

DIN 18800-1

**DIN**

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 constructionConstructions métalliques –  
Partie 1: Calcul et construction

Gesamtumfang 104 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN



# Inhalt

Seite

<b>Vorwort .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Allgemeines .....</b>	<b>5</b>
1.1 Anwendungsbereich .....	5
1.2 Normative Verweisungen .....	5
<b>2 Bautechnische Unterlagen .....</b>	<b>8</b>
<b>3 Begriffe und Formelzeichen .....</b>	<b>9</b>
3.1 Grundbegriffe .....	9
3.2 Weitere Begriffe .....	11
3.3 Häufig verwendete Formelzeichen .....	11
<b>4 Werkstoffe .....</b>	<b>14</b>
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
<b>5 Grundsätze für die Konstruktion .....</b>	<b>24</b>
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
<b>6 Annahmen für die Einwirkungen .....</b>	<b>36</b>
<b>7 Nachweise .....</b>	<b>37</b>
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

<b>8</b>	<b>Beanspruchungen und Beanspruchbarkeiten der Verbindungen .....</b>	<b>71</b>
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
<b>9</b>	<b>Beanspruchbarkeit hochfester Zugglieder beim Nachweis der Tragsicherheit .....</b>	<b>91</b>
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
<b>Anhang A (normativ) Regelungen.....</b>		<b>98</b>
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	<b>98</b>	
A.6	Ausführungen .....	98
A.7	Nachweis der Nahtgüte.....	98
A.8	Fertigungsbeschichtungen .....	98
<b>Anhang B (informativ) Liste der zurückgezogenen oder ersetzten Normen und technischen Regelwerke soweit sie in Bezug genommen werden .....</b>		<b>99</b>
<b>Literaturhinweise .....</b>		<b>104</b>

## **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 520<sup>1)</sup>, *Hochfester Stahlguss mit guter Schweißeignung – Technische Lieferbedingungen*

DAST-Richtlinie 009<sup>2)</sup>, *Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten*

DAST-Richtlinie 011<sup>2)</sup>, *Hochfeste schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze von 460 und 690 N/mm<sup>2</sup>*

DAST-Richtlinie 016<sup>2)</sup>, *Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen*

Anpassungsrichtlinie Stahlbau, DIBT-Sonderheft 11/2<sup>3)</sup> *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

## 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.

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  $p$  %-Fraktilewerte 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  $\gamma_F$  und  $\gamma_M$  sind die Sicherheitselemente, die die Streuungen der Einwirkungen  $F$  und Widerstandsgrößen  $M$  berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_F$  setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

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

$\gamma_F$  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  $\gamma_F$  können z. B. DIN 1055-100 oder DIN EN 1990 entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

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

$\gamma_m$  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  $\gamma_M$  können z. B. DIN 1055-100 oder DIN EN 1990 entnommen werden.

### 3.1.6

#### (306) Kombinationsbeiwerte

Die Kombinationsbeiwerte  $\psi$  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.

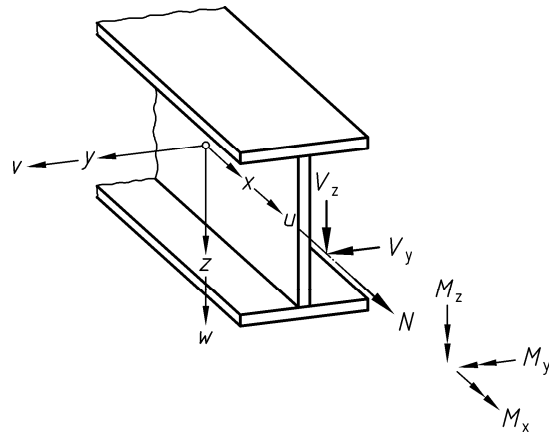
ANMERKUNG Beanspruchbarkeiten sind z. B. Grenzspannungen, Grenzschnittgrößen, Grenzabscherkräfte von Schrauben und Grenzdehnungen.

**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;
$\sigma$	Normalspannung;
$\tau$	Schubspannung;
$\Delta\sigma$	Spannungsschwingbreite;
$\varphi_0$	Stabdrehwinkel des vorverformten (imperfekten) Tragwerks im einwirkungslosen Zustand.



**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;
- $\alpha_T$  lineare Temperaturdehnzahl;
- $f_y$  Streckgrenze;
- $f_u$  Zugfestigkeit;
- $\mu$  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  $\sigma_x$  an der ungünstigsten Stelle des Querschnitts  $f_y$  erreicht;

$\alpha_{pl}$  =  $\frac{M_{pl}}{M_{el}}$  plastischer Formbeiwert;

$V_{pl}$  Querkraft im vollplastischen Zustand;

$d$  Durchmesser;

$d_L$  Lochdurchmesser;

$d_{Sch}$  Schaftdurchmesser;

$\Delta d$  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);

$\gamma_F$  Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen;

$\gamma_M$  Teilsicherheitsbeiwert für die Widerstandsgrößen;

$\psi$  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. Force, Stress, Resistance, design.

**(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 thermo-mechanisch 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 Kugelgrafit) 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 Schweißseignung 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 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.

**Tabelle 0 — Anforderungen an die innere und äußere Beschaffenheit von vorwiegend ruhend beanspruchten Bauteilen aus Stahlguss oder Gusseisen mit Kugelgraphit**

Beanspruchungszonen		Gütestufen	
	Kriterien <sup>f</sup>	der inneren Beschaffenheit (Volumen) Ultraschallprüfung nach DIN EN 12680-1 <sup>b</sup> oder DIN EN 12680-3 <sup>c</sup>	der äußeren Beschaffenheit (Oberfläche) <sup>a</sup> 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 Kraffteinleitungen (z. B. Sacklochgewinde) Druckkegel von vorgespannten Schrauben	1 <sup>d</sup>	<b>SP2</b> oder <b>SM2</b> (Einzelanzeigen)  <b>LP2b</b> oder <b>LM2b</b> (lineare Anzeigen)
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 <sup>e</sup>	<b>AP2b</b> oder <b>AM2b</b> (Anzeigen in Reihe)
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 <sup>e</sup>	

<sup>a</sup> Zur visuellen Bestimmung der Oberfläche kann auch DIN EN 12454 vereinbart werden.  
<sup>b</sup> Für Stahlguss.  
<sup>c</sup> Für Gusseisen mit Kugelgraphit.  
<sup>d</sup> Oberflächenrisse mit Tiefen über 3 mm sind unzulässig.  
<sup>e</sup> Innerhalb einer Bezugsfläche dürfen nicht gleichzeitig Reflektoren im Rand und Kern auftreten.  
<sup>f</sup> 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.

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 <sup>2</sup>	Zug- festigkeit $f_{u,k}$ N/mm <sup>2</sup>	E-Modul $E$ N/mm <sup>2</sup>	Schub- modul $G$ N/mm <sup>2</sup>	Temperatur- dehnzahl $\alpha_T$ K <sup>-1</sup>			
	<b>Baustahl</b>									
1	S235	$t \leq 40$	240	360	210 000	81 000	$12 \times 10^{-6}$			
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							
	<b>Feinkornbaustahl</b>									
9	S275N u. NL, M u. ML	$t \leq 40$	275	370						
10		$40 < t \leq 80$	255							
11	S355N u. NL	$t \leq 40$	360	470						
12		$40 < t \leq 80$	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	500						
18		$40 < t \leq 80$	390							
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							
	<b>Vergütungsstahl</b>									
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						
	<b>Gusswerkstoffe</b>									
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	$12,5 \times 10^{-6}$			
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.

**Tabelle 2 — Als charakteristische Werte für Schraubenwerkstoffe festgelegte Werte**

	1	2	3
	<b>Festigkeitsklasse</b>	<b>Streckgrenze</b> $f_{y,b,k}$ N/mm <sup>2</sup>	<b>Zugfestigkeit</b> $f_{u,b,k}$ N/mm <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{u,b,k}$ N/mm <sup>2</sup>
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

**(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 Zuglieder 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) Zuglieder 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/mm<sup>2</sup> nicht überschreiten.

**(426) Dehnsteifigkeit**

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

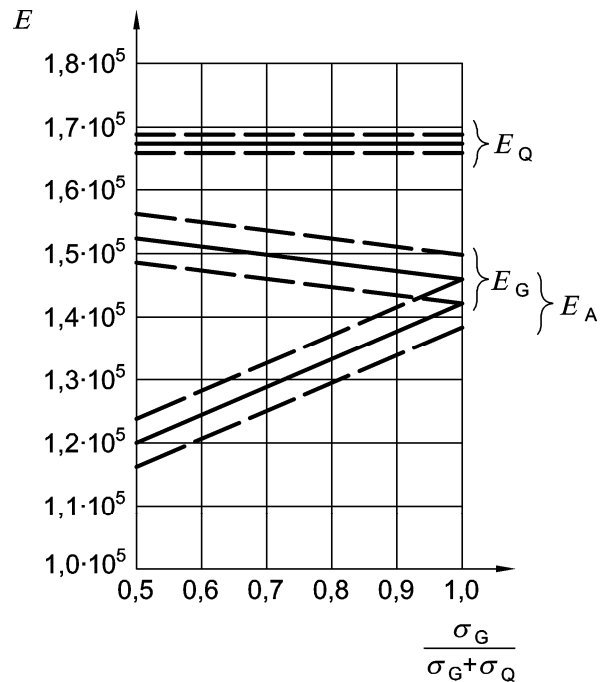
Bei der Bestimmung des Verformungsmoduls von Seilen ist zu beachten, dass sich an kurzen Versuchsseilen – Probenlänge  $\leq 10$ facher Schlaglänge – ein geringeres Kriechmaß als bei langen Seilen ergibt.

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  $\sigma_G$ ;

$E_Q$  Verformungsmodul im Bereich veränderlicher Einwirkungen;

$E_A$  Verformungsmodul maßgebend für das Ablängen;

$E_B$  Verformungsmodul während der Bauzustände;

$\sigma_G$  Beanspruchung aus ständigen Einwirkungen;

$\sigma_Q$  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  $40 \text{ N/mm}^2$ .

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

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

$$\alpha_T = 12 \times 10^{-6} K^{-1} \tag{3}$$

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

	1	2	3	4
	<b>Hochfestes Zugglied nach Element 523</b>			$E_Q$ N/mm <sup>2</sup>
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, Umlenklager 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) Kraffteinleitungen**

Es ist zu prüfen, ob im Bereich von Kraffteinleitungen 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  $\zeta$  der Einschraubtiefe zum Durchmesser des Außengewindes mindestens folgenden Wert erreicht

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

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/mm<sup>2</sup>;

$f_{u,b,k}$  der charakteristische Wert der Zugfestigkeit des Bauteils mit Außengewinde in N/mm<sup>2</sup>.

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.

### **(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

<sup>a</sup> 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.

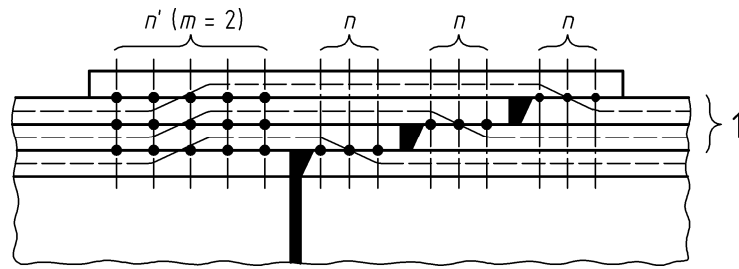
**(509) Zugkräfte in Nieten**

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.



**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**

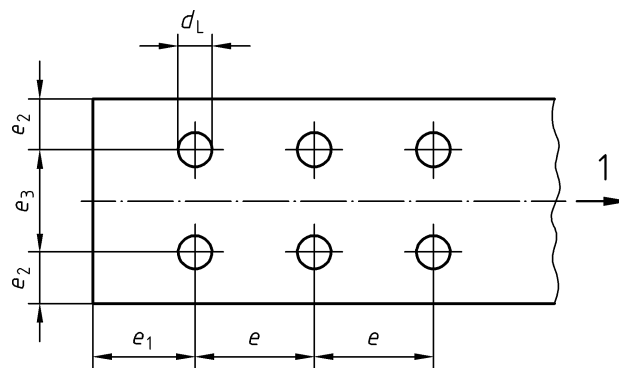
Für die Abstände von Schrauben und Nieten gilt Tabelle 7. Dabei ist  $t$  die Dicke des dünnsten der außenliegenden Teile der Verbindung.

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  $8 t$  betragen (siehe Bild 5).

**Tabelle 7 — Rand- und Lochabstände von Schrauben und Nieten**

	1	2	3	4	5	6
1	<b>Randabstände</b>			<b>Lochabstände</b>		
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 $20 t$
<p>Bei gestanzten Löchern sind die kleinsten Randabstände <math>1,5 d_L</math>, die kleinsten Lochabstände <math>3,0 d_L</math>.</p> <p>Die Rand- und Lochabstände nach Zeile 5 dürfen vergrößert werden, wenn durch besondere Maßnahmen ein ausreichender Korrosionsschutz sichergestellt ist.</p>						



**Legende**

1 Krafrichtung

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

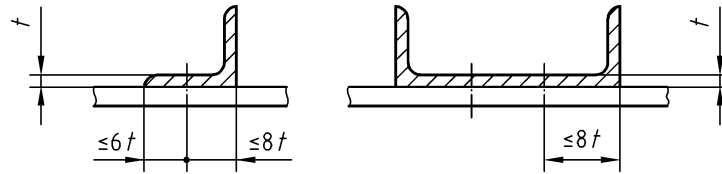
ANMERKUNG 1 Die Abstände werden von Lochmitte aus gemessen.

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

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**

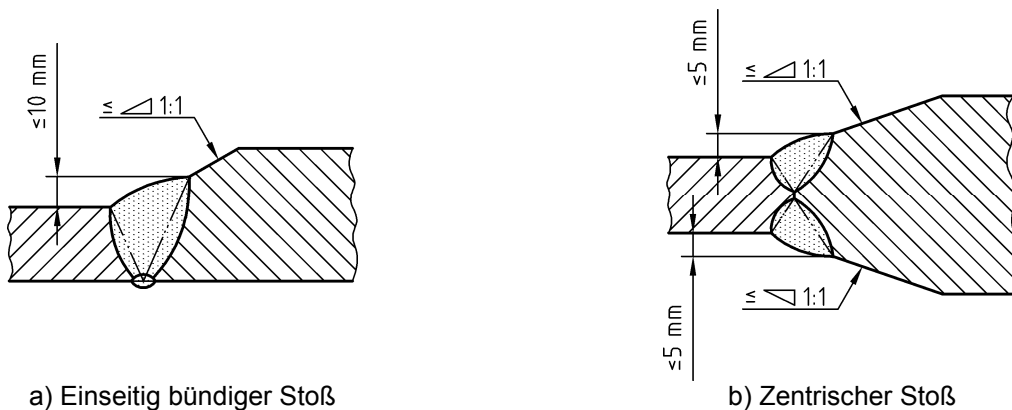
**(514) Allgemeine Grundsätze**

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).

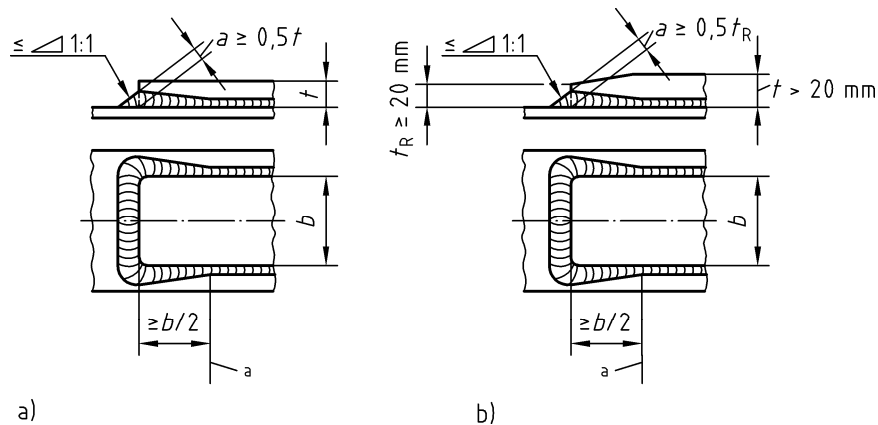


**Bild 6 — Beispiele für das Brechen von Kanten bei Stumpfstoßen von Querschnittsteilen mit verschiedenen Dicken**

**(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**

<sup>a</sup> rechnerischer Endpunkt der zusätzlichen Gurtplatte

**Bild 7 — Vorbinden zusätzlicher Gurtplatten**

**(517) Geschweißte Endanschlüsse zusätzlicher Gurtplatten**

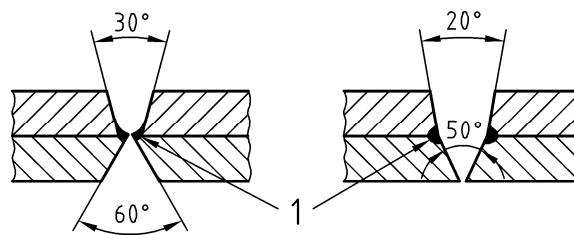
Sofern kein Nachweis für den Gurtplattenanschluss geführt wird, ist die zusätzliche Gurtplatte nach Bild 7 a) vorzubinden.

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:

$$2 \text{ mm} \leq a \leq 0,7 \min t \tag{4}$$

$$a \geq \sqrt{\max t} - 0,5 \tag{5}$$

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):

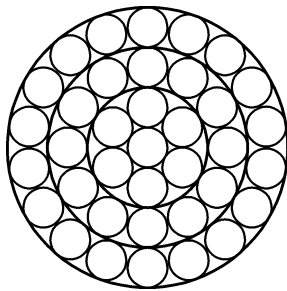
- a) Seile
  - Offene Spiralseile; sie bestehen nur aus Runddrähten.



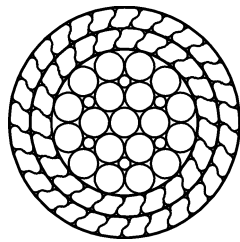
- Vollverschlossene Spiralseile; sie bestehen in der äußeren Lage oder den äußeren Lagen aus Formdrähten und in den inneren Lagen aus Runddrähten.
- Rundlitzenseile; sie bestehen aus einer oder mehreren Lagen von Litzen.

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

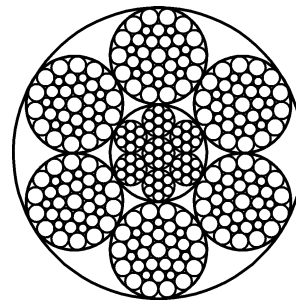
- Spanndrähten,
- Spannlitzen,
- Spannstäben.



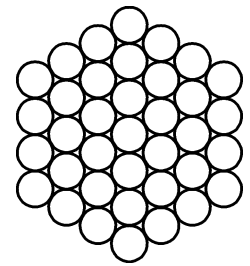
Offenes Spiralseil



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

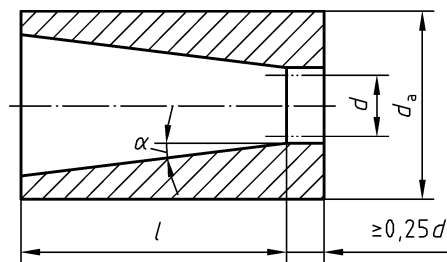
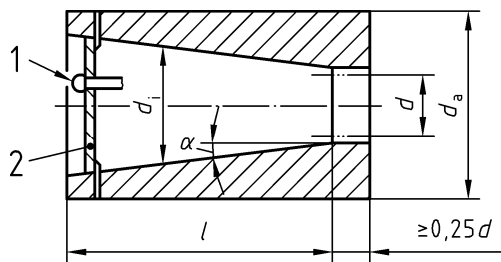
Seile sind mit Vergussverankerungen, Kauschen und Klemmen anzuschließen.

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.



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

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

$$d_a > 2,5 d$$

$$l > 3,5 d$$

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

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

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

a) Paralleldrahtbündel und Parallellitzenbündel

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

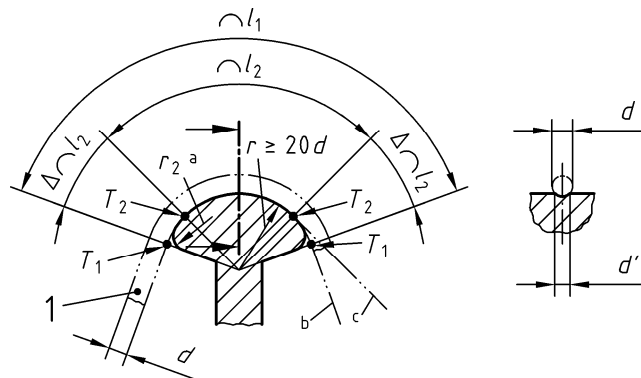
#### (528) Umlenklager

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

a Endausrundung  $r_2$

b reale Tangente

c theoretische Tangente

**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  $l_1 \geq l_2 + 2 \cdot \Delta l_2 = 1,06 l_2$ .

### (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 Ausfüttern 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  $\text{mm}^2$ ;

$w$  Eigenlastfaktor nach Tabelle 10 in  $\text{kN}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ .

$A_m$  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								
										Füllfaktor $f$							Eigenlastfaktor $w \times 10^4$ $\frac{\text{kN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}$
										Seilarten	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.

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  $\gamma_F$  und gegebenenfalls mit einem Kombinationsbeiwert  $\psi$  vervielfachten charakteristischen Werte  $F_k$  der Einwirkungen:

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

ANMERKUNG Die Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$  und die Kombinationsbeiwerte  $\psi$  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

- 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  $\gamma_F$  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  $\psi_i$  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 vergrößern und verringern 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.

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  $\gamma_M$  zu berechnen.

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

ANMERKUNG Der Nachweis mit den  $\gamma_M$ -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  $\gamma_M$  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  $\gamma_M$  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  $\gamma_M$  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  $\gamma_M$  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.

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.

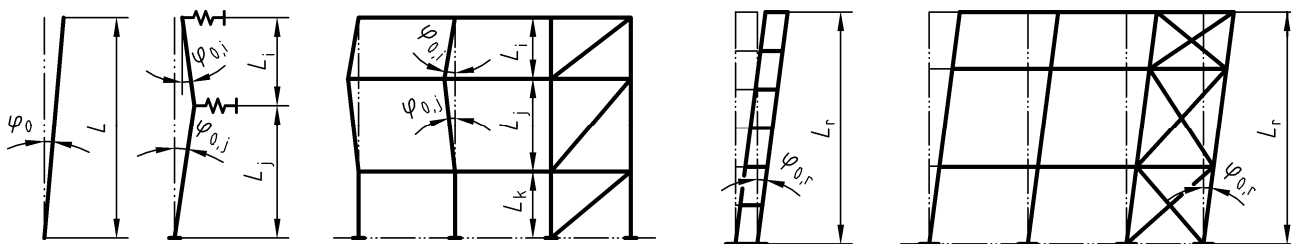
**(729) Geometrische Imperfektionen von Stabwerken**

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.



$L_i, L_j, L_k$  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).

$$\varphi_0 = \frac{1}{400} \cdot r_1 \cdot r_2 \tag{23}$$

Dabei ist

$r_1 = \sqrt{\frac{5}{L}}$  der Reduktionsfaktor für Stäbe oder Stabzüge mit  $L > 5$  m, wobei  $L$  die Länge des vorverdrehen 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**

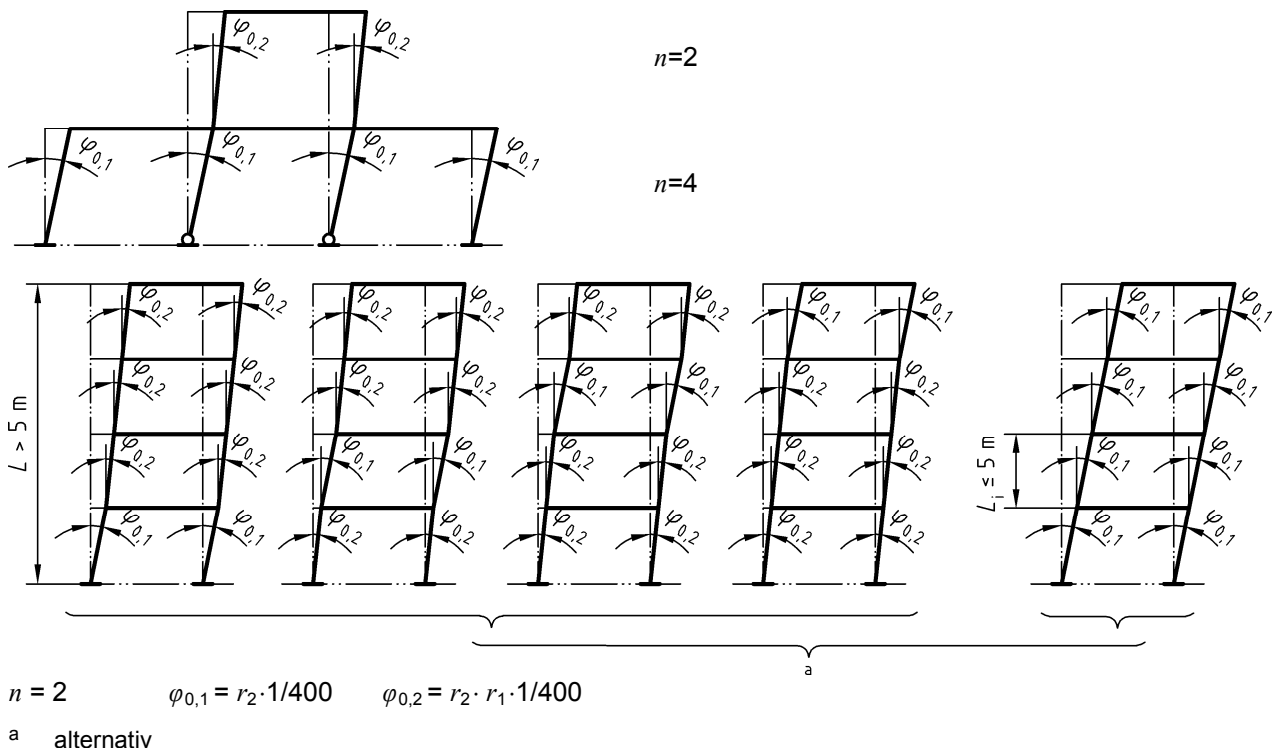
Der Schlupf in Verbindungen ist zu berücksichtigen, wenn nicht von vornherein erkennbar ist, dass er vernachlässigbar ist.

Bei Fachwerkträgern darf der Schlupf im Allgemeinen vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 1 Bei Durchlaufträgern, die über der Innenstütze mittels Flanschaschen 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.



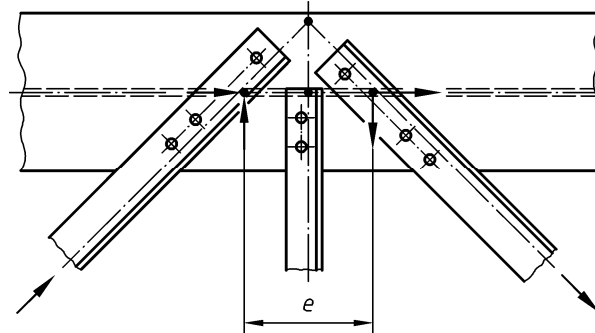
**Bild 13 — Beispiele für Vorverdrehungen in Stabwerken**

**(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  $\sigma_N = N/A$ ,  $\bar{\lambda}_K = \lambda_K / \lambda_a$ ,

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

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.

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  $\text{N/mm}^2$  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  $\sigma$  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:

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

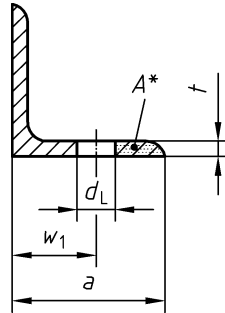
Wenn in zugbeanspruchten Querschnittsteilen die Beanspruchbarkeiten mit der Streckgrenze berechnet werden oder Bedingung (27) erfüllt ist, darf der durch die Lochschwächung verursachte Versatz der Querschnittsschwerachsen unberücksichtigt bleiben.

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 genauere Nachweis geführt wird.



**Legende**

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

**Bild 15 — Nettoquerschnitt eines Winkelanschlusses**

**(744) Kraffteinleitungen**

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  $\sigma_x$  und  $\sigma_z$  mit unterschiedlichen Vorzeichen und  $|\sigma_x| > 0,5 f_{y,k}$

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

- für alle anderen Fälle

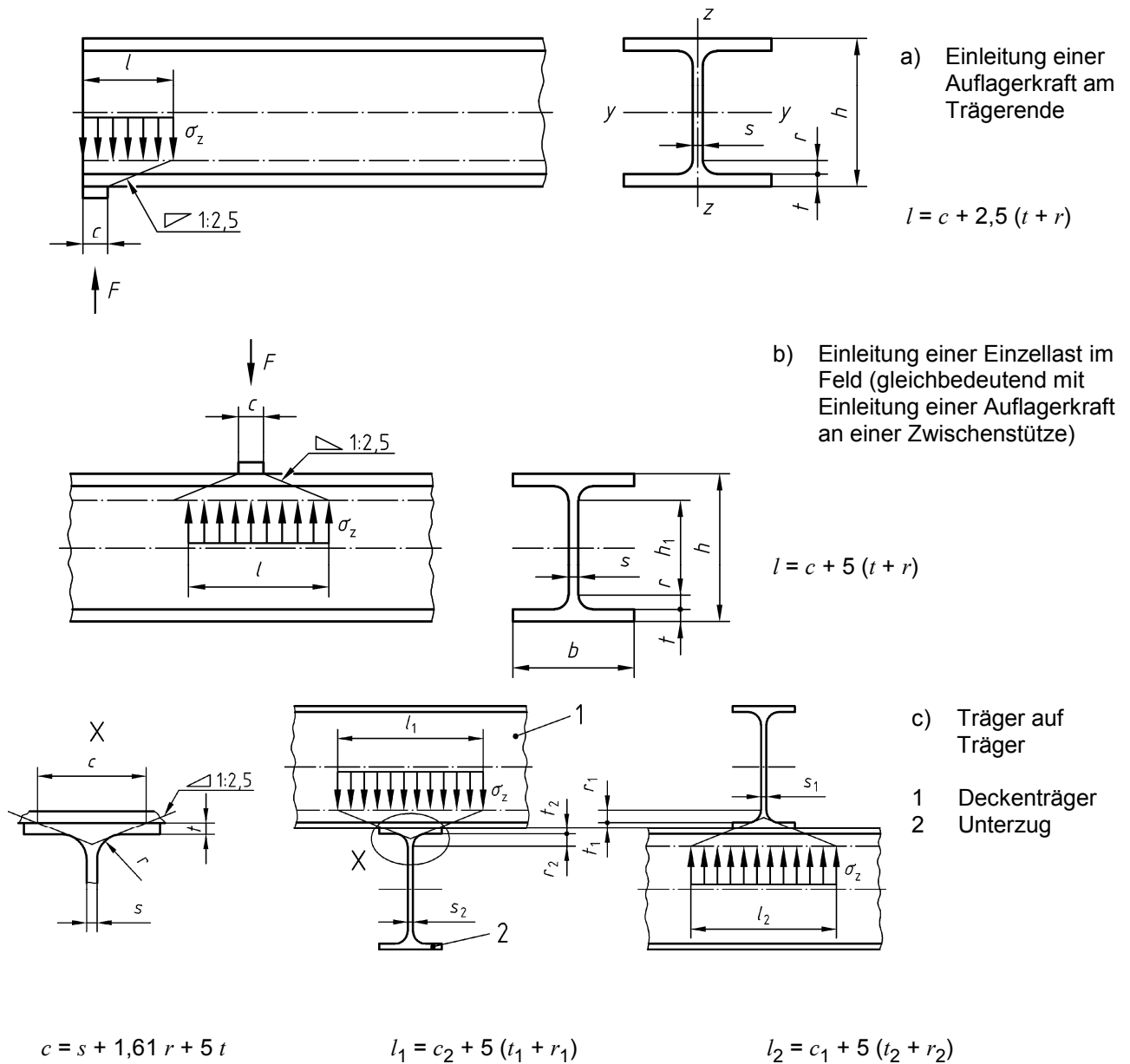
$$F_{R,d} = \frac{1}{\gamma_M} s \cdot l \cdot f_{y,k} \tag{30}$$

Dabei ist

- $\sigma_x$  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  $\sigma_z$  über die Bereiche der Längen  $l$  bzw.  $l_i$  ausgegangen.

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

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

## 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 Vergleichspannung  $\sigma_v \leq f_{y,k}/\gamma_M$  ist.

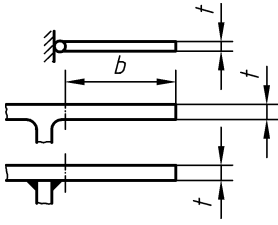
ANMERKUNG 3 Bei den Grenzwerten  $\text{grenz}(b/t)$  in Tabelle 12 wird die  $\psi$ -abhängige Erhöhung der Abminderungsfaktoren nach DIN 18800-3:2008-11, Tabelle 1, Zeile 1 berücksichtigt. Hierauf wird in DIN 18800-2:2008-11, Abschnitt 7, verzichtet, um zu einfachen Regeln und zu einer Übereinstimmung 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  $\sigma_x$  beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch mit zugehörigen Beulwerten  $k_\sigma$**   
 $\sigma_1 =$  Größtwert der Druckspannungen  $\sigma_x$  in N/mm<sup>2</sup> und  $f_{y,k}$  in N/mm<sup>2</sup>

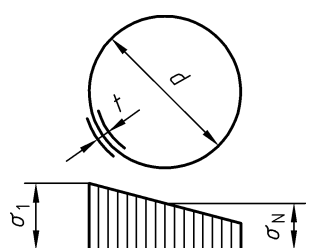
	1	2	3
1	<p><b>Lagerung:</b></p>		<p>grenz <math>(b/t)</math> allgemein:</p> <p>— Bereich <math>0 &lt; \psi \leq 1</math></p> $\text{grenz } (b/t) = 420,4 \cdot (1 - 0,278 \psi - 0,025 \psi^2) \cdot \sqrt{\frac{k_\sigma}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$ <p>— Bereich <math>\psi \leq 0</math></p> $\text{grenz } (b/t) = 420,4 \cdot \sqrt{\frac{k_\sigma}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
2	<b>Randspannungsverhältnis <math>\psi</math></b>	<b>Beulwert <math>k_\sigma</math> in Abhängigkeit vom Randspannungsverhältnis <math>\psi</math></b>	<b>grenz <math>(b/t)</math> für Sonderfälle des Randspannungsverhältnisses <math>\psi</math></b>
3	1	4	$37,8 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
4	$1 > \psi > 0$	$\frac{8,2}{\psi + 1,05}$	$27,1 (1 - 0,278 \psi - 0,025 \cdot \psi^2) \cdot \sqrt{\frac{8,2}{\psi + 1,05}} \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
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 Stahlorte unabhängig von der Erzeugnisdicke in den Wurzelausdruck eingesetzt werden.			

**Tabelle 13 — Grenzwerte ( $b/t$ ) für einseitig gelagerte Plattenstreifen für volles Mittragen unter Druckspannungen  $\sigma_x$  beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch mit zugehörigen Beulwerten  $k_\sigma$**   
 $\sigma_1 =$  Größtwert der Druckspannungen  $\sigma_x$  in N/mm<sup>2</sup> und  $f_{y,k}$  in N/mm<sup>2</sup>

	1	2	3
1	<b>Lagerung:</b> 		grenz ( $b/t$ ) allgemein: $305 \cdot \sqrt{\frac{k_\sigma}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
2	<b>Randspannungsverhältnis <math>\psi</math></b>	<b>Beulwert <math>k_\sigma</math> in Abhängigkeit vom Randspannungsverhältnis <math>\psi</math></b>	grenz ( $b/t$ ) für Sonderfälle des Randspannungsverhältnisses $\psi$
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 Wurzelausdruck eingesetzt werden.			



**Tabelle 14 — Grenzwerte  $\text{grenz}(d/t)$  für Kreiszyylinderquerschnitte für volles Mittragen unter Druckspannungen  $\sigma_x$  beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch**  
 $\sigma_1$  = Größtwert der Druckspannungen  $\sigma_x$  in N/mm<sup>2</sup> und  $f_{y,k}$  in N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_N$  = Druckspannungsanteil aus Normalkraft in N/mm<sup>2</sup>

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

**(746) Grenzspannungen**

Für die Grenzspannungen gilt:

- Grenznormalspannung

$$\sigma_{R,d} = f_{y,d} = f_{y,k} / \gamma_M \tag{31}$$

- Grenzs Schubspannung

$$\tau_{R,d} = f_{y,d} / \sqrt{3} \tag{32}$$

**(747) Nachweise**

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

- für die Normalspannungen  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$

$$\frac{\sigma}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \tag{33}$$

- für die Schubspannungen  $\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$

$$\frac{\tau}{\tau_{R,d}} \leq 1 \tag{34}$$

- für die gleichzeitige Wirkung mehrerer Spannungen

$$\frac{\sigma_v}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \tag{35}$$

Dabei ist

$\sigma_v$  die Vergleichsspannung nach Element 748.

Bedingung (35) gilt für die alleinige Wirkung von  $\sigma_x$  und  $\tau$  oder  $\sigma_y$  und  $\tau$  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  $(b/l)$ -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  $(d/l)$ -Verhältnisse nach Tabelle 14 eingehalten sind.

**(748) Vergleichsspannung**

Die Vergleichsspannung  $\sigma_v$  ist mit Gleichung (36) zu berechnen.

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

**(749) Erlaubnis örtlich begrenzter Plastizierung, allgemein**

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

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

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

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

ANMERKUNG Tragsicherheitsnachweise nach den Elementen 749 und 750 nutzen bereits teilweise die plastische Querschnittstragfähigkeit 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  $\sigma_x$  nach Gleichung (38) berechnet werden.

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

In Gleichung (38) ist für  $\alpha_{pl}^*$  der jeweilige plastische Formbeiwert  $\alpha_{pl}$ , 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.

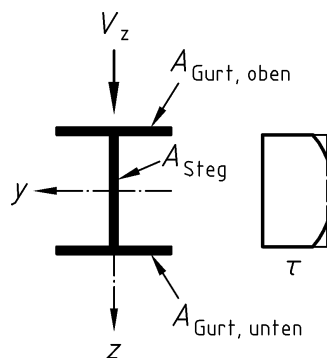
$$\tau = \left| \frac{V_z}{A_{\text{Steg}}} \right| \quad (39)$$

ANMERKUNG 1 Nach der Theorie der dünnwandigen Querschnitte ist  $A_{\text{Steg}}$  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

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

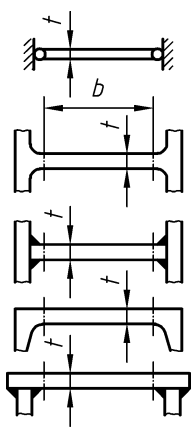
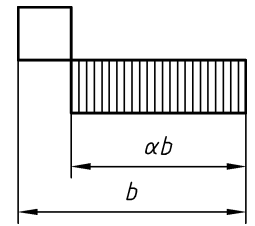
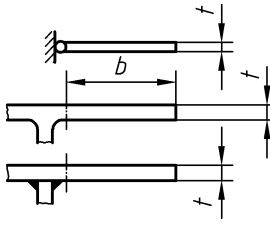
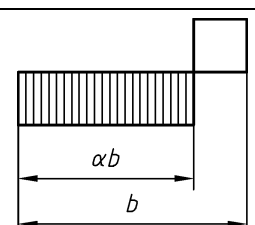
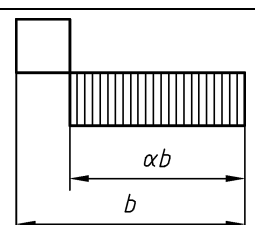
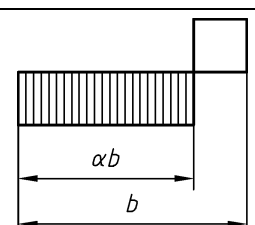
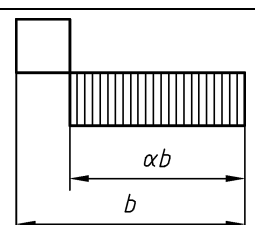
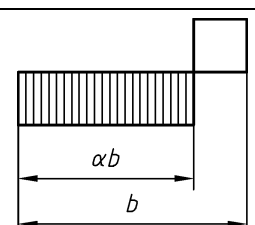
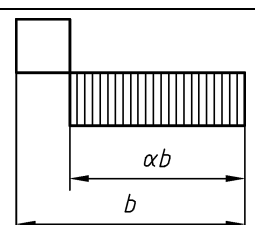
rd. 10 % größer als die mittlere Schubspannung.



**Bild 17 — Ersatzweise geradlinig angenommene Verteilung der Schubspannung nach Gleichung (39)**

für  $A_{\text{Gurt,oben}} = A_{\text{Gurt,unten}}$

**Tabelle 15 — Grenzwerte  $\text{grenz}(b/t)$  und  $\text{grenz}(d/t)$  für volles Mitwirken von Querschnittsteilen unter Druckspannungen  $\sigma_x$  beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch  $f_{y,k}$  in N/mm<sup>2</sup>**

<b>Beidseitig gelagerter Plattenstreifen</b>					
<p>Lagerung und Breite <math>b</math></p> 	 $\text{grenz}(b/t) = \frac{37}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$				
<b>Einseitig gelagerter Plattenstreifen</b>					
<p>Lagerung und Breite <math>b</math></p> 	<p style="text-align: center;">Druckspannung <math>f_{y,k}/\gamma_M</math> am</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">gelagerten Rand</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">freien Rand</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">  <math display="block">\text{grenz}(b/t) = \frac{11}{\alpha\sqrt{\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}</math> </td> <td style="text-align: center;">  <math display="block">\text{grenz}(b/t) = \frac{11}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}</math> </td> </tr> </tbody> </table>	gelagerten Rand	freien Rand	 $\text{grenz}(b/t) = \frac{11}{\alpha\sqrt{\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$	 $\text{grenz}(b/t) = \frac{11}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$
gelagerten Rand	freien Rand				
 $\text{grenz}(b/t) = \frac{11}{\alpha\sqrt{\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$	 $\text{grenz}(b/t) = \frac{11}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$				
<b>Kreiszylinder</b>					
$\text{grenz}(d/t) = 70 \frac{240}{f_{y,k}}$					
<p>Druckspannungen sind durch Schraffur gekennzeichnet.</p>					

**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  $\varepsilon_x$  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.

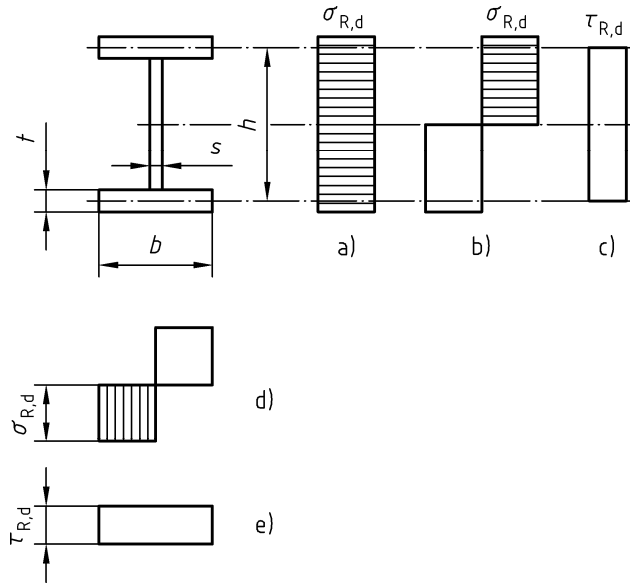
ANMERKUNG 1 In der Literatur werden auch Grenzschnittgrößen angegeben, bei denen die Gleichgewichtsbedingungen verletzt werden; sie sind in vielen Fällen dennoch als Näherung berechtigt.

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.



**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 doppelsymmetrische I-Querschnitte für Schnittgrößen im vollplastischen Zustand**

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

Für doppelsymmetrische 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 doppelsymmetrische I-Querschnitte mit  $N, M_y, V_z$**

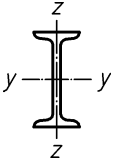
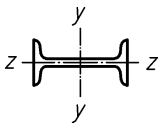
Momente um y-Achse  	Gültigkeitsbereich	$\frac{V}{V_{pl,d}} \leq 0,33$	$0,33 < \frac{V}{V_{pl,d}} \leq 1$
		$\frac{N}{N_{pl,d}} \leq 1$	$\frac{M}{M_{pl,d}} \leq 1$
$0,1 < \frac{N}{N_{pl,d}} \leq 1$	$0,9 \frac{M}{M_{pl,d}} + \frac{N}{N_{pl,d}} \leq 1$	$0,8 \frac{M}{M_{pl,d}} + 0,89 \frac{N}{N_{pl,d}}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

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

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

gilt

— für  $M_y \leq M_y^*$ :

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

mit

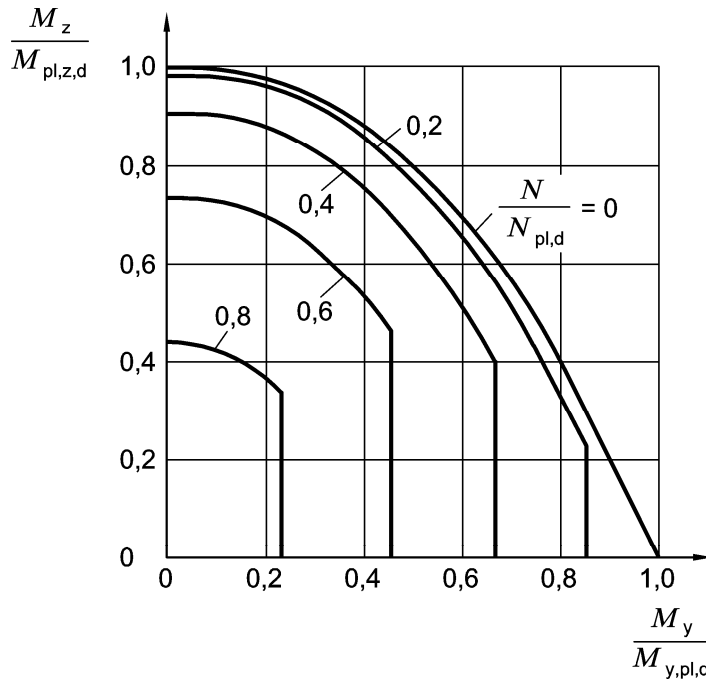
$$c_1 = (N/N_{pl,d})^{2,6}$$

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

— für  $M_y > M_y^*$ :

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

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



**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  $M_{pl,z,d} = 1,25 \sigma_{R,d} \cdot W_z$ .

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



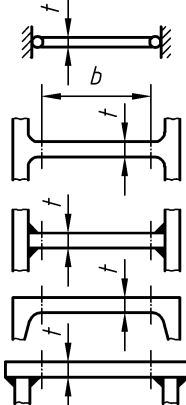
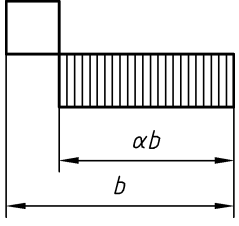
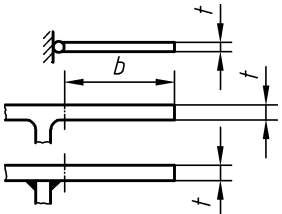
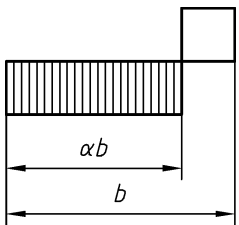
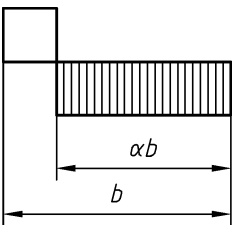
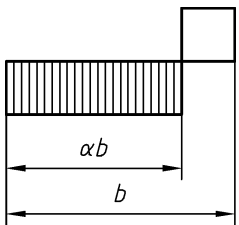
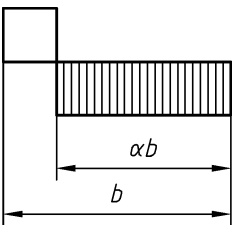
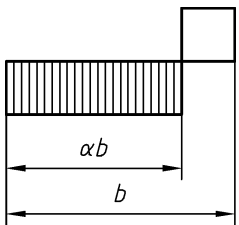
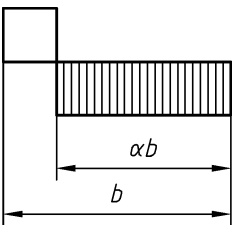
- 3) in den Querschnitten im Bereich der Fließgelenke bzw. Fließzonen die Grenzwerte  $\text{grenz}(b/t)$  und  $\text{grenz}(d/t)$  nach Tabelle 18 eingehalten sind.

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  $\sigma_x$  beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch**  
 $f_{y,k}$  in N/mm<sup>2</sup>

<b>Beidseitig gelagerter Plattenstreifen</b>					
<p>Lagerung und Breite <math>b</math></p> 	 $\text{grenz}(b/t) = \frac{32}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$				
<b>Einseitig gelagerter Plattenstreifen</b>					
<p>Lagerung und Breite <math>b</math></p> 	<p style="text-align: center;">Druckspannung <math>f_{y,k}/\gamma_M</math> am</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">gelagerten Rand</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">freien Rand</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">  <math display="block">\text{grenz}(b/t) = \frac{9}{\alpha\sqrt{\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}</math> </td> <td style="text-align: center;">  <math display="block">\text{grenz}(b/t) = \frac{9}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}</math> </td> </tr> </tbody> </table>	gelagerten Rand	freien Rand	 $\text{grenz}(b/t) = \frac{9}{\alpha\sqrt{\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$	 $\text{grenz}(b/t) = \frac{9}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$
gelagerten Rand	freien Rand				
 $\text{grenz}(b/t) = \frac{9}{\alpha\sqrt{\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$	 $\text{grenz}(b/t) = \frac{9}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$				
<b>Kreiszyylinder</b>					
$\text{grenz}(d/t) = 50 \frac{240}{f_{y,k}}$					
Druckspannungen sind durch Schraffur gekennzeichnet.					

**(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

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

anzunehmen.

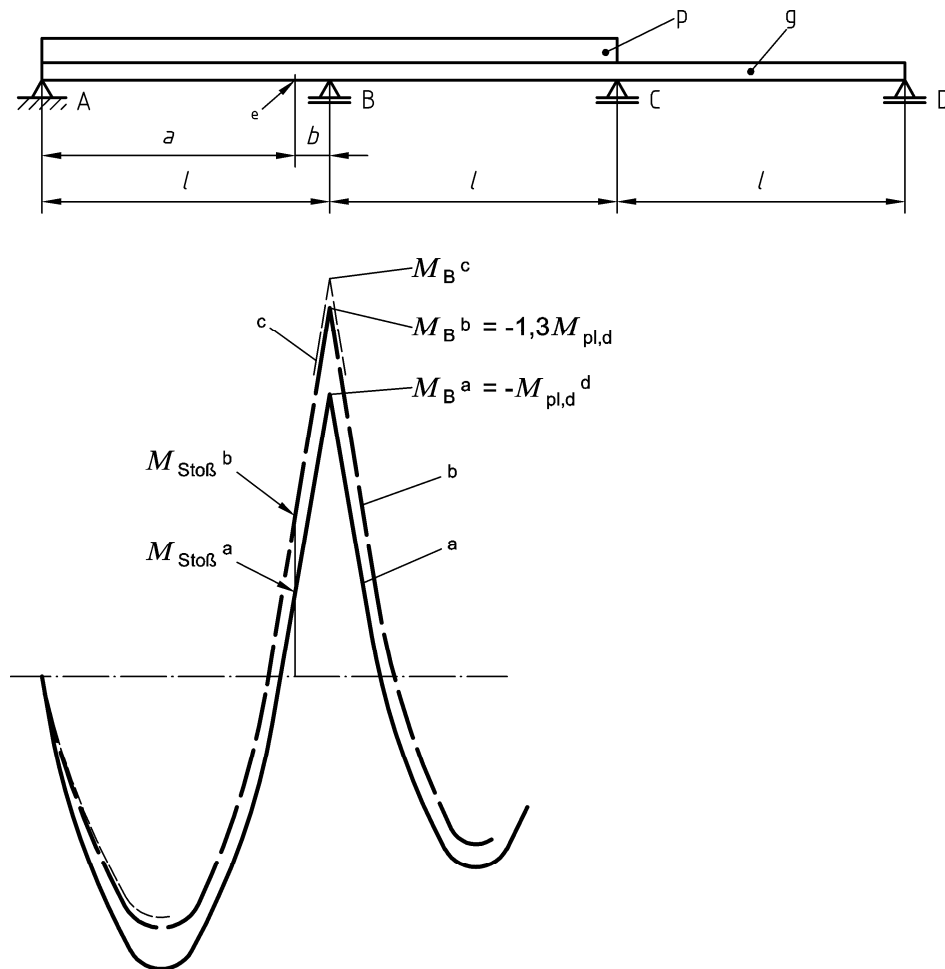
Bei durch- oder gegengeschweißten Nähten kann die Erhöhung der Beanspruchbarkeit unterstellt werden (vergleiche hierzu auch 8.4.1.4, Element 832).

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  $\sigma_{Rd}$  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.

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;

$\mu_d$  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 Stahlagern**

Sofern keine Regelung für den speziellen Verwendungszweck vorliegt und kein genauere 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 <sup>2</sup>
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;

- 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].

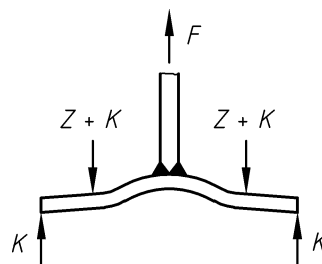


Bild 21 — T-Stoß

### 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.

**(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 Kraffteinleitung ist eine obere Begrenzung nicht erforderlich.

**8.2.1.2 Abscheren und Lochleibung**

**(804) Abscheren**

Die Grenzabscherkraft ist nach Gleichung (47) zu ermitteln.

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

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.

$$\frac{V_a}{V_{a,R,d}} \leq 1 \tag{48}$$

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  $\alpha_a$  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  $\alpha_1$  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,

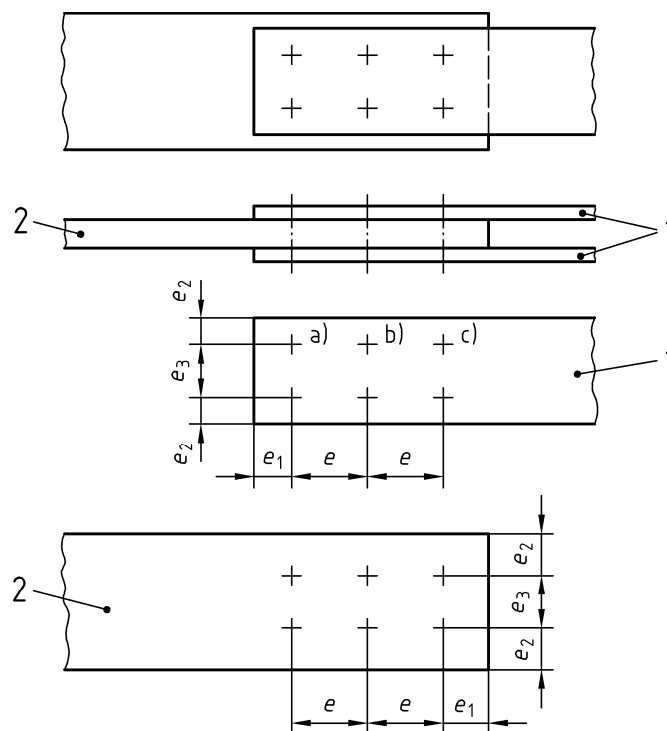
$$\alpha_1 = 0,73 e_1 / d_L - 0,20 \quad (50c)$$

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 Außenlasche
- 2 Innenlasche

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

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:

$$V_{l,R,d} = \min \begin{cases} (\alpha_1 + 0,5) t \cdot d_{Sch} \cdot f_{y,k} / \gamma_M \\ 3,0 t \cdot d_{Sch} \cdot f_{y,k} / \gamma_M \end{cases} \quad (51)$$

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

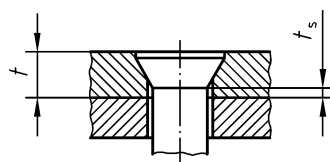
zu berechnen. Der Kleinstwert ist die Beanspruchbarkeit der betrachteten Schraube. Die Beanspruchbarkeit der Verbindung ist die Summe der Beanspruchbarkeiten der einzelnen Schrauben.

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 Grenzkräfte. 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.

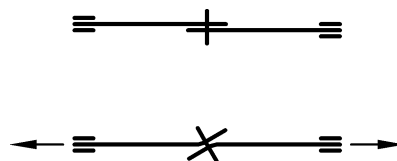
$$V/V_{l,R,d} \leq 1/1,2 \quad (53)$$

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:

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

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.

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

Hierin bedeutet:

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

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

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.

$$\frac{N}{N_{R,d}} \leq 1 \tag{57}$$

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.

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

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.

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

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

Dabei ist

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

46  $\text{N/mm}^2$  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

$\mu$	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.

$$\gamma_M = 1,0$$

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  $\Delta d$  nach Tabelle 6 anzusetzen. Dabei ist von deckungsgleichen Löchern auszugehen.

## 8.3 Augenstäbe und Bolzen

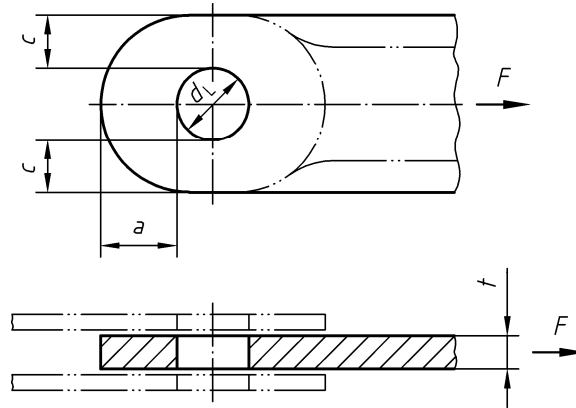
### (814) Grenzabmessungen

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.

Form A nach Bild 25:

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

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

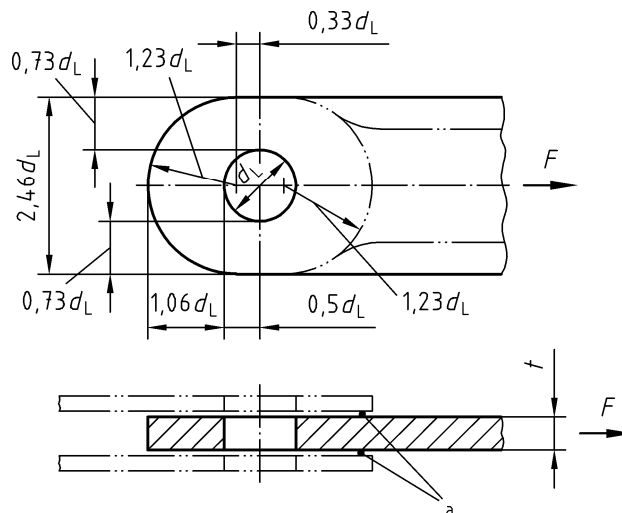


**Bild 25 — Augenstababmessungen Form A**

Form B nach Bild 26:

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

$$\text{grenz } d_L = 2,5 \text{ grenz } t \tag{65}$$



<sup>a</sup> 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:

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

**(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:

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

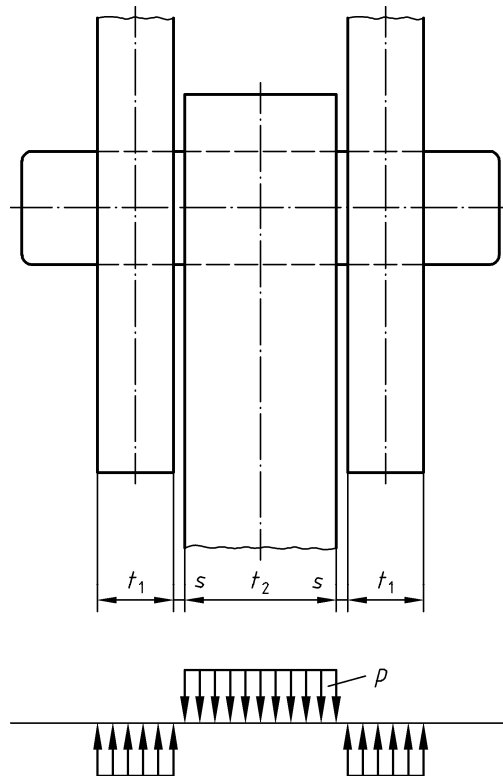
Dabei ist

$W_{Sch}$  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.



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

Bild 27 — Ermittlung des Biegemomentes in einem Bolzen

### (818) Biegung und Abscheren

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

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

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.

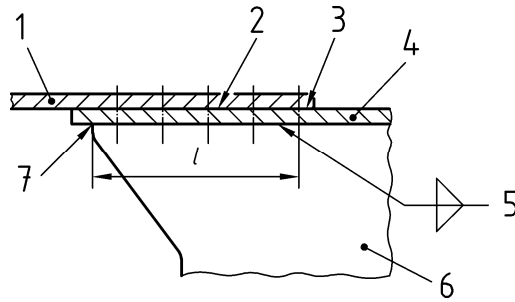
ANMERKUNG 2 Bei kontinuierlicher Krafteinleitung über die Schweißnaht ist eine obere Begrenzung nicht erforderlich.

**(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.



**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.

$$\frac{\sigma_{w,v}}{\sigma_{w,R,d}} \leq 1 \tag{71}$$

mit

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

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 <sup>a</sup>	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 gegengeschweiß		
4			Wurzel durchgeschweiß		
5	Nicht durchgeschweißte Nähte	HY-Naht mit Kehlnaht <sup>b</sup>	1 eventuell Kapplage 	Die Nahtdicke $a$ ist gleich dem Abstand vom theoretischen Wurzelpunkt zur Nahtoberfläche	
6		HY-Naht <sup>b</sup>			
7		D(oppel)HY-Naht mit Doppelkehlnaht <sup>b</sup>			

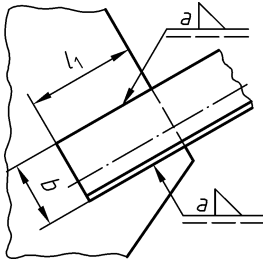
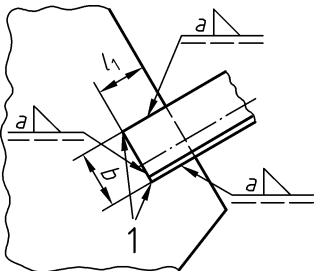
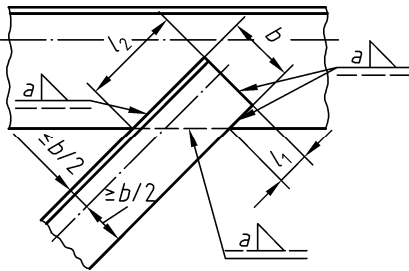
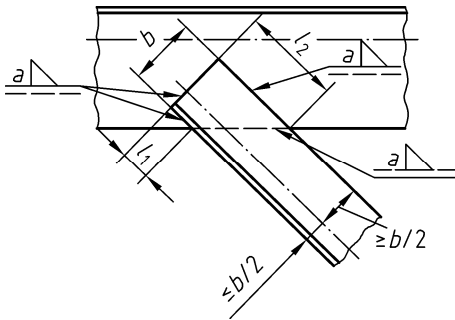
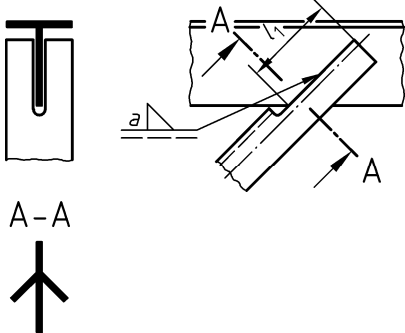
Tabelle 19 (fortgesetzt)

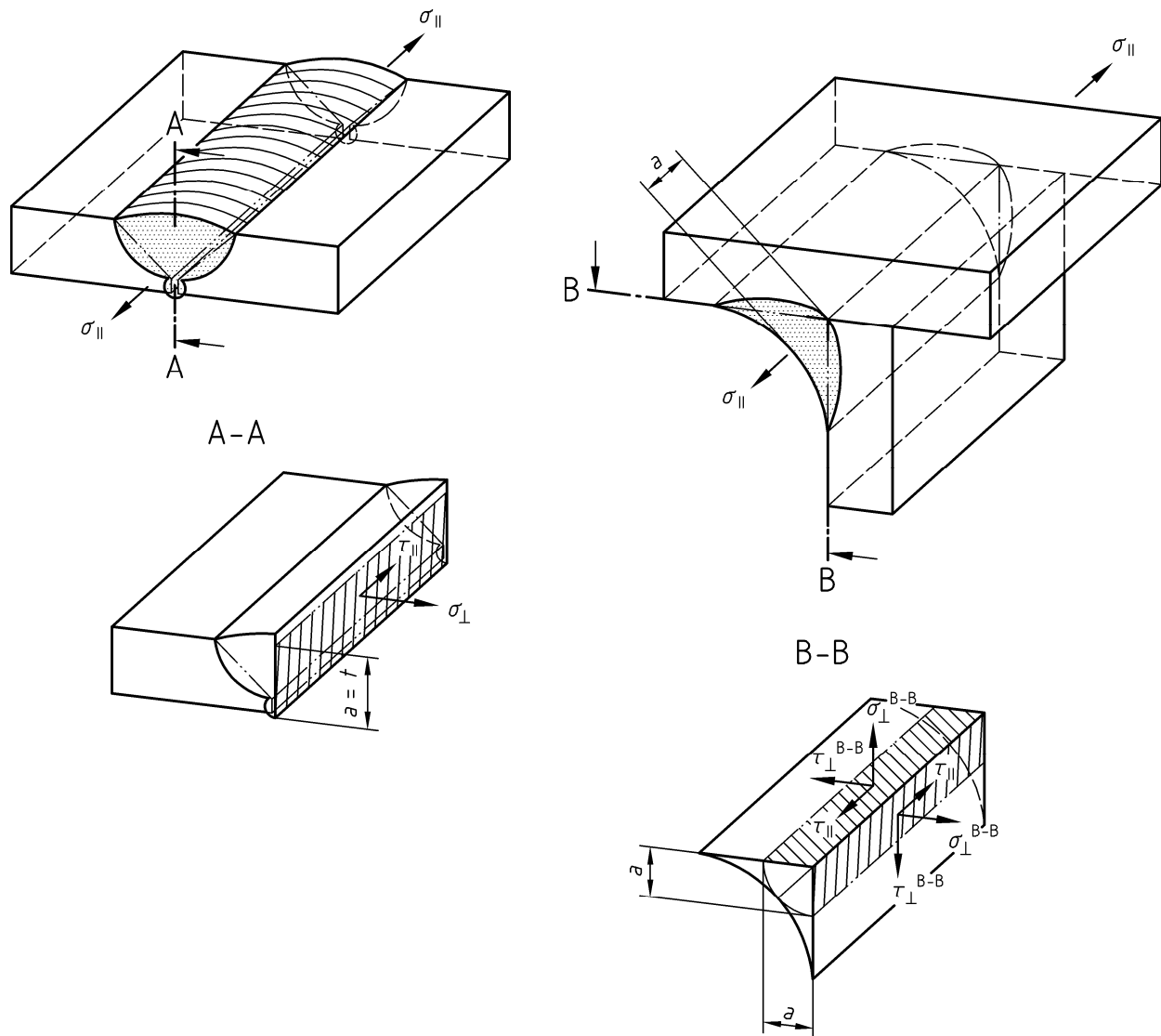
		1	2	3	
		Nahtart <sup>a</sup>	Bild	Rechnerische Nahtdicke <i>a</i>	
8	Nicht durchgeschweißte Nähte	D(oppel)HY-Naht <sup>b</sup>		Die Nahtdicke <i>a</i> ist gleich dem Abstand vom theoretischen Wurzelpunkt zur Nahtoberfläche	
9		Doppel I - Naht ohne Nahtvorbereitung (Vollmechanische Naht)		Nahtdicke <i>a</i> mit Verfahrensprüfung festlegen. Spalt <i>b</i> 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	mit tiefem Einband	1 theoretischer Wurzelpunkt 	$a = \bar{a} + e$ entspricht Nahtdicke <i>a</i> nach Zeile 10 und 11 mit Verfahrensprüfung festlegen (siehe DIN 18800-7)
13		Doppelkehlnaht		1 theoretischer Wurzelpunkt 	

Tabelle 19 — (fortgesetzt)

1		2	3	
Nahtart <sup>a</sup>		Bild	Rechnerische Nahtdicke <sup>a</sup>	
14	Dreiblechnaht Steiflankennaht		Kraft- übertra- gung	$a = t_2$
15				Von A nach B für $t_2 < t_3$
<p><sup>a</sup> Ausführung nach DIN 18800-7.</p> <p>Bei Nähten nach Zeilen 5 bis 8 mit einem Öffnungswinkel <math>&lt; 45^\circ</math> ist das rechnerische <math>a</math>-Maß um 2 mm zu vermindern oder durch eine Verfahrensprüfung festzulegen. Ausgenommen hiervon sind Nähte, die in Position <math>w</math> (Wannenposition) und <math>h</math> (Horizontalposition) mit Schutzgasschweißung ausgeführt werden.</p>				

Tabelle 20 — Rechnerische Schweißnahtlängen  $\Sigma l$  bei unmittelbaren Stabanschlüssen

1		2	3
Nahtart		Bild	Rechnerische Nahtlänge $\Sigma l$
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

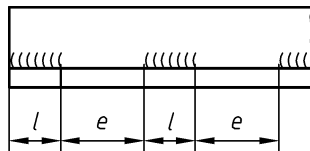
**Bild 29 — Schweißnahtspannungen in Stumpfnähten und in Kehlnähten**

### (826) Schweißnahtschubspannungen bei Biegeträgern

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

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

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



**Bild 30 — Zur Berechnung von Schweißnahtschubspannungen  $\tau_{II}$  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 erschwelter Zugänglichkeit – nicht einwandfrei ausgeführt werden können, dürfen bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden.

**8.4.1.3 Grenzschweißnahtspannungen**

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

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

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

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 —  $\alpha_w$ -Werte für Grenzschweißnahtspannungen**

	1	2	3	4	5	6	7
	Nähte nach Tabelle 19	Nahtgüte	Beanspruchungsart	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 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>
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

<sup>a</sup> 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.

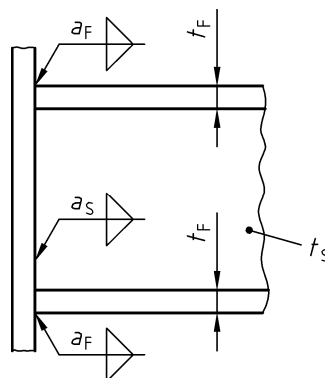


Bild 31 — Trägeranschluss oder -querstoß ohne weiteren Tragsicherheitsnachweis

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.

$$\sigma_{b,R,d} = f_{y,b,k} / \gamma_M \tag{76}$$

$$\tau_{b,R,d} = 0,7 f_{y,b,k} / \gamma_M \tag{77}$$

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 Querkräfte 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.

## 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 Zugliedes nach Element 523	Anzahl der um den Kerndraht angeordneten Drahtlagen			
1		2	$\geq 3$		
1	Offene Spiralseile	0,90	0,88	0,87	
2	Vollverschlossene Spiralseile	—		0,95	
3	Rundlitzenseile mit Stahleinlage		0,84 0,78 0,80 0,75 0,77 0,73 0,72 0,70		
	Höchstseil- durchmesser in mm	Anzahl der Außenlitzen			Drahtanzahl je Außenlitze
	7	6			6 bis 8
	8	8			6 bis 8
	17	6			15 bis 26
	19	8			15 bis 26
	23	6			27 bis 49
	30	8			27 bis 49
	25	6			50 bis 75
32	8	50 bis 75			
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  $F_{\min} = A_m \cdot f_{u,k} \cdot k_S$  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.

ANMERKUNG 2 Der metallische Querschnitt  $A_m$  ist die Summe der Querschnitte aller Drähte bzw. Spanndrähte oder Spannstäbe.

$$A_m = f \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \tag{81}$$

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 –  $\gamma_F$ -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  $\sigma_l$  und die vorhandene Ringzugspannung  $\sigma_{r,i}$  die Grenzspannung  $\sigma_{R,d}$  nach Gleichung (84) nicht überschreiten.

$$\frac{\sigma_l}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \tag{82}$$

$$\frac{\sigma_{r,i}}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \tag{83}$$

$$\sigma_{R,d} = f_y \cdot k / \gamma_M \tag{84}$$

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.

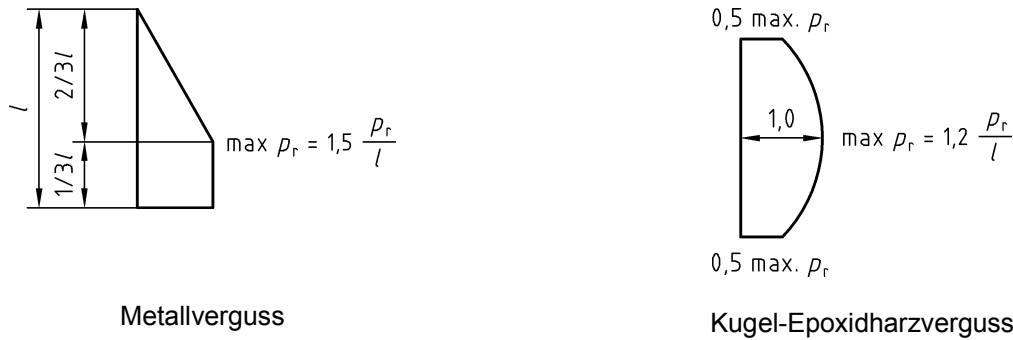
Dabei ist

$Z$	vorhandene Zugkraft;
$A$	Aufstandfläche des Verankerungskopfes;
$\alpha$	Neigungswinkel des Verankerungskonus (siehe Bild 10);
$l$	Hülsenlänge (siehe Bild 10);
$\rho$	Wandreibungswinkel. Für Kugel-Epoxydharzverguss 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-Epoxydharzverguss;
$\max p_r = 1,5 \frac{P_r}{l}$	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  $\sigma_l$  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



**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.

$$\frac{q}{q_{R,d}} \leq 1 \tag{88}$$

mit

$$q = D/d' \tag{89}$$

Dabei ist

- $D$  Klemmen- oder Schellendruck (Kraft je Längeneinheit);
- $d'$  Auflagerbreite 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

$$q_{R,d} = \frac{40}{\gamma_M} \text{ N/mm}^2 \tag{90}$$

— 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

$\gamma_M$  Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite = 1,1;

$U$  Summe der Umlenkkräfte;

$K$  Summe der Klemmkräfte;

$\alpha_u$  Umlenkkräftebeiwert;

$\alpha_k$  Klemmkraftbeiwert;

$\mu$  Reibungszahl nach 4.3.5, Element 429.

Der Abbau der Klemmkräfte durch elastische und plastische Seileinschnürung ist zu berücksichtigen. Die Dicke der Klemmen und Schellen im Scheitelbereich ist so zu begrenzen, dass dieser Abbau möglichst gering ist.

ANMERKUNG Die Beiwerte  $\alpha_u$  und  $\alpha_k$  berücksichtigen, dass durch die entsprechende Formgebung der Sattellager, Klemmen und Schellen die Umlenk- bzw. Klemmkräfte 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	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1992-06</p> <p>DIN 267-9:1979-08, <i>Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen, Teile mit galvanischen Überzügen</i></p>	<p>Nachfolgedokument:</p> <p>DIN EN ISO 4042:2001-01, <i>Verbindungselemente – Galvanische Überzüge (ISO 4042:1999)</i></p>
2	<p><u>Zurückgezogen:</u> 2003-02</p> <p>DIN 779:1980-12, <i>Formstahldrähte für vollverschlossene Spiralseile – Maße und Technische Lieferbedingungen</i></p>	<p>Nachfolgedokumente:</p> <p>DIN EN 10264-1:2002-06, <i>Stahldraht und Drahterzeugnisse – Stahldraht für Seile – Teil 1: Allgemeine Anforderungen</i></p> <p>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></p>
3	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1995-05</p> <p>DIN 1025-1:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Schmale I-Träger, I-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i></p>	<p>Nachfolgedokumente:</p> <p>DIN 1025-1:1995-05, <i>Warmgewalzte I-Träger – Teil 1: Schmale I-Träger, I-Reihe – Maße, Masse, statische Werte</i></p> <p>DIN EN 10024:1995-05, <i>I-Profile mit geneigten inneren Flanschflächen – Grenzabmaße und Formtoleranzen</i></p>
4	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1994-03</p> <p>DIN 1025-2:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, IPB- und IB-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i></p>	<p>Nachfolgedokumente:</p> <p>DIN 1025-2:1995-11, <i>Warmgewalzte I-Träger – Teil 2: I-Träger, IPB-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i></p> <p>DIN EN 10034:1994-03; <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i></p>

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
5	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1994-03</p> <p>DIN 1025-3:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPBI-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i></p>	<p>Nachfolgedokumente:</p> <p>DIN 1025-3:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPBI-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i></p> <p>DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i></p>
6	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1994-03</p> <p>DIN 1025-4:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBv-Reihe, Maße, Gewichte, Zulässige Abweichungen, statische Werte</i></p>	<p>Nachfolgedokumente:</p> <p>DIN 1025-4:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBv-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i></p> <p>DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i></p>
7	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1994-03</p> <p>DIN 1025-5:1965-03, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i></p>	<p>Nachfolgedokumente:</p> <p>DIN 1025-5:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i></p> <p>DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i></p>
8	<p><u>Zurückgezogen:</u> 2002-10</p> <p>DIN 1055-3:1971-06, <i>Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten</i></p>	<p>Nachfolgedokumente:</p> <p>DIN 1055-3:2002-10, <i>Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten</i></p> <p>DIN 1055-9:2003-08, <i>Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 9: Außergewöhnliche Einwirkungen</i></p>
9	<p><u>Zurückgezogen:</u> 2005-07</p> <p>DIN 1055-5:1975-06, <i>Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Schneelast und Eislast</i></p>	<p>Nachfolgedokument:</p> <p>DIN 1055-5:2005-07, <i>Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten</i></p>
10	<p><u>Zurückgezogen:</u> 2003-09</p> <p>DIN 1142:1982-01, <i>Drahtseilklemmen für Seil-Endverbindungen bei sicherheitstechnischen Anforderungen</i></p>	<p>Nachfolgedokument:</p> <p>DIN EN 13411-5:2003-09, <i>Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht – Sicherheit – Teil 5: Drahtseilklemmen mit U-förmigem Klemmbügel</i></p>
11	<p><u>Zurückgezogen:</u> 2003-04</p> <p>DIN 3051-3:1972-03, <i>Drahtseile aus Stahldrähten – Grundlagen, Berechnung, Faktoren</i></p>	<p>Nachfolgedokument:</p> <p>DIN EN 12385-2:2003-04, <i>Stahldrahtseile – Sicherheit – Teil 2: Begriffe, Bezeichnung und Klassifizierung</i></p>

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>Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 1: Allgemeine Einleitung (ISO 12944-1:1998)</i> DIN EN ISO 12944-2:1998-07, <i>Beschichtungsstoffe – 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>Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung (ISO 12944-3:1998)</i>

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
19	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1991-05</p> <p>E DIN 55928-3:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Planung der Korrosionsschutzarbeiten</i></p>	<p>Nachfolgedokument:</p> <p>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></p>
20	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1991-05</p> <p>E DIN 55928-4:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtung und Überzüge; Vorbereitung und Prüfung der Oberflächen</i></p>	<p>Nachfolgedokument:</p> <p>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></p>
21	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1991-05</p> <p>E DIN 55928-5:1990-02, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Beschichtungsstoffe und Schutzsysteme</i></p>	<p>Nachfolgedokument:</p> <p>DIN EN ISO 12944-5:1998-07, <i>Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO 12944-5:1998)</i></p>
22	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1991-05</p> <p>E DIN 55928-6:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Ausführung und Überwachung der Korrosionsschutzarbeiten</i></p>	<p>Nachfolgedokument:</p> <p>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></p>
23	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1991-05</p> <p>E DIN 55928-7:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Technische Regeln und Kontrollflächen</i></p>	<p>Nachfolgedokumente:</p> <p>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></p> <p>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></p>
24	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1994-07</p> <p>DIN 55928-8:1980-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen (Stahlleichtbau)</i></p>	<p>Nachfolgedokument:</p> <p>DIN 55928-8:1994-07, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Teil 8: Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen</i></p>

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
25	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1991-05</p> <p>E DIN 55928-9:1989-03, <i>Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Beschichtungsstoffe; Zusammensetzung von Bindemitteln und Pigmenten</i></p>	
26	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1992-04</p> <p>DIN ISO 898-1:1989-01, <i>Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Schrauben; Identisch mit ISO 898-1:1988</i></p>	<p>Nachfolgedokument:</p> <p>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></p>
27	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1994-02</p> <p>DIN ISO 898-2:1981-03, <i>Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Muttern mit festgelegten Prüfkräften</i></p>	<p>Nachfolgedokument(e):</p> <p>DIN EN 20898-2:1994-02, <i>Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen – Teil 2: Muttern mit festgelegten Prüfkräften; Regelgewinde (ISO 898-2:1992)</i></p>
28	<p><u>Zurückgezogen:</u> 1997-08</p> <p>ISO 3898:1987-12, <i>Bases for design of structures – Notations – General symbols (Berechnungsgrundlagen für Bauten; Begriffe; Allgemeine Symbole)</i></p>	<p>Nachfolgedokument:</p> <p>ISO 3898:1997-08, <i>Bases for design of structures – Notations – General symbols (Berechnungsgrundlagen für Bauten; Begriffe; Allgemeine Symbole)</i></p>

## 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