hauptbauteil erfüllt werden.

Bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung müssen angemessene Prüfungen sicherstellen, dass der Grundwerkstoff im Oberflächenbereich rissfrei ist.

7.4.4 Bolzenschweißen

(712) Das Schweißen und Prüfen von Bolzen erfolgen nach DIN EN ISO 14555.

In den Klassen C und D sind 10 % Fehlerfläche und in der Klasse E ist 5 % Fehlerfläche zulässig (siehe Tabellen 11 bis 13).

7.4.5 Schweißen von Betonstahl

(713) Die Ausführung und das Prüfen von Schweißarbeiten an Betonstahl erfolgen nach DIN EN ISO 17660.

7.4.6 Zusätzliche Anforderungen

(714) Zusätzliche Anforderungen wie Schleifen und Nacharbeiten der fertig gestellten Nähte sind in den Ausführungsunterlagen festzulegen.

Wenn Schrumpfkkräfte senkrecht zur Bauteildicke wirken, sollten die Empfehlungen zur Vermeidung von Terrassenbrüchen beachtet werden (siehe DAST-Richtlinie 014 und DIN EN 1011-2:2001-05, Anhang F).

8 Schrauben- und Nietverbindungen**8.1 Allgemeines**

(801) Bei der Ausführung von Schrauben- und Nietverbindungen sind die Regelungen nach DIN 18800-1:2008-11, Elemente (506) bis (513), zu beachten.

(802) Der Dickenunterschied aus Herstellungstoleranzen darf in scherbeanspruchten Laschenverbindungen bei vorwiegend ruhender Beanspruchung nicht mehr als 2 mm und bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung nicht mehr als 1 mm betragen. Zur Anpassung müssen Futterbleche aus Stahl mit einer Mindestdicke von 1 mm eingesetzt werden. Beim Einsatz von mehr als drei Futterblechen müssen diese vorgebunden werden.

ANMERKUNG Das Verbinden der Futterbleche kann durch Schrauben oder Schweißen erfolgen, siehe DIN 18800-1:2008-11, Element (512).

(803) Unterlegbleche aus Stahl unter den Scheiben oder (bei nur mutterseitiger Scheibe) unmittelbar unter dem Schraubenkopf dürfen nicht dünner als 4 mm sein und müssen mindestens dieselbe Nennfestigkeit besitzen wie das Bauteil. Solche Unterlegbleche dürfen nicht ohne statischen Nachweis zur Überbrückung eines Langloches oder eines planmäßig übergroßen Loches eingesetzt werden (siehe auch Element (807)).

(804) Werden SLP-Verbindungen nicht vorwiegend ruhend scherbeansprucht, müssen die Muttern gegenüber der Schraube durch zusätzliche konstruktive Maßnahmen gegen Lösen gesichert werden.

ANMERKUNG Planmäßig vorgespannte Verbindungen benötigen auch bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung keine zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen. In besonderen Anwendungsfällen mit einem Klemmlängenverhältnis $l_k/d < 5$ muss die vorgespannte Verbindung konstruktiv so bemessen und gestaltet werden, dass Querverschiebungen der verspannten Teile untereinander hinreichend begrenzt werden, siehe [2].

8.2 Maße der Löcher

(805) Für HV-Garnituren M39 bis M64 gilt die DAST-Richtlinie 021.

Das Nennlochspiel für Schrauben in runden Löchern darf für Schrauben kleiner M27 maximal 2 mm und für Schrauben M27 und größer maximal 3 mm betragen, sofern in Bemessungsnormen nicht abweichende Werte angegeben sind.

Der Nennlochdurchmesser für einen Niet darf um maximal 2 mm größer sein als der Durchmesser des Rohnietes, sofern in Bemessungsnormen oder Produktnormen nicht geringere Werte angegeben sind.

(806) Löcher für Passschrauben sind entweder kleiner als der Schaftdurchmesser zu bohren und nach Fixierung der zu fügenden Bauteile gemeinsam aufzureiben oder nach Fixierung der Bauteile gemeinsam zu bohren. In beiden Fällen darf das endgültige Loch nicht mehr als 0,3 mm größer sein als der Schaftdurchmesser.

(807) Langlöcher und planmäßig übergroße Löcher sowie dafür (zusätzlich zu den Scheiben) gegebenenfalls erforderliche Unterlegbleche (siehe Element (803)) dürfen nur nach Angaben des Entwurfsverfassers ausgeführt werden. Sie erfordern in der Regel einen speziellen statischen Nachweis.

(808) Senkungen für Senkschrauben und Senkniete sind so auszuführen, dass die Schrauben- bzw. Nietköpfe nicht über die Außenfläche der Bauteile hervorstehen. Die maximale Senktiefe muss den Angaben des Entwurfsverfassers entsprechen.

8.3 Einsatz von Schraubenverbindungen

(809) Nach dem Anziehen muss das Schraubengewinde bei planmäßig vorgespannten Verbindungen und bei SL- und SLP-Verbindungen mit zusätzlicher Zugbeanspruchung mindestens einen Gewindegang über die Mutter hinausragen. Bei nicht planmäßig vorgespannten Verbindungen ohne zusätzliche Zugbeanspruchung reicht es aus, wenn die Schraube mit der Außenfläche der Mutter abschließt.

(810) Muttern müssen auf den zugehörigen Schrauben von Hand drehbar sein. Ist in Einzelfällen beim ersten Aufschrauben ein Montagewerkzeug nötig, muss die Mutter beim zweiten Aufschrauben von Hand drehbar sein.

(811) In Schraubenverbindungen der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 (Tabelle 1, Zeilen 1 bis 3) sind Scheiben unter der Mutter erforderlich.

(812) In Schraubenverbindungen der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 (Tabelle 1, Zeilen 4 bis 7) sind Scheiben kopf- und mutterseitig so anzuordnen, dass die Fase nach außen weist. Auf die kopfseitige Unterlegscheibe darf bei nicht planmäßig vorgespannten Schrauben dieser Festigkeitsklassen verzichtet werden, wenn das tatsächliche Lochspiel den Angaben in Element (805) entspricht.

(813) Zum Ausgleich der Klemmlänge einer Schraubenverbindung sind auf der Seite, auf der nicht gedreht wird, bis zu drei Scheiben mit einer Gesamtdicke von maximal 12 mm zulässig. Hierbei ist die Verschiebung der Scherfuge zu beachten (siehe Element (817)).

(814) Beim Verschrauben von U- oder I-Profilen mit geneigten Auflagerflächen sind die entsprechenden Keilscheiben gemäß Tabelle 1 zu verwenden.

In anderen Fällen darf die Neigung der Auflageflächen am Bauteil gegen die Auflageflächen des Schraubenkopfes und/oder der Mutter den gemäß DIN 18800-1:2008-11, Element (507), planmäßig zulässigen Wert von 2 % bei vorwiegend ruhender Beanspruchung infolge Herstellungsungenauigkeiten bis zum Zweifachen überschreiten (Istneigung $\leq 4\%$), sofern mutterseitig angezogen wird. Bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung darf die Summe aus planmäßiger und herstellbedingter Neigung nicht mehr als 2 % betragen.

Werden die vorgenannten Grenzneigungen bei der Ausführung überschritten, so sind zum Ausgleich geeignete Keilscheiben ausreichender Härte einzubauen.

DIN 18800-7:2008-11

(815) Schraubengarnituren für planmäßig vorgespannte Verbindungen müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden. Sie dürfen beim Einbau keine nennenswerten Oberflächenveränderungen (z. B. Verschmutzungen oder massive, voluminöse Korrosionsprodukte) aufweisen.

(816) Säurehaltige Schmiermittel dürfen nicht verwendet werden.

(817) Bei Verbindungen darf das Gewinde in die Scherebene hineinragen, wenn dies bei der Auslegung der Verbindung berücksichtigt wurde.

(818) An Schrauben darf nur mit speziellem Nachweis geschweißt werden. Nur an dafür geeigneten Muttern darf geschweißt werden (z. B. DIN 929, DIN EN ISO 21670).

(819) Feuerverzinkte Schrauben mit Gewindeuntermaß (Zusatzkennzeichen „U“ nach DIN EN ISO 10684) und feuerverzinkte Muttern mit Gewindeübermaß (Zusatzkennzeichen „Z“ nach DIN EN ISO 10684) dürfen nicht zusammen verbaut werden (siehe auch (518) und (525)).

Beim Einsatz von feuerverzinkten Schrauben in feuerverzinkten Bauteilen mit Innengewinde und beim Einsatz von feuerverzinkten Muttern auf feuerverzinkten Bauteilen mit Außengewinde ist sinngemäß zu verfahren. Sollen solche feuerverzinkten Schraubverbindungen planmäßig vorgespannt werden, ist eine Verfahrensprüfung erforderlich (siehe (524)).

(820) Bei Sacklochverschraubungen in Bauteilen aus Gusswerkstoffen ist für den Bereich des eingeschnittenen Gewindes durch zerstörungsfreie Prüfung nachzuweisen, dass die für die Übertragung der jeweiligen Beanspruchung erforderliche Werkstoffhomogenität vorhanden ist.

(821) Muttern müssen so eingebaut werden, dass nach dem Einbau das Herstellerkennzeichen sichtbar ist.

8.4 Vorbereitung der Kontaktflächen für Schraubenverbindungen

(822) Kontaktflächen von Scher-Lochleibungs-Verbindungen (SL, SLP, SLV, SLVP) sind mindestens mit einer Grundbeschichtung nach DIN EN ISO 12944-5 zu beschichten. Hierauf darf verzichtet werden, wenn die Berührungsflächen unbeschädigte Fertigungsbeschichtungen aufweisen.

ANMERKUNG Zu den Kontaktflächen im Sinne der nachfolgenden Elemente gehören auch die Oberflächen der Futterbleche nach Element (802).

(823) Für Kontaktflächen von planmäßig vorgespannten Scher-Lochleibungs-Verbindungen (SLV, SLVP) sind die gemäß den Technischen Lieferbedingungen in Tabelle 4 zulässigen Höchstwerte für die Schichtdicke einzuhalten.

Sofern andere geeignete Beschichtungsstoffe als nach Tabelle 4 verwendet werden oder mehr als zwei beschichtete Flächen zusammengespannt werden, ist durch eine Verfahrensprüfung sicherzustellen, dass der Vorspannkraftverlust in den vorgegebenen Grenzen bleibt, oder der Vorspannkraftverlust ist durch Nachziehen auszugleichen.

Unabhängig von der Anzahl der im Klemmpaket zusammengespannten beschichteten Flächen sind in SLV- und SLVP-Verbindungen nicht geeignet:

- a) PVC/PVC-Kombinations-Beschichtungen,
- b) AK-Beschichtungen mit Schichtdicke > 120 µm,
- c) AY-Hydro-Beschichtungen mit Schichtdicke > 120 µm.

Tabelle 4 — Eignungshinweise für Beschichtungen/Beschichtungssysteme auf Kontaktflächen planmäßig vorgespannter Scher-Lochleibungs-Verbindungen (SLV/SLVP)

Eignungsvermerk	Beschichtungen/Aufbau der Beschichtungssysteme	
Vorspannkraftverlust bei zwei zusammengespannten beschichteten Kontaktflächen ≤ 10 %. In SLV/SLVP für Beanspruchung auf Zug und Abscheren/ Lochleibung geeignet.	ASI-Zinkstaub	TL/TP-KOR-Stahlbauten Blatt 85
	2K-EP-Zinkstaub	TL/TP-KOR-Stahlbauten Blatt 87
	Feuerverzinken	DIN EN ISO 1461
Vorspannkraftverlust bei zwei zusammengespannten beschichteten Kontaktflächen ≤ 30 %. In SLV/SLVP für Beanspruchung auf Abscheren/Lochleibung geeignet.	<u>EP-/PUR-System</u> ^a 1. 2K-EP-Zinkstaub-GB oder 2K-EP-Zinkphosphat 2. 2 × 2K-EP-Eisenglimmer ZB 3. 2K-PUR-DB	TL/TP-KOR-Stahlbauten Blatt 87
	<u>1K-PUR-System</u> ^a 1. GB 1K-PUR-Zinkstaub Stoff- Nr. 689.04 (Auch möglich, aber nicht geprüft: Stoff-Nr. 689.03) 2. 2 × ZB 1K-PUR-Eisenglimmer 3. DB 1K-PUR-Eisenglimmer	TL/TP-KOR-Stahlbauten Blatt 89
	GB auf Ethylsilikat-Grundlage (ESI)	TL/TP-KOR-Stahlbauten Blatt 86
	2K-EP-high-solid-Beschichtung	Einzelprüfung
	AK-Zinkphosphat-GB AY-Hydro-Zinkphosphat-GB	Einzelprüfung
^a Alle Stoffe auch einzeln, d. h. außerhalb des Systems, zulässig.		

(824) Auf Kontaktflächen von GV- und GVP-Verbindungen sind Grate, die ein Aufeinandersitzen der zu verbindenden Teile verhindern würden, zu entfernen. Beim Zusammenbau müssen die Kontaktflächen frei sein von allen Verunreinigungen (z. B. Öl, Schmutz).

(825) Kontaktflächen von GV- und GVP-Verbindungen sind zur Erzielung einer Reibungszahl $\mu \geq 0,5$ mit im Stahlbau üblichen Strahlmitteln und Korngrößen zu strahlen (Sa 2 1/2).

Sofern gestrahlte Kontaktflächen von GV- und GVP-Verbindungen nicht sofort nach der Oberflächenvorbereitung zusammengebaut oder beschichtet werden, müssen sie vor dem Zusammenbau oder der Beschichtung durch Abbürsten mit einer Stahlbürste von Flugrost oder anderem lose aufliegenden Material befreit werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Oberfläche weder beschädigt noch geglättet wird.

(826) Gestrahlte Kontaktflächen von GV- und GVP-Verbindungen dürfen mit einem Zink-Silikat-System beschichtet werden, wenn der Hersteller des Beschichtungsstoffes die erforderliche Reibungszahl $\mu \geq 0,5$ nach TL/TP-KOR-Stahlbauten Blatt 85 durch ein Abnahmeprüfzeugnis belegen kann. Es ist darauf zu achten, dass die vom Lieferer anzugebenden Trocknungszeiten eingehalten werden.

Andere Beschichtungen dürfen in GV- und GVP-Verbindungen nur eingesetzt werden, wenn in einer Verfahrensprüfung das Erreichen der erforderlichen Reibungszahl $\mu \geq 0,5$ nachgewiesen wurde.

DIN 18800-7:2008-11**8.5 Anziehen von nicht planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen**

(827) Als nicht planmäßig vorgespannt gelten Verbindungen, wenn sie entsprechend der gängigen Montagepraxis nur „handfest“ angezogen werden.

Das handfeste Anziehen darf auch durch geeignete Einstellung eines Schraubers erfolgen. Hierbei kann mit einem vom Schraubenhersteller empfohlenen Anziehmoment oder — unabhängig von der Festigkeitsklasse — mit dem entsprechenden Voranziehmoment nach Spalte 5 der Tabelle 6 angezogen werden.

(828) Die verbundenen Teile sind so weit zusammenzuziehen, dass im Klemmbereich eine weitgehend flächige Anlage erreicht wird. Dabei dürfen die Schrauben aber nicht überbelastet werden. Insbesondere dürfen bei hochfesten Schrauben nicht die Regelvorspannkkräfte nach Spalte 2 der Tabellen 5 und 6 überschritten werden. Bei zu großen Spalten in Laschenstößen sind ggf. Futterbleche einzusetzen, um eine Anpassung gemäß Element (802) zu erreichen.

In Anschlüssen mit mehr als 3 Schrauben in einer Reihe sollte das Anziehen von der Mitte nach außen fortschreitend ausgeführt werden.

8.6 Anziehen von planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen**8.6.1 Allgemeines**

(829) Vor Beginn der Verschraubungsarbeiten ist eine Ausführungsanweisung zu erstellen. Deren Einhaltung ist zu dokumentieren.

(830) Wenn in den Ausführungsunterlagen keine abweichenden Angaben gemacht werden, ist auf die Regel-Vorspannkraft F_V nach Spalte 2 der Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 vorzuspannen. Die Regelvorspannkraft ergibt sich aus dem Produkt von Nennspannungsquerschnitt der Schraube $\times 0,7 \times$ Streckgrenze auch für Maße außerhalb des Abmessungsbereichs der Tabellen 5 und 6. Kleinere planmäßige Vorspannkkräfte größer 50 % dieser Regel-Vorspannkraft sind zulässig, sofern dies bei der Bemessung berücksichtigt wurde und in den Ausführungsunterlagen ausdrücklich vermerkt ist. Größere planmäßige Vorspannkkräfte als die Regel-Vorspannkkräfte dürfen bei der Bemessung nicht vorausgesetzt werden.

(831) Vor dem Beginn des Vorspannens müssen alle Schraubenverbindungen eines Anschlusses entsprechend 8.5 vorangezogen sein. Sie dürfen vor dem weiteren Vorspannen nicht für längere Zeit der Freibewitterung ausgesetzt werden. Das weitere Vorspannen muss von der Mitte jedes Anschlusses nach außen fortschreitend ausgeführt werden.

(832) Wird durch Drehen vorgespannt, so hat das Vorspannen der Verbindungen durch Anwendung eines der in 8.6.2 bis 8.6.5 beschriebenen Verfahren zu erfolgen. Sollen andere Verfahren oder Maße als in Tabellen 5 und 6 zur Anwendung kommen, müssen die Einstellwerte mit Verfahrensprüfungen ermittelt werden.

(833) Wird durch Drehen vorgespannt und sollen dabei die Vorgaben der Tabellen 5 und 6 verwendet werden, dann muss das Vorspannen einer Verbindung durch Drehen der Mutter erfolgen. Nur in diesem Fall gelten für planmäßig vorgespannte Garnituren die Vorgaben der Tabellen 5 und 6.

Bei Vorspannen durch Drehen des Schraubenkopfes ist das Erreichen der planmäßigen Vorspannkraft anderweitig sicherzustellen (beispielsweise durch eine Verfahrensprüfung zum Anziehverhalten mit geeigneter Schmierung der kopfseitigen Scheibe oder der Auflagefläche des Schraubenkopfes).

(834) Wird eine auf die planmäßige Vorspannkraft vorgespannte Garnitur später gelöst, dann muss sie ausgebaut und durch eine neue ersetzt werden.

Wenn für gelöste Garnituren, die nach einem der in 8.6.2 oder 8.6.3 beschriebenen Verfahren vorgespannt wurden, nachgewiesen wird, dass die Schraube beim ersten Vorspannen nicht bleibend geschädigt wurde, ist ein erneutes Vorspannen dieser Schraube mit einer neu geschmierten Mutter desselben Schraubenherstellers zulässig.

Tabelle 5 — Vorspannkraften und Anziehmomente für Drehmoment- und Drehimpuls-Vorspannverfahren für Garnituren der Festigkeitsklasse 8.8 nach Zeile 5 der Tabelle 1

1	2	3	4	5
Maße	Regel-Vorspannkraft F_V kN	Drehmomentverfahren		Drehimpulsverfahren
		Aufzubringendes Anziehmoment M_A zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_V Nm		Einzustellende Vorspannkraft $F_{V,DI}$ zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_V kN
		Oberflächenzustand		
		feuerverzinkt und geschmiert ^a	wie hergestellt und leicht geölt	wie in Spalte 3
1	M12	35	70	40
2	M16	70	170	80
3	M20	110	300	120
4	M22	130	450	145
5	M24	150	600	165
6	M27	200	900	220
7	M30	245	1 200	270
8	M36	355	2 100	390
^a Muttern mit Molybdändisulfid oder gleichwertigem Schmierstoff behandelt				

DIN 18800-7:2008-11

Tabelle 6 — Vorspannkraft und Anziehmomente für Drehmoment-, Drehimpuls-, Drehwinkel- und kombiniertes Vorspannverfahren für Garnituren der Festigkeitsklasse 10.9 nach Zeilen 6 und 7 der Tabelle 1

	1	2	3	4	5	6
	Maße	Regel-Vorspannkraft F_V kN	Drehmoment-verfahren	Drehimpuls-verfahren	Drehwinkel-verfahren	Kombiniertes Verfahren
			Aufzubringendes Anziehmoment M_A zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_V Nm	Einzustellende Vorspannkraft $F_{V,DI}$ zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_V kN	Voranzieh-moment $M_{VA,DW}$ Nm	Voranzieh-moment $M_{VA,KV}$ Nm
			Oberflächenzustand: feuerverzinkt und geschmiert ^a und wie hergestellt und geschmiert ^a			
1	M12	50	100	60	10	75
2	M16	100	250	110	50	190
3	M20	160	450	175	50	340
4	M22	190	650	210	100	490
5	M24	220	800	240	100	600
6	M27	290	1 250	320	200	940
7	M30	350	1 650	390	200	1 240
8	M36	510	2 800	560	200	2 100

^a Muttern mit Molybdändisulfid oder gleichwertigem Schmierstoff behandelt

ANMERKUNG Für HV-Garnituren nach DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6 und DIN EN 14399-8 der K-Klasse K1 gilt unabhängig vom Oberflächenzustand ein einheitliches Anziehdrehmoment nach Tabelle 6, Spalte 3.

Noch vorhandene HV-Garnituren nach den nicht mehr gültigen DIN 6914, DIN 6915, DIN 6916 und DIN 7999 in der Oberflächenausführung "wie hergestellt und leicht geölt" sind weiterhin mit Anziehdrehmomenten nach DIN 18800-7:2002-09, Tabelle 6, zu verbauen.

Wenn in einem Bauwerk HV-Garnituren nach DIN 6914, DIN 6915, DIN 6916 und DIN 7999 eingeplant wurden, dürfen diese jeweils als vollständige Garnitur im ganzen Bauwerk oder in Teilbereichen des Bauwerkes durch HV-Garnituren nach DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6 und DIN EN 14399-8 der K-Klasse K1 mit gleichem Oberflächenzustand ersetzt werden.

Bei Verwendung feuerverzinkter HV-Garnituren nach DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6 und DIN EN 14399-8 der K-Klasse K1 dürfen auch einzelne Elemente der Garnituren durch Elemente von HV-Garnituren nach den nicht mehr gültigen DIN 6914, DIN 6915, DIN 6916 und DIN 7999 des selben Herstellers ersetzt werden.

8.6.2 Drehmoment-Vorspannverfahren

(835) Die Verbindungen müssen mit Hilfe eines Drehmoment-Anziehgerätes, dessen Messabweichung weniger als 5 % beträgt, vorgespannt werden. Jedes Gerät ist hinsichtlich seiner Messgenauigkeit regelmäßig nach Angaben des Geräteherstellers zu überprüfen. Soll auf die Regel-Vorspannkraft nach Spalte 2 von Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 vorgespannt werden, so müssen die in den Spalten 3 von Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 angegebenen Anziehmomente aufgebracht werden. Bei kleinerer planmäßiger Vorspannkraft als der Regel-Vorspannkraft (siehe Element (829)) sind die Anziehmomente proportional zu reduzieren.

ANMERKUNG Dieses Verfahren ermöglicht ein stufenweises Vorspannen in Anschlüssen mit vielen Schrauben sowie ein Nachziehen als Kontrolle oder zum Ausgleich von Vorspannkraftverlusten nach wenigen Tagen.

8.6.3 Drehimpuls-Vorspannverfahren

(836) Die Verbindungen müssen mit Hilfe eines vorher auf geeignete Weise eingestellten Impuls- oder Schlagschraubers mit einer Messabweichung von weniger als 5 % angezogen werden. Jedes hierfür benutzte Einstellgerät ist hinsichtlich seiner Messgenauigkeit regelmäßig nach Angaben des Geräteherstellers zu überprüfen. Soll auf die Regel-Vorspannkraft nach Spalte 2 von Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 vorgespannt werden, so muss der Schrauber auf den um etwa 10 % höheren Vorspannkraftwert nach Spalte 5 von Tabelle 5 bzw. Spalte 4 von Tabelle 6 eingestellt werden. Bei kleinerer planmäßiger Vorspannkraft als der Regel-Vorspannkraft sind die Einstell-Vorspannkraftwerte proportional zu reduzieren.

8.6.4 Drehwinkel-Vorspannverfahren

(837) Die Anwendung des Drehwinkel-Vorspannverfahrens setzt voraus, dass im Bereich der Verschraubung bereits vor dem Vorspannen eine weitgehend flächige Anlage der zu verbindenden Bauteile vorliegt.

(838) Vor dem endgültigen Anziehen jeder Schraubengarnitur ist das Voranziehmoment $M_{VA, DW}$ nach Spalte 5 der Tabelle 6 mit einem der in 8.6.2 oder 8.6.3 beschriebenen Verfahren aufzubringen und die Lage der Mutter relativ zum Schraubenschaft und relativ zum Bauteil eindeutig und dauerhaft (bis zum Zeitpunkt der Kontrolle der Verbindung nach 12.2.2) zu kennzeichnen, so dass der anschließend aufgebrachte Weiterdrehwinkel der Mutter relativ zur Schraube leicht ermittelt werden kann. Wenn nötig, ist das Element, das nicht gedreht wird, geeignet zu halten, um ein Mitdrehen zu verhindern.

(839) Das Vorspannen der Verbindung erfolgt durch Weiterdrehen der Mutter um einen erforderlichen Weiterdrehwinkel. Dieser muss sicherstellen, dass mindestens die in Spalte 2 von Tabelle 6 angegebene Regel-Vorspannkraft erreicht wird. Kleinere planmäßige Vorspannkraft als die Regel-Vorspannkraft sind bei Anwendung des Drehwinkelverfahrens nicht zulässig.

(840) Der erforderliche Weiterdrehwinkel muss durch eine Verfahrensprüfung an der jeweiligen Originalverschraubung ermittelt werden (z. B. mittels Messung der Schraubenverlängerung).

ANMERKUNG Als Startwerte für die Verfahrensprüfung können die doppelten Weiterdrehwinkel der Tabelle 7 dienen.

(841) Wenn eine ausreichend flächige Anlage der zu verbindenden Bauteile mit Hilfe der Voranziehmomente nach Spalte 5 der Tabelle 6 nicht zu erreichen ist, aber trotzdem mittels Weiterdrehwinkel vorgespannt werden soll, muss das kombinierte Vorspannverfahren angewandt werden.

8.6.5 Kombiniertes Vorspannverfahren

(842) Vor dem endgültigen Anziehen jeder Schraubengarnitur ist das erhöhte Voranziehmoment $M_{VA, KV}$ nach Spalte 6 der Tabelle 6 mit einem der in 8.6.2 oder 8.6.3 beschriebenen Verfahren aufzubringen und die Lage der Mutter relativ zum Schraubenschaft und relativ zum Bauteil eindeutig und dauerhaft (bis zum Zeitpunkt der Kontrolle der Verbindung nach 12.2.2) zu kennzeichnen, so dass der anschließend aufzubringende Weiterdrehwinkel der Mutter relativ zur Schraube leicht ermittelt werden kann. Wenn nötig, ist das Element, das nicht gedreht wird, geeignet zu halten, um ein Mitdrehen zu verhindern.

(843) Ist mit Hilfe des erhöhten Voranziehmomentes eine ausreichend flächige Anlage der zu verbindenden Bauteile erreichbar, darf das endgültige Vorspannen der Verbindung auf die Regel-Vorspannkraft nach Spalte 2 der Tabelle 6 durch Weiterdrehen der Mutter um den Weiterdrehwinkel ϑ bzw. das Umdrehungsmaß V nach Tabelle 7 erfolgen. Kleinere planmäßige Vorspannkraft als die Regel-Vorspannkraft sind bei Anwendung des Kombinierten Vorspannverfahrens nicht zulässig.

(844) Ist mit Hilfe des erhöhten Voranziehmomentes eine ausreichend flächige Anlage der zu verbindenden Bauteile nicht erreichbar und das Erreichen der planmäßigen Vorspannkraft somit zweifelhaft, so ist der erforderliche Weiterdrehwinkel durch eine Verfahrensprüfung an der jeweiligen Originalverschraubung zu ermitteln (z. B. mittels Messung der Schraubenverlängerung).

DIN 18800-7:2008-11**Tabelle 7 — Erforderliche Weiterdrehwinkel ϑ bzw. -umdrehungsmaße V für das kombinierte Vorspannverfahren an Garnituren der Festigkeitsklasse 10.9 nach Zeile 6 und 7 der Tabelle 1**

	1	2	3
	Gesamte Nenndicke Σt der zu verbindenden Teile (einschließlich aller Futterbleche und Unterlegscheiben)	Weiterdrehwinkel ϑ	Weiterumdrehungsmaß V
1	$\Sigma t < 2 d$	45	1/8
2	$2 d \leq \Sigma t < 6 d$	60	1/6
3	$6 d \leq \Sigma t < 10 d$	90	1/4
4	$10 d < \Sigma t$	keine Empfehlung	keine Empfehlung

8.7 Einbau von Nieten

(845) Die zu verbindenden Teile müssen so zusammengezogen werden, dass sie eine weitgehend flächige Anlage erreichen, und dann während des Nietens zusammengehalten werden.

ANMERKUNG 1 Bei Anschlüssen mit mehreren Nieten kann das Zusammenhalten mit Hilfe von Montageschrauben in mindestens jedem vierten Loch erfolgen.

(846) Die Niete müssen gleichmäßig über die gesamte Länge erhitzt werden. Sie müssen vor dem Einsetzen in das Nietloch weitestgehend zunderfrei sein und im rotwarmen Zustand verarbeitet werden. Dabei sind sie auf der gesamten Länge so zu stauchen, dass sie das Loch vollständig ausfüllen. Besondere Sorgfalt ist beim Erwärmen und Einschlagen langer Niete erforderlich.

ANMERKUNG 2 Die Befreiung von Zunder erfolgt, indem der heiße Niet auf eine harte Oberfläche aufgeschlagen wird, bevor er in das Loch eingesetzt wird.

(847) Das Nieten sollte mit Maschinen des Dauerdrucktyps ausgeführt werden. Dabei muss der Arbeitsdruck nach dem vollständigen Stauchen noch für kurze Zeit aufrechterhalten werden.

9 Montage**9.1 Montageanweisung**

(901) Anforderungen an die Montage sind in einer Montageanweisung in Übereinstimmung mit den Ausführungsunterlagen und im Einklang mit den gesetzlichen Regelungen zum Arbeitsschutz und zur Arbeitssicherheit zu dokumentieren.

9.2 Auflager

(902) Bei Transport, Zwischenlagerung und Einbau von Lagern ist DIN EN 1337-11 zu beachten.

(903) Mit der Montage darf erst begonnen werden, wenn die Lage und Höhe der Auflager in einer Übergabevermessung dokumentiert sind oder eine Abnahme nach geprüften Ausführungsunterlagen vorliegt.

9.3 Montagearbeiten

9.3.1 Allgemeines

(904) Für das Ausrichten und Vermessen der Stahlkonstruktion sind die freigegebenen Montageunterlagen maßgebend (siehe 3.4). Die Messarbeiten auf der Baustelle müssen sich auf ein System beziehen, das für das Messen und Ausrichten der Stahlkonstruktion festgelegt wurde. Die Bezugstemperatur ist anzugeben.

9.3.2 Kennzeichnung

(905) Bauteile müssen mit eindeutiger Kennzeichnung auf die Baustelle geliefert werden.

Auch die Einbaulage eines Bauteils muss gekennzeichnet sein, wenn diese nicht eindeutig aus seiner Form hervorgeht.

9.3.3 Transport und Lagerung auf der Baustelle

(906) Stahlbauteile, Verbindungsmittel und Kleinteile sind auf der Baustelle so zu transportieren und zu lagern, dass ihre vom Hersteller gewährleisteten Eigenschaften erhalten bleiben.

9.3.4 Ausrichten

(907) Unterlegbleche und andere Hilfsteile, die als Futter unter Fußplatten benutzt werden, müssen eben, von ausreichender Größe, Festigkeit und Härte sein.

Für das Ausrichten der Konstruktion und zur Überbrückung von Luftspalten in Montagestößen dürfen Unterleg- und Futterbleche verwendet werden.

Unterleg- und Futterbleche müssen gesichert werden, wenn die Gefahr besteht, dass sie sich lösen könnten.

Werden Unterlegbleche nach dem Vergießen belassen, müssen sie aus Werkstoffen hergestellt werden, welche mindestens die gleichen Festigkeitseigenschaften besitzen wie das Tragwerk. Sie müssen so angeordnet sein, dass sie der Verguss mit einer Mindestüberdeckung von 25 mm vollständig umschließt, es sei denn, in den Ausführungsunterlagen werden anderen Angaben gemacht.

(908) Vergussarbeiten sind nach den gültigen Mörtel- und Betonvorschriften auszuführen.

10 Korrosionsschutzmaßnahmen

10.1 Allgemeines

(1001) Es sind die in DIN 18800-1 und den Fachnormen festgelegte Anforderungen zu berücksichtigen. Für Korrosionsschutzmaßnahmen gelten:

- a) wetterfeste Stähle: DAST-Richtlinie 007;
- b) Beschichtungen: DIN EN ISO 12944-1 bis DIN EN ISO 12944-8 und DIN 55928-9. Bei dünnwandigen Bauteilen (siehe DAST-Richtlinie 016) ist ein Korrosionsschutz nach DIN 55928-8 vorzusehen;
- c) Feuerverzinken von Bauteilen und Konstruktionen: DIN EN ISO 1461 und DIN EN ISO 14713;
- d) Feuerverzinken von Verbindungsmitteln: DIN EN ISO 10684;
- e) Thermisches Spritzen: DIN EN ISO 2063.

DIN 18800-7:2008-11

Die Korrosionsschutzmaßnahmen müssen in Abhängigkeit von der Schutzdauer und der Korrosionsbelastung in den Ausführungsunterlagen eindeutig festgelegt werden. Hinweise zur Spezifikation von Beschichtungssystemen und Beschichtungen sind in DIN EN ISO 12944-5 und DIN EN ISO 12944-8 enthalten.

Für die korrosionsschutzgerechte Gestaltung gilt DIN EN ISO 12944-3 bzw. DIN EN ISO 1461 und DIN EN ISO 14713.

10.2 Oberflächenvorbereitung

(1002) Oberflächen müssen entsprechend DIN EN ISO 12944-4 unter Berücksichtigung der/des gewählten Beschichtung/Beschichtungssystems nach DIN EN ISO 12944-5 unter Beachtung der Hinweis in den technischen Merkblättern der Beschichtungsstoffhersteller vorbereitet werden. Für das Feuerverzinken gelten DIN EN ISO 1461 und DIN EN ISO 14713. Für das thermische Spritzen gilt DIN EN ISO 2063.

(1003) Wenn bei der Stahlbaufertigung öl-, fett- oder silikonhaltige Hilfsstoffe verwendet werden, müssen die Rückstände dieser Hilfsmittel entfernt werden.

ANMERKUNG Die bei Brennschnitten unvermeidbaren Veränderungen der Stahloberfläche (Aufhärtung, chemische Zusammensetzung, Kanten) können bei Beschichtungen und Spritzmetallisierung zu Haftungsstörungen, beim Feuerverzinken zu inhomogenen Zinküberzügen führen.

10.3 Fertigungsbeschichtungen

(1004) Prüfberichte zur Porenneigung nach DIN EN ISO 17652-2 und über Gasspürversuche beim Überschweißen (MAK-Werte) mit der Aussage, dass die Zulassungsbedingungen gemäß Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DAST-Richtlinie 006) erfüllt sind, müssen beim Hersteller vorliegen.

ANMERKUNG Hinweise zu Fertigungsbeschichtungen werden in DIN EN ISO 12944-5:1998-07, Tabellen B.1 und B.2, gegeben.

10.4 Beschichtung und Überzüge

(1005) Für das Beschichten gelten DIN EN ISO 12944-5 und DIN EN ISO 12944-7 in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Herstellerangaben für den Beschichtungsstoff in den technischen Merkblättern.

(1006) Unterschiedliche Beschichtungssysteme müssen aufeinander abgestimmt sein. Dies ist auch für Fertigungsbeschichtungen zu beachten.

(1007) Für das thermische Spritzen gelten DIN EN ISO 2063 und DIN EN ISO 14713. Für den Direktauftrag von Beschichtungen auf metallgespritzte Oberflächen sind nur dafür geeignete Beschichtungsstoffe zu verwenden, siehe auch DIN EN ISO 12944-5:1998-07, Tabelle A.10, und technische Merkblätter der Beschichtungsstoffhersteller.

(1008) Für die Beschichtung auf feuerverzinkten Oberflächen muss die Haftung des aufzubringenden Beschichtungsstoffes sichergestellt werden.

ANMERKUNG 1 Dies kann durch die Verwendung von Beschichtungsstoffen mit nachgewiesener Haftung auf gereinigten Zinkoberflächen oder durch leichtes Nachstrahlen (sweepen) erfolgen.

(1009) Die Spaltbereiche im Übergang Stahl/Beton sind hinreichend zu schützen.

ANMERKUNG 2 Während die überwiegende Fläche der Stahlkonstruktion durch den Verbund mit Beton ausreichend gegen Korrosion geschützt ist und keines Korrosionsschutzes bedarf, ist der Spaltbereich auf Grund des in Spalten ablaufenden besonderen Korrosionsmechanismus — bei Feuchtigkeit in den Spalten führt die unterschiedliche Sauerstoffkonzentration durch Bildung von Belüftungselementen zu erhöhter Korrosion — immer einer erhöhten Korrosionsbelastung ausgesetzt. Der Spaltbereich kann z. B. mit einer/einem der einwirkenden Korrosionsbelastung gerecht werdenden quellfesten und verseifungsbeständigen Beschichtung/Beschichtungssystem — z. B. auf Basis Epoxidharz — 5 cm in die Berührungsfläche hineingehend geschützt werden.

(1010) Bereiche und Oberflächen, die nach dem Zusammenbau nicht erreichbar sind, müssen vor dem Zusammenbau mit einem Korrosionsschutzsystem versehen werden. Wenn jedoch Berührungsflächen von Stahlteilen untereinander sowie mit anderen Baustoffen ungeschützt bleiben sollen, so müssen die Spalten gegen das Eindringen von Feuchtigkeit abgesichert sein.

(1011) Dicht geschlossene Hohlbauteile, z. B. Rohre, dürfen ohne Innenschutz bleiben.

ANMERKUNG 3 An der tiefsten Stelle sollten Kontrollbohrungen mit Dichtungsschraube vorgesehen werden (Gefahr der Schwitzwasserbildung).

ANMERKUNG 4 Dicht geschlossene Hohlkästen, zugänglich oder erreichbar durch abgedichtete Türen bzw. Deckel (Mannloch, Handloch), benötigen im Allgemeinen keinen Innenkorrosionsschutz oder nur einen vereinfachten Korrosionsschutz.

10.5 Korrosionsschutz von Verbindungsmitteln

(1012) Die Schutzwirkung des Korrosionsschutzes von Verbindungsmitteln muss der Schutzwirkung des Korrosionsschutzes der verbundenen Bauteile entsprechen.

ANMERKUNG Die galvanische Verzinkung von Verbindungsmitteln reicht als Korrosionsschutz lediglich in trockenen Innenräumen (Korrosionskategorie C1 nach DIN EN ISO 12944-2) aus.

(1013) Bei feuerverzinkten Konstruktionen müssen feuerverzinkte Verbindungsmittel nach DIN EN ISO 10684 verwendet werden.

ANMERKUNG Vorteilhaft ist die Verwendung feuerverzinkter Verbindungsmittel auch für beschichtete Stahlkonstruktionen.

(1014) Warm gesetzte Niete sind ohne vorherigen Korrosionsschutz zu verbauen.

11 Geometrische Toleranzen

11.1 Allgemeines

(1101) Toleranzen für montierte Stahlkonstruktionen sind so zu wählen, dass die Funktion und/oder die Gebrauchstauglichkeit nicht beeinträchtigt wird. Sofern aus besonderen Gründen Toleranzen zusätzlich eingeschränkt werden sollen, ist dies in den Ausführungsunterlagen ausdrücklich zu vermerken.

Die einzuhaltenden Toleranzen müssen die Anforderungen der DIN 18800-1 bis DIN 18800-5 sowie der Fachnormen erfüllen. Die entsprechenden Werte sind den Ausführungsunterlagen zu entnehmen. Für die Fälle, in denen keine Toleranzangaben vorliegen, gilt für das fertige Tragwerk DIN 18202.

(1102) Ist eine Abnahmeprüfung vorgesehen, so ist diese am fertigen Tragwerk vorzunehmen. Über die Abnahmeprüfung ist ein Abnahmeprotokoll anzufertigen.

11.2 Fertigungstoleranzen

(1103) Wenn in den Ausführungsunterlagen für geschweißte und nicht geschweißte Bauteile die Toleranzklasse nicht genannt ist, so gilt nach DIN EN ISO 13920

- a) Toleranzklasse C für Längen- und Winkelmaße,
- b) Toleranzklasse G für Geradheit, Ebenheit und Parallelität.

DIN 18800-7:2008-11

(1104) Die unplanmäßige Außermittigkeit der Hauptachsen der Endquerschnitte an Stützenstößen ist auf maximal 1 % des größeren Wertes der beiden Profilmaße zu begrenzen. Bei Profilmaßen < 500 mm darf der Maximalwert der Außermittigkeit 5 mm betragen.

(1105) Der Spalt zwischen den Oberflächen von Kontaktstößen darf 1 mm nirgendwo überschreiten und muss über wenigstens 2/3 der nominellen Kontaktfläche weniger als 0,5 mm betragen.

Es muss eine Sicherung der gegenseitigen Lage der durch Kontakt verbundenen Teile und ein Ausschluss oder die Unschädlichkeit lokaler Instabilitäten nach Element (837) von DIN 18800-1:2008-11 nachgewiesen sein. Der Spalt zwischen Profil und Kopfplatte darf, wenn die Lage des Profils durch Schweißnähte gesichert wird, bis zu 0,5 mm betragen. Bei einer Sicherung durch Doppelkehlnähte darf bei Stählen bis zur Festigkeitsklasse S355 dieser Spalt bis zu 2,0 mm betragen, wenn dafür ein Nachweis nach DIN 18800-1 erbracht wird.

ANMERKUNG 1 Kontaktstöße mit Gurtlaschen werden in [1] behandelt.

ANMERKUNG 2 Lokale Instabilitäten können insbesondere bei dünnwandigen Bauteilen auftreten.

11.3 Montagetoleranzen

(1106) Die Lage der definierten Systemachsen und das Basisniveau am Fuß einer Stahlstütze sind in den Konstruktionsunterlagen anzugeben.

(1107) Die Lage des Mittelpunktes einer Gruppe von Ankerschrauben darf um nicht mehr als ± 6 mm von der geforderten Lage abweichen.

(1108) Die zulässigen Abweichungen für die Lage der Ankerschrauben und andere Auflager sind in Bild 1 angegeben. Die zulässigen Abweichungen von der geforderten Lage im Ankerloch betragen:

$\Delta x, \Delta y = \pm 10$ mm und

$\Delta z = +25$ mm (nach außen) und -5 mm (nach innen).

Der über die Verankerungsfläche hinausragende Teil der Ankerschraube darf von der planmäßigen Richtung höchstens um 3° abweichen.

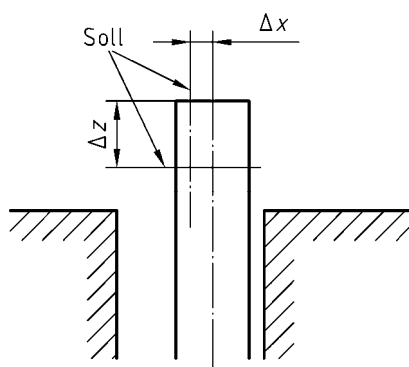


Bild 1 — Zulässige Abweichungen für Ankerbolzen mit Reguliermöglichkeit

12 Prüfungen

12.1 Allgemeines

(1201) Durch geeignete Prüfung ist sicherzustellen, dass die Stahlkonstruktionen den gestellten Anforderungen dieser Norm entsprechen. Es sind die in 12.2 sowie die in den Ausführungsunterlagen aufgeführten Prüfungen durchzuführen und zu dokumentieren.

12.2 Fertigung und Montage

12.2.1 Schweißen

(1202) Die Schweißnähte sind bezüglich Umfang und Prüfverfahren entsprechend den Angaben in den Ausführungsunterlagen zu prüfen. Gegebenenfalls ist ein Prüfplan zu erstellen. Bei Schweißnähten, die planmäßig nicht zur zerstörungsfreien Prüfung vorgesehen sind, reicht das Überprüfen der äußeren Merkmale.

(1203) Jede Schweißnaht ist nach Beendigung des Schweißvorganges einer Sichtprüfung zu unterziehen. Die Sichtprüfung und die auf Grund dieser Sichtprüfung veranlassten Maßnahmen müssen abgeschlossen sein, bevor eine Schweißnaht durch nachfolgende Arbeiten unzugänglich wird oder einer zusätzlichen zerstörungsfreien Prüfung unterzogen wird.

(1204) Sofern in den Zeichnungen keine anderen Vorgaben für die zulässigen Unregelmäßigkeiten enthalten sind, sind bei Bauteilen mit vorwiegend ruhender Beanspruchung bei Verwendung von Schmelzschweißprozessen die zulässigen Grenzwerte für die Unregelmäßigkeiten der Bewertungsgruppe C nach DIN EN ISO 5817 einzuhalten.

Ausgenommen hiervon ist das Merkmal 1.12 „Schroffer Nahtübergang“, das ersatzlos entfällt. Für das Merkmal 1.7 „Durchlaufende Einbrandkerbe/Nichtdurchlaufende Einbrandkerbe“ gilt als Grenzwert max. 1,0 mm. Für die Merkmale 1.4 „Offener Endkraterlunker“, 1.13 „Schweißgutüberlauf“ und 1.22 „Zündstelle“ ist die Bewertungsgruppe D anzusetzen.

Die Merkmale 1.6 „Ungenügender Wurzeleinbrand“ und 2.13 „Ungenügende Durchschweißung“ sind anzuwenden, wenn in der Zeichnung nicht planmäßig eine ungenügende Durchschweißung zulässig ist.

Das Merkmal 3.2 nach DIN EN ISO 5817 "Schlechte Passung bei Kehlnähten" ist nur zulässig, wenn die in den Ausführungsunterlagen geforderte Kehlnahtdicke trotz vorhandenem Spalt erreicht worden ist. Es ist zulässig, die Kehlnahtdicke durch zusätzliches Schweißen so zu vergrößern, dass die geforderte Kehlnahtdicke erreicht wird.

Untersuchungen auf Mikrorisse und Mikrobindefehler sind nicht erforderlich.

Bei den Schweißprozessen 21, 22, 23, 24 und 42 sind die zulässigen Unregelmäßigkeiten aus dem Bericht zur Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR) zu entnehmen, vergleiche Element 701.

Bei Verwendung des Laserschweißprozesses sind generell die zulässigen Grenzwerte für die Unregelmäßigkeiten der Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 13919-1 einzuhalten, wenn in den Zeichnungen keine anderen Vorgaben für die zulässigen Unregelmäßigkeiten enthalten sind.

(1205) Bei Bauteilen mit nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung sind bei Verwendung von Schmelzschweißprozessen die zulässigen Grenzwerte der Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 5817 einzuhalten.

Ausgenommen hiervon ist Merkmal 1.12 „Schroffer Nahtübergang“, das ersatzlos entfällt.

Ausgenommen sind die Merkmale 1.8 „Wurzelkerbe“ und 1.17 „Wurzelrückfall“, die unzulässig sind.

DIN 18800-7:2008-11

Das Merkmal 3.2 nach DIN EN ISO 5817 „Schlechte Passung bei Kehlnähten“ ist nur zulässig, wenn die in den Ausführungsunterlagen geforderte Kehlnahtdicke trotz vorhandenem Spalt erreicht worden ist. Es ist zulässig, die Kehlnahtdicke durch zusätzliches Schweißen so zu vergrößern, dass die geforderte Kehlnahtdicke erreicht wird.

Scharfe Übergänge bei vorhandenem, zulässigem „Kantenversatz“, Merkmal 3.1, sind abzarbeiten.

Schweißspritzer und Zündstellen sind in jedem Fall zu entfernen.

Bei zulässigen Schlauchporen darf keine Verbindung zu den Nahtoberflächen (Wurzel- und Decklage) bestehen.

Untersuchungen auf Mikrorisse und Mikrobindefehler sind nicht erforderlich.

Bei den Schweißprozessen 21, 22, 23, 24 und 42 sind die zulässigen Unregelmäßigkeiten aus dem Bericht zur Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR) zu entnehmen, vergleiche Element 701.

(1206) Neben der Überprüfung der äußeren Merkmale von Unregelmäßigkeiten nach DIN EN ISO 5817 müssen folgende Prüfschritte erfolgen:

- a) Prüfung des Vorhandenseins und der richtigen Lage aller Schweißnähte;
- b) Prüfung von Oberflächenbeschaffenheit und Form der Schweißung;
- c) Prüfung der Schweißnahtmaße (Schweißnahtdicke/Schweißnahtlänge).

(1207) Der Nachweis der Nahtgüte nach DIN 18800-1:2008-11, Tabelle 21, gilt als erbracht, wenn bei einem Prüfumfang von 10 % der Nähte bei der Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung ein Befund nach Element (1204) oder (1205) vorliegt. Dabei ist die Arbeit aller beteiligten Schweißer gleichmäßig zu erfassen.

(1208) Wenn bei einer Stichprobenprüfung Schweißnahtunregelmäßigkeiten festgestellt werden, die die zulässigen Grenzwerte für die Unregelmäßigkeiten nicht erfüllen, muss der Umfang der Prüfungen erhöht werden.

ANMERKUNG 1 Im Allgemeinen wird für jede Prüflänge, bei der die gestellten Anforderungen nicht erreicht werden, die doppelte Prüflänge zusätzlich geprüft. Bei Serienfertigung sind statistische Verfahren zulässig.

(1209) Bei negativem äußeren Befund ist ein Nacharbeiten und — unter Berücksichtigung der vorhandenen Schweißnahtspannung — gegebenenfalls eine zusätzliche zerstörungsfreie Prüfung erforderlich.

ANMERKUNG 2 Zusätzlich zur Sichtprüfung nach DIN EN 970 dürfen folgende Oberflächenriss-Prüfverfahren eingesetzt werden:

- a) Eindringprüfung nach DIN EN 1289;
- b) Magnetpulverprüfung nach DIN EN 1290 und DIN EN 1291.

ANMERKUNG 3 Sofern auf Grund von Zweifeln an der äußeren Ausführung oder der in der Bemessung angesetzten Grenzschnahtspannungen der Nachweis der Nahtgüte erbracht werden muss (siehe Element (1207)), dürfen folgende Prüfverfahren eingesetzt werden:

- a) Durchstrahlungsprüfung nach DIN EN 1435;
- b) Ultraschallprüfung nach DIN EN 1712 und DIN EN 1713, DIN EN 1714.

(1210) Bei der Durchstrahlungsprüfung muss die Prüfklasse B nach DIN EN 1435 erreicht werden. Sofern auf Grund der vorhandenen Blechdicke oder mangelnder Zugänglichkeit mit Gamma-Strahlen gearbeitet werden muss und das Erreichen der Anforderungen der Prüfklasse B nicht erwartet werden kann, sind alternative Prüfverfahren anzuwenden, z. B. Ultraschallprüfung.

(1211) Bei der Ultraschallprüfung ist die Prüfklasse B nach DIN EN 1714 erforderlich.

(1212) Bei der Magnetpulverprüfung von Bauteilen muss die Zulässigkeitsgrenze 1 nach DIN EN 1291 erreicht werden.

(1213) Bei der Eindringprüfung von Bauteilen muss die Zulässigkeitsgrenze 1 nach DIN EN 1289 erreicht werden.

(1214) Bei Zwischenprüfungen festgestellte Fehler, wie Risse oder andere unzulässige Unregelmäßigkeiten, dürfen nicht überschweißt werden und sind immer zu entfernen, bevor die nächste Lage eingebracht wird.

(1215) Systematische Schweißnahtunregelmäßigkeiten (Wiederholung von Unregelmäßigkeiten in regelmäßigen Abständen) sind gesondert zu bewerten. Es müssen Maßnahmen zur Verhinderung dieser systematischen Schweißnahtunregelmäßigkeiten getroffen werden.

(1216) Die nachgebesserten Bauteile müssen die gestellten Anforderungen erfüllen.

(1217) Für Bolzenschweißverbindungen gelten für die inneren und äußeren Unregelmäßigkeiten die Anforderungen der DIN EN ISO 14555.

(1218) Abschließende Prüfungen, die qualitätsrelevante Bedeutung haben, müssen vom Prüfungspersonal durchgeführt werden, das die jeweils zutreffenden Anforderungen nach DIN EN 473 erfüllt.

ANMERKUNG 4 Die Überwachung der Prüfung kann wahlweise von der Schweißaufsicht oder von einer separaten (internen oder externen) Prüfaufsicht wahrgenommen werden.

Anforderungen an das Prüfungspersonal sind enthalten in:

- a) DVS-IIW/EFW 1178, Stufe III (Schweißgüteprüffachmann),
- b) DVS-IIW/EFW 1178, Stufe II (Schweißgüteprüftechniker),
- c) DVS-IIW/EFW 1178, Stufe I (Schweißgüteprüfingenieur).

(1219) Die Prüfungen sind mit Angabe der verwendeten Prüfverfahren und der untersuchten Schweißnähte zu dokumentieren.

12.2.2 Planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen

(1220) Die Kontaktflächen von GV- und GVP-Verbindungen müssen unmittelbar vor dem Zusammenbau auf Einhaltung der Kriterien nach 8.4 überprüft werden.

(1221) Bei nicht vorwiegend ruhend beanspruchten Verbindungen müssen mindestens 10 %, bei vorwiegend ruhend beanspruchten Verbindungen mindestens 5 % der Garnituren des ausgeführten Anschlusses überprüft werden (bei Anschlüssen mit weniger als 20 Schrauben mindestens zwei Verbindungen bzw. eine Verbindung).

(1222) Die Garnitur ist nach Markierung (Lage der Mutter relativ zum Schraubenschaft) von der Seite, von der aus angezogen wurde, zu überprüfen. Das Prüfgerät muss dem Anziehgerät entsprechen. Schrauben, die mit einem von Hand betriebenen oder maschinellen Drehschrauber angezogen wurde, sind mit einem Drehschrauber gegebenenfalls mit kontrolliertem Anlaufmoment zu prüfen. Schrauben, die mit einem Impuls- oder Schlagschrauber angezogen wurden, sind mit einem Impuls- oder Schlagschrauber zu prüfen. Wenn nötig, ist das Element, das nicht gedreht wird, geeignet zu halten, um ein Mitdrehen zu verhindern.

DIN 18800-7:2008-11**Tabelle 8 — Überprüfen der Vorspannung bei Regelvorspannkräften**

Weiterdrehwinkel	Bewertung	Maßnahme
< 30°	Vorspannung war ausreichend	Keine
30° bis 60°	Vorspannung war bedingt ausreichend	Garnitur belassen und zwei benachbarte Verbindungen im gleichen Anschluss prüfen
> 60°	Vorspannung war nicht ausreichend	Garnitur auswechseln ^a und zwei benachbarte Verbindungen im gleichen Anschluss prüfen
^a Lediglich bei vorwiegend ruhend beanspruchten SLV- oder SLVP-Verbindungen ohne zusätzliche Zugbeanspruchung dürfen diese überprüften Verbindungsmittel in der Konstruktion belassen werden.		

(1223) Ist ein Drehschrauber als Prüfgerät zu verwenden, ist dieser auf das Anziehmoment nach 8.6.2 mit einem Zuschlag von 10 % einzustellen.

Ist ein Impuls- oder Schlagschrauber als Prüfgerät zu verwenden, ist dieser auf die Vorspannkraft $F_{V, DI}$ nach Spalte 5 der Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 einzustellen.

Je nachdem, welche Weiterdrehwinkel bei der Prüfung bis zum Ausklinken des von Hand bedienten Drehschraubers oder bis zum automatischen Ausschalten des motorischen Drehschraubers oder bis zum Ausschalten des Impuls- bzw. Schlagschraubers auftreten, ist nach Tabelle 8 zu verfahren.

(1224) Falls eine zweifelsfreie Überprüfung der ausgeführten Verbindungen nicht möglich ist (z. B. bei Anwendung anderer Vorspannverfahren als den in 8.6.2 bis 8.6.5 beschriebenen), muss die Arbeitsweise während der Ausführung an mindestens 10 % der Verbindungen überwacht werden. Werden dabei Abweichungen von den in der jeweiligen Verfahrensprüfung festgelegten Vorgaben festgestellt, ist nach Korrektur die Ausführung des gesamten Anschlusses zu überwachen.

12.2.3 Nietverbindungen

(1225) Gesetzte Niete sind visuell auf Risse, Ausbrüche, festen Sitz sowie exzentrischen und schlecht geformten Kopf zu überprüfen. Sie dürfen nur solche Risse aufweisen, die nach DIN 101 zulässig sind.

ANMERKUNG Der feste Sitz wird geprüft, indem mit einem Niet-Testhammer gegen den Kopf geschlagen wird; dabei darf sich der Niet nicht bewegen.

(1226) Alle losen, mit exzentrischem Kopf versehenen, schlecht geformten oder anderweitig fehlerhaften Niete müssen ausgeschnitten und ersetzt werden.

12.2.4 Korrosionsschutzmaßnahmen

(1227) Die Bewertung der vorbereiteten Oberflächen erfolgt

- a) für Beschichtungen nach DIN EN ISO 12944-4;
- b) für Feuerverzinkungen (Anforderungen an die Stahloberfläche) bei Anlieferung an den Verzinker nach DIN EN ISO 1461;
- c) für Spritzmetallisieren ebenfalls nach DIN EN ISO 12944-4 in Verbindung mit DIN EN ISO 2063.

Die Ausführung und Qualität der Beschichtung bzw. des Beschichtungssystems sind DIN EN ISO 12944-7 zu prüfen und nach DIN EN ISO 12944-8 zu dokumentieren.

Die Prüfung der Schichtdicke für Beschichtungen und Beschichtungssysteme erfolgt nach DIN EN ISO 12944-5:1998-07, 5.4, und nach DIN EN ISO 12944-7:1998-07, Abschnitt 6. Die Prüfung der Schichtdicke der Zinküberzüge erfolgt nach DIN EN ISO 1461.

Für die Prüfung der Schichtdicke der Spritzmetallisierung gelten DIN EN ISO 12944-5 und DIN EN ISO 12944-7 entsprechend.

13 Herstellerqualifikation

13.1 Allgemeines

(1301) Der Hersteller von Stahlbauten muss über geeignetes Fachpersonal, Einrichtungen und Geräte verfügen.

13.2 Werkseigene Produktionskontrolle

(1302) Wer Stahlbauten fertigt, mit Korrosionsschutz versieht oder montiert, muss über eine werkseigene Produktionskontrolle verfügen, die sicherstellt, dass die Ausführung der Stahlbauteile den Anforderungen dieser Norm entspricht.

13.3 Maßnahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

(1303) Bei der Fertigung und Montage von Stahlbauten sind im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle z. B. folgende Maßnahmen erforderlich:

- a) Prüfung der Konstruktion auf Machbarkeit und Übereinstimmung mit den Ausführungsvorgaben;
- b) bei Untervergabe, Prüfung, ob der vorgesehene Hersteller über die erforderliche Qualifikation verfügt;
- c) Prüfung, ob notwendige Verfahrensprüfungen, Verfahrensbeschreibungen, Arbeitsanweisungen vorhanden sind;
- d) Prüfung der erforderlichen Personalqualifikation (Ausführende und Aufsicht);
- e) Prüfung, ob vorhandene Fertigungseinrichtungen die Anforderungen erfüllen und die vorgesehenen Bauteile mit ihnen gefertigt oder montiert werden können;
- f) bei vorgeschriebenen Kalibrierungen von Einrichtungen sicherstellen, dass die geforderten Zeitintervalle eingehalten werden;
- g) bei dem Nachweis der Rückverfolgbarkeit oder vorgeschriebener Kennzeichnung sicherstellen, dass die Vorgaben eingehalten werden;
- h) sicherstellen, dass die erforderlichen Berichte erstellt werden und entsprechend den Vorgaben aufbewahrt werden;
- i) Prüfung, ob die planmäßigen Instandhaltungen der Einrichtungen durchgeführt werden;
- j) Prüfung, ob die eingesetzten Bauprodukte die erforderlichen Nachweise besitzen;
- k) Prüfung, ob die Lagerung der Bauprodukte den Anforderungen entspricht und eine Zuordnung zu den Werkstoffnachweisen sichergestellt ist;
- l) Prüfung, ob die geforderten Ausführungsgüten erreicht worden sind. Soweit erforderlich, Dokumentation der Prüfergebnisse;

DIN 18800-7:2008-11

- m) bei Nichterreichen der geforderten Qualität erforderliche Maßnahmen zur Nachbesserung treffen. Bei systematischen Fehlern Abstellen der Fehlerursache. Bei Behandlungen, die nach Abschluss der planmäßigen Fertigung erfolgen, Sicherstellung, dass die zu erbringenden Qualitäten nicht negativ beeinträchtigt werden;
- n) sicherstellen, dass die Ausführungsanweisungen für das Anziehen von planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen erstellt sind und ihre Einhaltung realisiert und dokumentiert wird;
- o) sicherstellen, dass die erforderlichen Maßnahmen bei der Ausführung der Korrosionsbeschichtungen nach DIN EN ISO 12944-1 bis DIN EN ISO 12944-8 eingehalten und dokumentiert werden.

13.4 Anforderungen an Schweißbetriebe**13.4.1 Allgemeines**

(1304) Im Rahmen des Nachweises der Wirksamkeit der Betriebsanforderungen durch eine anerkannte Stelle (Betriebsprüfung) hat der Fertigungs- bzw. Montagebetrieb den Nachweis zu erbringen, dass er die jeweils zutreffenden Anforderungen nach DIN EN ISO 3834-2, DIN EN ISO 3834-3 und DIN EN ISO 3834-4 erfüllt und über das notwendige schweißtechnische Personal verfügt.

13.4.2 Schweißer und Bediener

(1305) Die einzusetzenden Schweißer oder Bediener müssen im Besitz gültiger Prüfungsbescheinigungen nach DIN EN 287-1 bzw. DIN EN 1418 sein. Die Prüfung muss die Tätigkeiten der Schweißer und Bediener in der Fertigung und Montage und eine fachkundliche Prüfung abdecken.

Schweißer, die in der Fertigung Kehlnähte ausführen, müssen bei der Prüfung auch ein Kehlnahtprüfstück nach DIN EN 287-1 geschweißt haben und über eine entsprechende Prüfungsbescheinigung verfügen.

13.4.3 Schweißaufsicht

(1306) Schweißaufsichtspersonal muss dem Betrieb ständig angehören, ausreichend qualifiziert sein, Stahlbauerfahrung besitzen und Kenntnisse über die zu überwachenden Schweißarbeiten haben. Die erforderliche Stufe der technischen Kenntnisse der Schweißaufsichtsperson richtet sich nach den zu verarbeitenden Werkstoffen, Werkstoffdicken und der Einstufung der Bauteile (siehe Tabelle 14).

(1307) Sind in einem Betrieb mehrere Schweißaufsichtspersonen vorhanden, müssen die Aufgaben und Verantwortungen der jeweiligen Schweißaufsichtsperson nach DIN EN ISO 14731 in einem Organigramm festgelegt werden.

(1308) Zur uneingeschränkten Vertretung einer Schweißaufsichtsperson dürfen nur Schweißaufsichtspersonen benannt werden, die ebenfalls die für die zu fertigenden Bauteile erforderlichen Qualifikationen besitzen (siehe Tabelle 14).

(1309) Um sicherzustellen, dass die Schweißarbeiten angemessen beaufsichtigt werden, muss eine Schweißaufsichtsperson während der Schweißarbeiten anwesend sein. Bei der laufenden Beaufsichtigung der Schweißarbeiten darf sich das benannte Schweißaufsichtspersonal durch betriebszugehörige, schweißtechnisch besonders ausgebildete und als geeignet befundene Personen unterstützen lassen. Das Schweißaufsichtspersonal ist für die richtige Auswahl dieser Personen verantwortlich.

(1310) Die Schweißaufsichtsperson hat bei der Betriebsprüfung nachzuweisen, dass sie in der Lage ist, ihren Aufgaben gerecht zu werden und Unregelmäßigkeiten zu erkennen und zu bewerten. Schweißaufsichtspersonen, die die Schweißer/Bediener ihres Betriebes prüfen wollen, müssen nachweisen, dass sie hierzu in der Lage sind. Die Berechtigung zur Durchführung von Schweißer- oder Bedienerprüfungen ist in einer Anlage zur Bescheinigung zu vermerken.

Eine Schweißaufsichtsperson, die im Rahmen der Herstellerqualifikation überprüft worden ist und dabei nachgewiesen hat, dass sie Schweißerprüfungen nach DIN EN 287-1 und Bedienerprüfungen nach DIN EN 1418 durchführen kann, ist berechtigt, die Prüfungen von Schweißern und Bedienern ihres Betriebs durchzuführen. Die Bestätigung des ordnungsgemäßen Einsatzes der Schweißer/Bediener in den Klassen B bis E muss durch eine Schweißaufsichtsperson vorgenommen werden.

13.4.4 Betriebseinrichtungen

(1311) Der Schweißbetrieb muss für die vorgesehene Fertigung und Montage über Einrichtungen für die Nahtvorbereitung, das Schweißen, das Prüfen und den Transport verfügen. Diese Einrichtungen müssen geeignet sein, die in den Schweißanweisungen (siehe Tabelle 3A) enthaltenen schweißtechnischen Fertigungs- und Montagebedingungen umzusetzen. Die wesentlichen Einrichtungen nach DIN EN ISO 3834-2 und DIN EN ISO 3834-3 sind in Form einer Beschreibung zu erfassen.

13.4.5 Bescheinigungen

(1312) Eine nach Bauordnungsrecht anerkannte Stelle stellt — sofern die Anforderungen dieser Norm erfüllt sind — eine Bescheinigung für das Schweißen gemäß Richtlinie DVS 1704 aus. In dieser Bescheinigung werden die Eignung des Betriebes zum Schweißen von Stahlbauteilen der jeweiligen Klasse nach 13.5 bestätigt und die Werkstoffe und Prozesse aufgeführt, für die die Eignungsbescheinigung gilt.

Bescheinigungen für die Klasse E zum Schweißen dynamisch beanspruchter Bauteile werden für bestimmte Anwendungsbereiche ausgestellt, die durch die betreffenden technischen Regeln definiert sind.

Die Zulassung des Betriebes für das Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen nach 10.3 werden in den Bescheinigungen gesondert aufgeführt.

Die Gültigkeit dieser Bescheinigung ist begrenzt auf eine Geltungsdauer von max. 3 Jahren. Sofern die Anforderungen nach Tabelle 14 nicht voll erfüllt werden, aber keine schwerwiegenden Mängel festgestellt worden sind, kann die anerkannte Stelle auch eine kürzere Geltungsdauer aussprechen, um dem Betrieb Gelegenheit zu geben, die Beanstandungen kurzfristig abzustellen. Zur Verlängerung der Geltungsdauer der Bescheinigung ist eine erneute Betriebsprüfung (Wiederholungsprüfung) erforderlich.

Wenn die Bedingungen, die bei der Überprüfung des Betriebes vorlagen, nicht mehr oder nicht mehr voll erfüllt werden (z. B. Ausscheiden des Aufsichtspersonals oder gravierende Änderung der betrieblichen Einrichtungen), ist dies der anerkannten Stelle mitzuteilen. Die anerkannte Stelle prüft, ob die Voraussetzungen zur Erteilung der Bescheinigung noch vorliegen. Wird dem Betrieb die Bescheinigung entzogen, ist er nicht mehr berechtigt, Bauteile für den Verwendungsbereich herzustellen, für den diese Bescheinigungen gefordert werden.

13.5 Klassifizierung von geschweißten Bauteilen

(1313) Geschweißte Stahlbauten werden entsprechend ihren unterschiedlichen schweißtechnischen Anforderungen und Einsatzbereiche in die Klassen A bis E eingeteilt. Für die jeweilige Klasse sind die Geltungsbereiche und Anforderungen in den nachfolgenden Tabellen 9 bis 13 und Tabelle 14 zusammengestellt.

DIN 18800-7:2008-11**Tabelle 9 — Klasse A**

Geltungsbereich	Anforderungen
Werkstoffe: Unlegierte Baustähle im Festigkeitsbereich bis S275 Erzeugnisdicken ≤ 16 mm, bei anzuschweißenden Kopf- und Fußplatten ≤ 30 mm Schweißprozesse: Manuelle und teilmechanische Verfahren, ausgenommen Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen Bauteile (vorwiegend ruhend beansprucht) mit einfachen oder untergeordneten Schweißnähten wie — Stützen mit Kopf- und Fußplatten aus Walzprofilen ohne Stöße und Einspannung — Treppen in Wohngebäuden bis 5 m Länge (in Lauflinie gemessen) — Geländer mit Horizontallast in Holmhöhe $\leq 0,5$ kN/m	Es sind geprüfte Schweißer mit gültiger Schweißerprüfung nach DIN EN 287-1 einzusetzen. Der Geltungsbereich der Prüfung muss den Einsatzbereich des Schweißers voll abdecken Elementare Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 3834-4

Tabelle 10 — Klasse B

Geltungsbereich	Anforderungen
Werkstoffe: Unlegierte Baustähle im Festigkeitsbereich bis S275 Erzeugnisdicken ≤ 22 mm, bei anzuschweißenden Stirn-, Kopf- und Fußplatten ≤ 30 mm Schweißprozesse: Manuelle und teilmechanische Verfahren, ausgenommen Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen Alle Bauteile der Klasse A und vorwiegend ruhend beanspruchte — Vollwand- und Fachwerkträger bis 20 m Stützweite und Stützen in Gelenk- oder Rahmenbauweise für eingeschossige Gebäude — Maste und Stützkonstruktionen bis 20 m Höhe — Stahlschornsteine des Abmessungsbereiches II nach DIN V 4133 — Behälter und Silos aus Blechen ≤ 8 mm Dicke — Treppen, Laufstege, Bühnen mit Verkehrslasten ≤ 5 kN/m² — Geländer mit Horizontallast in Holmhöhe $> 0,5$ kN/m — Gerüste — andere Bauteile vergleichbarer Art- und Größenordnung	Es sind geprüfte Schweißer mit gültiger Schweißerprüfung nach DIN EN 287-1 einzusetzen. Der Geltungsbereich der Prüfung muss den Einsatzbereich des Schweißers voll abdecken. Für Rohrknoten (Rundrohr an Rundrohr) ist die Zusatzprüfung nach DIN 18808 erforderlich. Für das Schweißen von Vierkant-Hohlprofilen reicht eine Blechschweißerprüfung. Der Betrieb muss als Schweißaufsicht zumindest eine, dem Betrieb ständig angehörende Schweißaufsichtsperson mit technischen Basiskenntnissen, nach Richtlinie DVS-IIW/EFW 1171 oder gleichwertiger Ausbildung, haben. Standard-Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 3834-3

Tabelle 11 — Klasse C

Geltungsbereich	Anforderungen
Werkstoffe wie in Klasse B aber bis S355 sowie nichtrostende^a und wetterfeste Stähle und Stahlgussorten im Festigkeitsbereich bis S275 Erzeugnisdicken im tragenden Querschnitt ≤ 30 mm, bei anzuschweißenden Stirn-, Kopf- und Fußplatten ≤ 40 mm Schweißprozesse: manuelle, teilmechanische, vollmechanische und automatische Verfahren (Bolzenschweißen nach DIN EN ISO 14555) Alle Bauteile der Klasse B mit folgender Erweiterung der — Stützweiten und Höhen auf 30 m — Auffangwannen und — Fertigungsschweißungen von Stahlgussteilen aller nach dieser Norm einsetzbaren Sorten.	Es sind geprüfte Schweißer/Bediener mit gültiger Schweißer-/Bedienerprüfung nach DIN EN 287-1/ DIN EN 1418 einzusetzen. Der Geltungsbereich der Prüfung muss den Einsatzbereich des Schweißers/Bedieners voll abdecken. Für Rohrknoten (Rundrohr an Rundrohr) ist die Zusatzprüfung nach DIN 18808 erforderlich. Für das Schweißen von Vierkant-Hohlprofilen reicht eine Blechschweißerprüfung. Der Betrieb muss für die Schweißaufsicht zumindest eine, dem Betrieb ständig angehörende Schweißaufsichtsperson mit speziellen technischen Kenntnissen nach Richtlinie DVS-IIW/EFW 1172 oder gleichwertiger Ausbildung haben. Bei Serienproduktion^b und Fertigungsschweißen von Stahlgussteilen mit nachgewiesener Erfahrung in der Schweißaufsicht kann diese von einer Schweißaufsichtsperson mit technischen Basiskenntnissen nach Richtlinie DVS-IIW/EFW 1171 oder gleichwertiger Ausbildung, vorgenommen werden. Standard-Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 3834-3
^a Nur für Stahlschornsteine, für alle anderen Bauteile nur in Verbindung mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung. ^b Serienproduktion liegt vor, wenn eine wiederholende Fertigung von vergleichbaren Bauteilen mit eindeutiger Festlegung von Tragwerksform, Stahlsorte, Schweißprozess und Arten der Schweißverbindungen vom Hersteller durchgeführt wird.	

Tabelle 12 — Klasse D

Geltungsbereich	Anforderungen
Vorwiegend ruhende Beanspruchung Alle einsetzbaren Werkstoffe nach dieser Norm Erzeugnisdicken nach den maßgebenden Anwendungsregelwerken Schweißprozesse: manuelle, teilmechanische, vollmechanische und automatische Verfahren (Bolzenschweißen nach DIN EN ISO 14555) Alle vorwiegend ruhend beanspruchten Bauteile für Konstruktionen, die nach den Stahlbaugrundnormen und den jeweiligen Stahlbaufachnormen bemessen sind	Es sind geprüfte Schweißer/Bediener mit gültiger Schweißer-/Bedienerprüfung nach DIN EN 287-1/ DIN EN 1418 einzusetzen. Der Geltungsbereich der Prüfung muss den Einsatzbereich des Schweißers/Bedieners voll abdecken. Für Rohrknoten (Rundrohr an Rundrohr) ist die Zusatzprüfung nach DIN 18808 erforderlich. Für das Schweißen von Vierkant-Hohlprofilen reicht eine Blechschweißerprüfung. Der Betrieb muss für die Schweißaufsicht zumindest eine, dem Betrieb ständig angehörende Schweißaufsichtsperson mit umfassenden technischen Kenntnissen nach DVS-IIW/EFW 1173 oder gleichwertiger Ausbildung haben. Bei Serienproduktion^a mit nachgewiesener Erfahrung kann die Schweißaufsicht von einer Schweißaufsichtsperson mit speziellen technischen Kenntnissen nach DVS-IIW/EFW 1172 oder gleichwertiger Ausbildung vorgenommen werden. Standard-Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 3834-3
^a Serienproduktion liegt vor, wenn eine wiederholende Fertigung von vergleichbaren Bauteilen mit eindeutiger Festlegung von Tragwerksform, Stahlsorte, Schweißprozess und Arten der Schweißverbindungen vom Hersteller durchgeführt wird.	

DIN 18800-7:2008-11**Tabelle 13 — Klasse E**

Geltungsbereich	Anforderungen
Alle einsetzbaren Werkstoffe nach dieser Norm Erzeugnisdicken nach den maßgebenden Anwendungsregelwerken Schweißprozesse: manuelle, teilmechanische, vollmechanische und automatische Verfahren (Bolzenschweißen nach DIN EN ISO 14555) Alle Bauteile der Klasse D und nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile für Konstruktionen gemäß den folgenden technischen Regeln: — Ril 804 Eisenbahnbrücken in Verbindung mit DIN-Fachbericht 103 und DIN-Fachbericht 104 — Straßenbrücken nach DIN-Fachbericht 103 und DIN-Fachbericht 104 — DIN 4131 Antennentragwerke mit Erfordernis eines Betriebsfestigkeitsnachweises — DIN 4132 Kranbahnen, Stahltragwerke — DIN V 4133 Stahlschornsteine des Abmessungsbereiches I — DIN EN 13814 Fliegende Bauten mit Erfordernis eines Betriebsfestigkeitsnachweises — andere vergleichbare dynamisch beanspruchte Konstruktionen	Es sind geprüfte Schweißer/Bediener mit gültiger Schweißer-/Bedienerprüfung nach DIN EN 287-1/ DIN EN 1418 einzusetzen. Der Geltungsbereich der Prüfung muss den Einsatzbereich des Schweißers/Bedieners voll abdecken. Für Rohrknoten (Rundrohr an Rundrohr) ist die Zusatzprüfung nach DIN 18808 erforderlich. Für das Schweißen von Vierkant-Hohlprofilen reicht eine Blechschweißerprüfung. Der Betrieb muss für die Schweißaufsicht zumindest eine, dem Betrieb ständig angehörende Schweißaufsichtsperson mit umfassenden technischen Kenntnissen nach DVS-IIW/EFW 1173 oder gleichwertiger Ausbildung haben. Umfassende Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 3834-2

Tabelle 14 — Herstellerqualifikation für das Schweißen

1	Klasse	A	B	C	D	E
2	Eignungsnachweis	Kein Eignungsnachweis erforderlich	Kleiner Eignungsnachweis	Kleiner Eignungsnachweis mit Erweiterung	Großer Eignungsnachweis	Großer Eignungsnachweis mit Erweiterung auf dynamischen Bereich
3	Art der Einwirkung	Tragwerke vorwiegend ruhend beansprucht				Tragwerke nicht vorwiegend ruhend beansprucht
4	Geltungsbereich nach Tabelle:	9	10	11	12	13
5	Werkseigene Produktionskontrolle	Ist durchzuführen in Verantwortung des Herstellers				
6	Betriebsanforderungen	kein Nachweis erforderlich	Nachweis gegenüber anerkannter Stelle erforderlich			
7	Stufe der Anforderung nach DIN EN ISO 3834-2, DIN EN ISO 3834-3, DIN EN ISO 3834-4	Elementar DIN EN ISO 3834-4	Standard DIN EN ISO 3834-3			Umfassend DIN EN ISO 3834-2
8 ^a	Stufe der technischen Kenntnisse der Schweißaufsichtspersonen nach DIN EN ISO 14731	Keine besonderen Anforderungen ^a	Technische Basiskenntnisse DVS-IIW/EFW 1171 ^b	Spezielle technische Kenntnisse DVS-IIW/EFW 1172 ^{c,d}	Umfassende technische Kenntnisse DVS-IIW/EFW 1173 ^{e,f}	Umfassende technische Kenntnisse DVS-IIW/EFW 1173 ^f
^a Geprüfte Schweißer nach DIN EN 287-1 erforderlich. ^b Richtlinie DVS-IIW/EFW 1171: European Welding Specialist (Schweißfachmann) oder gleichwertige Ausbildung. ^c Technische Basiskenntnisse sind ausreichend für Serienproduktion mit nachgewiesener Erfahrung. ^d Richtlinie DVS-IIW/EFW 1172: European Welding Technologist (Schweißtechniker) oder gleichwertige Ausbildung. ^e Spezielle technische Kenntnisse sind ausreichend bei Serienproduktion mit nachgewiesener Erfahrung. ^f Richtlinie DVS-IIW/EFW 1173: European Welding Engineer (Schweißfachingenieur) oder gleichwertige Ausbildung.						

Anhang A (informativ)

Hinweise zu zitierten Normen in Abschnitt 2

Nachstehende Tabelle A.1 fasst diejenigen Normen und technischen Regelwerke der Ausgabe September 2002 zusammen, die bis zum Erscheinen der vorliegenden Änderung A1 zurückgezogen bzw. ersetzt worden sind. Die entsprechenden Ausgabedaten sind ebenfalls angegeben, damit ist jedoch keine Datierung im Sinne der Regeln von DIN 820-2 beabsichtigt.

Tabelle A.1 — Liste der zurückgezogenen bzw. ersetzten Normen und technischen Regelwerke

Lfd. Nr.	Stand 2002-09	Stand 2008-11
1	DIN 267-10:1988-01 Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen; Feuerverzinkte Teile	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-11 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 10684:2004-11, Verbindungselemente — Feuerverzinkung (ISO 10684:2004); Deutsche Fassung EN ISO 10684:2004
2	DIN 976-1: 1995-02 Gewindebolzen — Teil 1: Metrisches Gewinde	<u>Zurückgezogen:</u> 2002-12 Nachfolgedokument: DIN 976-1:2002-12, Gewindebolzen — Teil 1: Metrisches Gewinde
3	DIN 977:1998-02 Sechskant-Schweißmutter mit Flansch	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-01 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 21670:2004-01, Sechskant-Schweißmutter mit Flansch (ISO 21670:2003); Deutsche Fassung EN ISO 21670:2003
4	DIN 1055-3:1971-06 Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten	<u>Zurückgezogen:</u> 2002-10 Nachfolgedokument DIN 1055-3:2006-03, Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten
5	DIN 4099:1985-11 Schweißen von Betonstahl — Ausführung und Prüfung	<u>Zurückgezogen:</u> 2003-08 Nachfolgedokumente: DIN EN ISO 17660-1:2006-12, Schweißen — Schweißen von Betonstahl — Teil 1: Tragende Schweißverbindungen (ISO 17660-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 17660-1:2006 DIN EN ISO 17660-2:2006-12, Schweißen — Schweißen von Betonstahl — Teil 2: Nichttragende Schweißverbindungen (ISO 17660-2:2006); Deutsche Fassung EN ISO 17660-2:2006

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Lfd. Nr.	Stand 2002-09	Stand 2008-11
6	DIN 4112: 1983-02 Fliegende Bauten; Richtlinien für Bemessung und Ausführung	<u>Zurückgezogen:</u> 2006-05 Nachfolgedokumente: DIN EN 13782:2006-05, Fliegende Bauten — Zelte — Sicherheit; Deutsche Fassung EN 13782:2005 DIN EN 13814:2005-06, Fliegende Bauten und Anlagen für Veranstaltungsplätze und Vergnügungsparks — Sicherheit; Deutsche Fassung EN 13814:2004
7	DIN 4133: 1991-11 Schornsteine aus Stahl	<u>Zurückgezogen:</u> 2007-07 Nachfolgedokumente: DIN V 4133:2007-05, Freistehende Schornsteine DIN EN 13084-1:2007-05, Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 13084-1:2007
8	DIN 4141-1:1984-09 Lager im Bauwesen — Allgemeine Regelungen	<u>Zurückgezogen:</u> 2003-05 Nachfolgedokumente: DIN V 4141-1:2003-05, Lager im Bauwesen — Teil 1: Allgemeine Regelungen DIN EN 1337-1:2001-02, Lager im Bauwesen — Teil 1: Allgemeine Regelungen; Deutsche Fassung EN 1337-1:2000
9	DIN 4141-2: 1984-09 Lager im Bauwesen; Lagerung für Ingenieurbauwerke im Zuge von Verkehrswegen (Brücken)	<u>Teilweise ersetzt durch:</u> DIN EN 1337-1:2001-02, Lager im Bauwesen — Teil 1: Allgemeine Regelungen; Deutsche Fassung EN 1337-1:2000
10	DIN 4141-3: 1984-09 Lager im Bauwesen; Lagerung für Hochbauten	<u>Teilweise ersetzt durch:</u> DIN EN 1337-1:2001-02, Lager im Bauwesen — Teil 1: Allgemeine Regelungen; Deutsche Fassung EN 1337-1:2000
11	E DIN 4141-12: 1994-11 Lager im Bauwesen — Gleitlager	<u>Zurückgezogen:</u> 2003-06 Nachfolgedokument: DIN EN 1337-2:2004-07, Lager im Bauwesen — Teil 2: Gleitteile; Deutsche Fassung EN 1337-2:2004

DIN 18800-7:2008-11**Tabelle A.1 (fortgesetzt)**

Lfd. Nr.	Stand 2002-09	Stand 2008-11
12	DIN 4141-14:1985-09 Lager im Bauwesen; Bewehrte Elastomerlager; Bauliche Durchbildung und Bemessung	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-07 Nachfolgedokument: DIN EN 1337-3:2005-07, Lager im Bauwesen — Teil 3: Elastomerlager; Deutsche Fassung EN 1337-3:2005
13	DIN 4141-15: 1991-01 Lager im Bauwesen; Unbewehrte Elastomerlager; Bauliche Durchbildung und Bemessung	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-07 Nachfolgedokument: DIN EN 1337-3:2005-07, Lager im Bauwesen — Teil 3: Elastomerlager; Deutsche Fassung EN 1337-3:2005
14	DIN 4141-140:1991-01 Lager im Bauwesen; Bewehrte Elastomerlager; Baustoffe, Anforderungen, Prüfungen und Überwachung	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-07 Nachfolgedokument: DIN EN 1337-3:2005-07, Lager im Bauwesen — Teil 3: Elastomerlager; Deutsche Fassung EN 1337-3:2005
15	DIN 4141-150: 1991-01 Lager im Bauwesen; Unbewehrte Elastomerlager; Baustoffe, Anforderungen, Prüfungen und Überwachung	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-07 Nachfolgedokument: DIN EN 1337-3:2005-07, Lager im Bauwesen — Teil 3: Elastomerlager; Deutsche Fassung EN 1337-3:2005
16	E DIN 4420-1: 2002-09 Arbeits- und Schutzgerüste — Teil 1: Schutzgerüste; Leistungsanforderungen, Entwurf, Konstruktion und Bemessung	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-03 Nachfolgedokument: DIN 4420-1:2004-03, Arbeits- und Schutzgerüste — Teil 1: Schutzgerüste — Leistungsanforderungen, Entwurf, Konstruktion und Bemessung
17	DIN 4420-4:1988-12 Arbeits- und Schutzgerüste aus vorgefertigten Bauteilen (Systemgerüste); Werkstoffe, Gerüstbauteile, Abmessungen, Lastannahmen und sicherheitstechnische Anforderungen; Deutsche Fassung HD 1000:1988	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-03 Nachfolgedokument(e): DIN EN 12810-1:2004-03, Fassadengerüste aus vorgefertigten Bauteilen – Teil 1: Produktfestlegungen; Deutsche Fassung EN 12810-1:2003 DIN EN 12810-2:2004-03, Fassadengerüste aus vorgefertigten Bauteilen — Teil 2: Besondere Bemessungsverfahren und Nachweise; Deutsche Fassung EN 12810-2:2003
18	DIN 4421: 1982-08 Traggerüste; Berechnung, Konstruktion und Ausführung	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-09 Nachfolgedokument: DIN EN 12812:2004-09, Traggerüste — Anforderungen, Bemessung und Entwurf; Deutsche Fassung EN 12812:2004

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Lfd. Nr.	Stand 2002-09	Stand 2008-11
19	DIN 6914:1989-10 Sechskantschrauben mit großen Schlüsselweiten; HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-06 Nachfolgedokument: DIN EN 14399-4:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schrauben- verbindungen für den Metallbau — Teil 4: System HV — Garnituren aus Sechskantschrauben und -mutter; Deutsche Fassung EN 14399-4:2005
20	DIN 6915: 1999-12 Sechskantmutter mit großen Schlüsselweiten für Verbindungen mit HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-06 Nachfolgedokument: DIN EN 14399-4:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schrauben- verbindungen für den Metallbau — Teil 4: System HV — Garnituren aus Sechskantschrauben und -mutter; Deutsche Fassung EN 14399-4:2005
21	DIN 6916: 1989-10 Scheiben, rund, für HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-06 Nachfolgedokument: DIN EN 14399-6:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schrauben- verbindungen für den Metallbau — Teil 6: Flache Scheiben mit Fase; Deutsche Fassung EN 14399-6:2005 + AC:2006
22	DIN 7999:1983-12	<u>Zurückgezogen:</u> 2008-03-28 Nachfolgedokument: DIN EN 14399-8:2008-03, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schrauben- verbindungen für den Metallbau — Teil 8: System HV — Garnituren aus Sechskant- Passschrauben und Muttern
23	DIN 17111: 1980-09 Kohlenstoffarme unlegierte Stähle für Schrauben, Mutter und Niete; Technische Lieferbedingungen	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-03
24	E DIN 18800-5: 1999-01 Stahlbauten — Teil 5: Verbundtragwerke aus Stahl und Beton; Bemessung und Konstruktion	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-11 Nachfolgedokument: DIN 18800-5:2007-03, Stahlbauten — Teil 5: Verbundtragwerke aus Stahl und Beton — Bemessung und Konstruktion
25	DIN 18809: 1987-09 Stählerne Straßen- und Wegbrücken; Bemessung, Konstruktion, Herstellung	Ergänzt durch: DIN Fachbericht 103:2003, Stahlbrücken DIN-Fachbericht 104: 2003, Verbundbrücken

DIN 18800-7:2008-11**Tabelle A.1 (fortgesetzt)**

Lfd. Nr.	Stand 2002-09	Stand 2008-11
26	DIN EN 287-1: 1997-08 Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle (enthält Änderung A1:1997); Deutsche Fassung EN 287-1:1992 + A1:1997	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-05 Nachfolgedokument: DIN EN 287-1:2006-06, Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle; Deutsche Fassung EN 287-1:2004 + A2:2006
27	DIN EN 288-2: 1997-10 Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 2: Schweißanweisung für das Lichtbogenschweißen (enthält Änderung A1:1997); Deutsche Fassung EN 288-2:1992 + A1:1997	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-01 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 15609-1:2005-01, Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 1: Lichtbogenschweißen (ISO 15609-1:2004); Deutsche Fassung EN ISO 15609-1:2004
28	DIN EN 288-3: 1997-10 Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 3: Schweißverfahrensprüfungen für das Lichtbogenschweißen von Stählen (enthält Änderung A1:1997); Deutsche Fassung EN 288-3:1992 + A1:1997	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-11 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 15614-1:2004-11, Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2004); Deutsche Fassung EN ISO 15614-1:2004
29	DIN EN 288-5: 1994-10 Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 5: Anerkennung durch Einsatz anerkannter Schweißzusätze für das Lichtbogenschweißen; Deutsche Fassung EN 288-5:1994	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-02 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 15610:2004-02, Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund des Einsatzes von geprüften Schweißzusätzen (ISO 15610:2003); Deutsche Fassung EN ISO 15610:2003
30	DIN EN 288-6: 1994-10 Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 6: Anerkennung aufgrund vorliegender Erfahrung; Deutsche Fassung EN 288-6:1994	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-03 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 15611:2004-03, Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund von vorliegender schweißtechnischer Erfahrung (ISO 15611:2003); Deutsche Fassung EN ISO 15611:2003
31	DIN EN 288-7: 1995-08 Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 7: Anerkennung von Normschweißverfahren für das Lichtbogenschweißen; Deutsche Fassung EN 288-7:1995	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-10 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 15612:2004-10, Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung durch Einsatz eines Standardschweißverfahrens (ISO 15612:2004); Deutsche Fassung EN ISO 15612:2004

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Lfd. Nr.	Stand 2002-09	Stand 2008-11
32	DIN EN 288-8: 1995-08 Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 8: Anerkennung durch eine Schweißprüfung vor Fertigungsbeginn; Deutsche Fassung EN 288-8:1995-08	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-09 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 15613:2004-09, Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung (ISO 15613:2004); Deutsche Fassung EN ISO 15613:2004
33	DIN EN 729-2: 1994-11 Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen	<u>Zurückgezogen:</u> 2006-03 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 3834-2:2006-03, Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen (ISO 3834-2:2005); Deutsche Fassung EN ISO 3834-2:2005
34	DIN EN 729-3: 1994-11 Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen; Deutsche Fassung EN 729-3:1994	<u>Zurückgezogen:</u> 2006-03 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 3834-3:2006-03, Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen - Teil 3: Standard- Qualitätsanforderungen (ISO 3834-3:2005); Deutsche Fassung EN ISO 3834-3:2005
35	DIN EN 729-4: 2004-08 Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 4: Elementar-Qualitätsanforderungen; Deutsche Fassung EN 729-4:1994	<u>Zurückgezogen:</u> 2006-03 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 3834-4:2006-03, Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 4: Elementare Qualitätsanforderungen (ISO 3834-4:2005); Deutsche Fassung EN ISO 3834-4:2005

DIN 18800-7:2008-11**Tabelle A.1 (fortgesetzt)**

Lfd. Nr.	Stand 2002-09	Stand 2008-11
36	DIN V ENV 1993-1-1: 1993-04 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau; Deutsche Fassung ENV 1993-1-1:1992	<u>Teilweise ersetzt durch:</u> DIN EN 1993-1-1:2005-07, 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 1993-1-8:2005-07, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 DIN EN 1993-1-9:2005-07, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 DIN EN 1993-1-10 :2005-07, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung; Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005
37	DIN EN 10025: 1994-03 Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen; Technische Lieferbedingungen (enthält Änderung A1:1993); Deutsche Fassung EN 10025:1990	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-02 Nachfolgedokument(e): DIN EN 10025-1:2005-02, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10025-1:2004 DIN EN 10025-2:2005-04, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle; Deutsche Fassung EN 10025-2:2004
38	DIN EN 10113-2: 1993-04 Warmgewalzte Erzeugnisse aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen; Teil 2: Lieferbedingungen für normalgeglühte /normalisierend gewalzte Stähle; Deutsche Fassung EN 10113-2:1993	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-02 Nachfolgedokument: DIN EN 10025-1:2005-02, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10025-1:2004 DIN EN 10025-3:2005-02, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte / normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Deutsche Fassung EN 10025-3:2004

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Lfd. Nr.	Stand 2002-09	Stand 2008-11
39	DIN EN 10113-3: 1993-04 Warmgewalzte Erzeugnisse aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen; Teil 3: Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte Stähle; Deutsche Fassung EN 10113-3:1993	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-02 Nachfolgedokument: DIN EN 10025-1:2005-02, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10025-1:2004 DIN EN 10025-4:2005-04, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Deutsche Fassung EN 10025-4:2004
40	DIN EN 10155: 1993-08 Wetterfeste Baustähle; Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10155:1993	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-02 Nachfolgedokument(e): DIN EN 10025-1:2005-02, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10025-1:2004 DIN EN 10025-5:2005-02, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle; Deutsche Fassung EN 10025-5:2004
41	DIN EN 10164: 1993-08 Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche; Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10164:1993	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-03 Nachfolgedokument: DIN EN 10164:2005-03, Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche — Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10164:2004
42	DIN EN 10204: 1995-08 Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen (enthält Änderung A1:1995); Deutsche Fassung EN 10204:1991 + A1:1995	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-01 Nachfolgedokument: DIN EN 10204:2005-01, Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen; Deutsche Fassung EN 10204:2004
43	DIN EN 22063: 1994-08 Metallische und andere anorganische Schichten — Thermisches Spritzen — Zink, Aluminium und ihre Legierungen (ISO 2063:1991); Deutsche Fassung EN 22063:1993	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-05 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 2063:2005-05, Thermisches Spritzen — Metallische und andere anorganische Schichten — Zink, Aluminium und ihre Legierungen (ISO 2063:2005); Deutsche Fassung EN ISO 2063:2005

DIN 18800-7:2008-11**Tabelle A.1 (fortgesetzt)**

Lfd. Nr.	Stand 2002-09	Stand 2008-11
44	DIN EN 25817: 1992-09 Lichtbogenschweißverbindungen an Stahl — Richtlinie für die Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:1992); Deutsche Fassung EN 25817:1992	<u>Zurückgezogen:</u> 2003-12 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 5817:2006-10, Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2003 + Cor. 1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 5817:2007
45	DIN EN ISO 9013: 1995-05 Schweißen und verwandte Verfahren — Güteeinteilung und Maßtoleranzen für autogene Brennschnittflächen (ISO 9013:1992); Deutsche Fassung EN ISO 9013:1995	<u>Zurückgezogen:</u> 2003-07 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 9013:2003-07, Thermisches Schneiden — Einteilung thermischer Schnitte — Geometrische Produktspezifikation und Qualität (ISO 9013:2002); Deutsche Fassung EN ISO 9013:2002
46	E DIN EN ISO 15609-4: 2000-08 Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 4: Laserstrahlschweißen (ISO/DIS 15609-4:2000); Deutsche Fassung prEN ISO 15609-4:2000	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-10 Nachfolgedokument: DIN EN ISO 15609-4:2004-10, Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 4: Laserstrahlschweißen (ISO 15609-4:2004); Deutsche Fassung EN ISO 15609-4:2004
47	DAST 009:1973-04 Empfehlungen zur Wahl der Stahlgütegruppen für geschweißte Stahlbauten	<u>Zurückgezogen:</u> 2005-01 Nachfolgedokument: DAST 009:2005-01 Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten
48	DS 804: 2000-09-25 Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke (VEI)	<u>Zurückgezogen:</u> 2003-05 Nachfolgedokument: Ril 804(2003-05) Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten DIN-Fachbericht 103:2003, Stahlbrücken DIN-Fachbericht 104:2003, Verbundbrücken

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Lfd. Nr.	Stand 2002-09	Stand 2008-11
49	DVS 0501:1976-03 Prüfen der Porenneigung beim Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen (FB) auf Stahl	<u>Zurückgezogen:</u> 2004-02 Normen zum Thema: DIN EN ISO 17652-1:2003-07, Schweißen — Prüfung von Fertigungsbeschichtungen für das Schweißen und für verwandte Prozesse — Teil 1: Allgemeine Anforderungen DIN EN ISO 17652-2:2003-07, Schweißen — Prüfung von Fertigungsbeschichtungen für das Schweißen und für verwandte Prozesse — Teil 2: Schweißigenschaften von Fertigungsbeschichtungen
50	DVS 1702:1999-11 Verfahrensprüfungen im Stahlbau für Schweißverbindungen an hochfesten schweißgeeigneten Feinkornbaustählen	<u>Zurückgezogen:</u> 2003-05 Nachfolgedokument: DVS 1702:2003-05 Verfahrensprüfungen im konstruktiven Ingenieurbau
51	DVS 1704: 1993-11 Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Schweißen nach DIN 18800 Teil 7	<u>Zurückgezogen:</u> 1998-04 Nachfolgedokument: DVS 1704:2004-05 Voraussetzungen und Verfahren für die Erteilung von Bescheinigungen über die Hersteller-qualifikation zum Schweißen von Stahlbauten nach DIN 18800-7:2002-09
52	SEP 1390: 1996-07 Aufschweißbiegeversuch	Ergänzt durch Ersatzkriterium zum Aufschweißbiegeversuch
53	Technische Lieferbedingungen BN 918300 Deutsche Bahn AG	<u>Zurückgezogen</u> Nachfolgedokument: TL/TP – KOR – Stahlbauten Herausgeber: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

Literaturhinweise

- [1] Lindner, J.: Contact Splices in Columns. In: Stability and Ductility of Steel Structures, D. Camotim et al. (Eds.), Lissabon, September 2006, S. 223-232
- [2] Wiegand, Kloos, Thomalla – Schraubenverbindungen, Springer Verlag, Berlin, Ausgabe Mai 2007

DIN 6914, *Sechskantschrauben mit großen Schlüsselweiten; HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen*

DIN 6915, *Sechskantmuttern mit großen Schlüsselweiten für Verbindungen mit HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen*

DIN 6916, *Scheiben, rund, für HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen*

DIN 7999, *Sechskant-Paßschrauben, hochfest, mit großen Schlüsselweiten für Stahlkonstruktionen*

DIN EN 970, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schmelzschweißnähten — Sichtprüfung*

DIN EN 1290, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen*

DIN EN 1712, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen*

DIN EN 1713, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen*

DIN EN 20898-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen — Teil 2: Muttern mit festgelegten Prüfkraften — Regelgewinde*

DIN EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben*

