
Auszüge aus DIN 18 800, Teil 1

Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion [2]

1 Allgemeine Angaben

(101) Anwendungsbereich

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

(102) Mitgeltende Normen

Die anderen Grundnormen der Reihe DIN 18 800 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, kann zur Beurteilung DIN 18800 Teil 1/03.81 herangezogen werden (vergleiche auch Vorbemerkungen).

(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.

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 Schweißfolpläne und gegebenenfalls Zulassungsbescheide.

(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.

(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

3.1 Grundbegriffe

(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.

(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.

(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).

(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 Sicher-

heitstheorie 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.

(305) Teilsicherheitsbeiwerte

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

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

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

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

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

Angaben zur Bestimmung von γ_f können z. B. [1] entnommen werden.

Anmerkung 2: Der Teilsicherheitsbeiwert γ_M setzt sich auf folgenden Anteilen zusammen:

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

γ_m berücksichtigt die Streuung der jeweiligen Widerstandsgrößen.

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

Angaben zur Bestimmung von γ_m können z. B. [1] entnommen werden.

(306) Kombinationsbeiwerte

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

(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.

(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.

(309) Beanspruchbarkeiten

Beanspruchbarkeiten R_d sind die zu Grenzzuständen gehörenden Zustandsgrößen des Tragwerkes. Sie sind mit den Bemessungswerten der Widerstandsgrößen M_d zu berechnen und werden auch als Grenzgrößen bezeichnet.

Wenn zur Vermeidung von Verwechslungen Beanspruchbarkeiten zu kennzeichnen sind, ist dafür im allgemeinen der Index R, d zu verwenden.

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

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

3.2 Weitere Begriffe

(310) Weitere Begriffe werden im Normtext erläutert

3.3 Häufig verwendete Formelzeichen

(311) **Koordinaten, Verschiebungs- und Schnittgrößen, Spannungen sowie Imperfektionen**

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

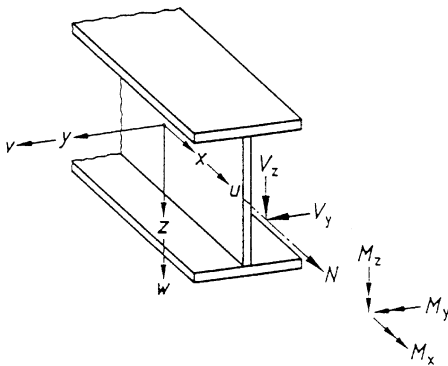


Bild 1. Koordinaten, Verschiebungs- und Schnittgrößen.

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
α_T	lineare Temperaturdehnzahl
f_y	Streckgrenze
f_u	Zugfestigkeit
μ	Reibungszahl

(313) Querschnittsgrößen

t	Erzeugnisdicke, Blechdicke
b	Breite von Querschnittsteilen
A	Querschnittsfläche
A_{Steg}	Stegfläche, nach Abschnitt 7.5.2, Element 752
	Statisches Moment
	Flächenmoment 2. Grades (früher: Trägheitsmoment)
W	elastisches Widerstandsmoment
N_{pl}	Normalkraft im vollplastischen Zustand
M_{pl}	Biegemoment im vollplastischen Zustand
M_{el}	Biegemoment, bei dem die Spannung σ_x an der ungünstigsten Stelle des Querschnitts f_y erreicht
$\alpha_{\text{pl}} = \frac{M_{\text{pl}}}{M_{\text{el}}}$	plastischer Formbeiwert
V_{pl}	Querkraft im vollplastischen Zustand
d	Durchmesser
d_L	Lochdurchmesser
d_{Sch}	Schaftdurchmesser
Δd	Nennlochspiel
a	rechnerische Schweißnahtdicke

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

(314) Systemgrößen

l	Systemlänge eines Stabes
N_{Ki}	Normalkraft unter der kleinsten Verzweigungslast nach der Elastizitätstheorie, als Druck positiv

$$s_K = \sqrt{\frac{\pi^2 (E \cdot I)}{N_{\text{Ki}}}} \quad \text{zu } N_{\text{Ki}} \text{ gehörende Knicklänge eines Stabes}$$

(315) Einwirkungen, Widerstandsgrößen und Sicherheitselemente

F	Einwirkung (allgemeines Formelzeichen)
G	ständige Einwirkung

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

Anmerkung: Die Formelzeichen sind zum Teil aus der englischen Sprache abgeleitet: z. B. 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 Walzstahl und Stahlguss

(401) Übliche Stahlsorten

Es sind folgende Stahlsorten zu verwenden:

1. Von den allgemeinen Baustählen nach DIN 17 100 die Stahlsorten St 37-2, USt 37-2, RSt 37-2, St 37-3 und St 52-3, entsprechende Stahlsorten für kaltgefertigte geschweißte quadratische und rechteckige Rohre (Hohlprofile) nach DIN 17 119 sowie für geschweißte bzw. nahtlose kreisförmige Rohre nach DIN 17 120 bzw. DIN 17 121.
2. Von den schweißgeeigneten Feinkornbaustählen nach DIN 17 102 die Stahlsorten StE 355, WStE 355, TStE 355 und EStE 355, entsprechende Stahlsorten für quadratische und rechteckige Rohre (Hohlprofile) nach DIN 17 125 sowie für geschweißte bzw. nahtlose kreisförmige Rohre nach DIN 17 123 bzw. DIN 17 124.
3. Stahlguß GS-52 nach DIN 1681 und GS-20 Mn 5 nach DIN 17 182 sowie Vergütungsstahl C 35 N nach DIN 17 200 für stählerne Lager, Gelenke und Sonderbauteile.

(402) Andere Stahlsorten

Andere als in Element 401 genannte Stahlsorten dürfen nur verwendet werden, wenn

- die chemische Zusammensetzung, die mechanischen Eigenschaften und die Schweiß-eignung in den Lieferbedingungen des Stahlherstellers festgelegt sind und diese Eigenschaften einer der in Element 401 genannten Stahlsorten zugeordnet werden können oder
- sie in den Fachnormen vollständig beschrieben und hinsichtlich ihrer Verwendung geregelt sind oder
- ihre Brauchbarkeit auf andere Weise nachgewiesen worden ist.

Anmerkung 1: Die Einschränkungen bei der Wahl des Nachweisverfahrens nach Abschnitt 7.4, Element 726, sind zu beachten.

Anmerkung 2: Die Brauchbarkeit kann z.B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall nachgewiesen werden.

(403) Stahlauswahl

Die Stahlsorten sind entsprechend dem vorgesehenen Verwendungszweck und ihrer Schweiß-eignung auszuwählen.

Die „Empfehlungen zur Wahl der Stahlgütergruppen für geschweißte Stahlbauten“ (DASt-Richtlinie 009) und „Empfehlungen zum Vermeiden von Terrassenbrüchen in geschweißten Konstruktionen aus Baustahl“ (DASt-Richtlinie 014) dürfen für die Wahl der Werkstoffgüte herangezogen werden.

(404) Bescheinigungen

Für die verwendeten Erzeugnisse müssen Bescheinigungen nach DIN 50 049 vorliegen. Für nicht geschweißte Konstruktionen aus Stahl der Sorten St 37-2, USt 37-2, RSt 37-2 und St 37-3 und für untergeordnete Bauteile darf hierauf verzichtet werden, wenn die Beanspruchungen nach der Elastizitätstheorie ermittelt werden.

Werden die Beanspruchungen nach der Plastizitätstheorie ermittelt, sind die Werkstoff-eigenschaften mindestens durch ein Werksprüfzeugnis zu belegen.

Für Blech und Breitflachstahl in geschweißten Bauteilen mit Dicken über 30 mm, die im Bereich der Schweißnähte auf Zug beansprucht werden, muss der Aufschweißbiegeversuch nach SEP 1390 durchgeführt und durch ein Abnahmeprüfzeugnis belegt sein.

Anmerkung: SEP: Stahl-Eisen-Prüfblatt

(405) Charakteristische Werte für Walzstahl und Stahlguß

Bei der Ermittlung von Beanspruchungen und Beanspruchbarkeiten sind für Walzstahl und Stahlguß die in Tabelle 1 angegebenen charakteristischen Werte zu verwenden.

Die Veränderung der charakteristischen Werte in Abhängigkeit von der Temperatur ist bei Temperaturen über 100 °C zu berücksichtigen.

Tabelle 1. Als charakteristische Werte für Walzstahl und Stahlguß festgelegte Werte.

1	2	3	4	5	6	7	
Stahl	Erzeugnis- dicke $t^*)$ mm	Streck- grenze $f_{y,k}$ N/mm ²	Zug- festig- keit $f_{u,k}$ N/mm ²	E- Modul E N/mm ²	Schub- modul G N/mm ²	Tempe- ratur- dehnzahl α_T K ⁻¹	
1	Baustahl St 37-2	$t \leq 40$	240	360	210 000	81 000	$12 \cdot 10^{-6}$
2	USt 37-2 R St 37-2 St 37-3	$40 < t \leq 80$	215				
3	Baustahl	$t \leq 40$	360	510			
4	St 52-3	$40 < t \leq 80$	325				
5	Feinkorn- baustahl	$t \leq 40$	360	510			
6	StE 355 WStE 355 TStE 355 EStE 355	$40 < t \leq 80$	325				
7	Stahlguß GS-52		260	520			
8	GS-20 Mn 5	$t \leq 100$	260	500			
9	Vergütungs- stahl	$t \leq 16$	300	480			
10	C 35 N	$16 < t \leq 80$	270				

*) Für die Erzeugnisdicke werden in Normen für Walzprofile auch andere Formelzeichen verwendet, z. B. in den Normen der Reihe DIN 1025 s für den Steg.

4.2 Verbindungsmittel

4.2.1 Schrauben, Niete, Kopf- und Gewindebolzen

4.2.2 Schweißzustände, Schweißhilfsstoffe

(414) Es dürfen nur Schweißzusätze und Schweißhilfsstoffe verwendet werden, die nach den „Rahmenbedingungen für die Zulassung von Schweißzusätzen und Schweißhilfsstoffen für den bauaufsichtlichen Bereich“ zugelassen sind.

Anmerkung: Schweißhilfsstoffe sind z. B. Schweißpulver und Schutzgase.

4.3 Hochfeste Zugglieder

5 Grundsätze für die Konstruktion

5.1 Allgemeine Grundsätze

(501) Mindestdicken

Die Mindestdicken sind den Fachnormen zu entnehmen.

(502) Verschiedene Stahlsorten

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

(503) Krafteinleitungen

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

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

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

Anmerkung: Ein Beispiel für konstruktive Maßnahmen ist die Anordnung von Steifen.

5.2 Verbindungen

5.2.1 Allgemeines

(504) Stöße und Anschlüsse

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

Die einzelnen Querschnittsteile sollen für sich angeschlossen oder gestoßen werden.

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

Anmerkung: Querschnittsteile sind z. B. Flansche oder Stege.

(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.

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

5.2.3 Schweißverbindungen

(514) Allgemeine Grundsätze

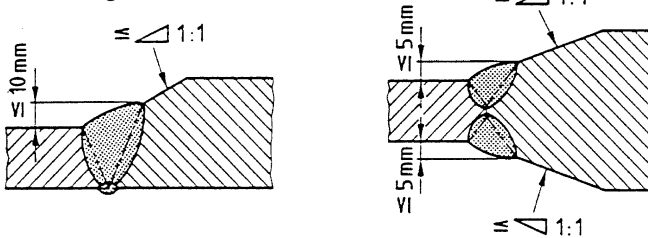
Die Bauteile und ihre Verbindungen müssen schweißgerecht konstruiert werden, Anhäufungen von Schweißnähten sollen vermieden werden.

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.

Anmerkung:



a) Einseitig bündiger Stoß

b) Zentrischer Stoß

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.

Anmerkung: Entsprechende Maßnahmen siehe DIN 18 800 Teil 7/05.83, Abschnitt 3.4.3.6

(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.

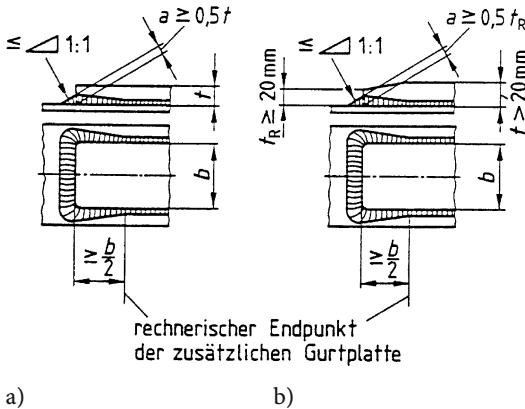


Bild 7. Verbinden zusätzlicher Gurtplatten.

(518) Gurtplattenstöße

Wenn aufeinanderliegende Gurtplatten an derselben Stelle gestoßen werden, ist der Stoß mit Stirnfugennähten vorzubereiten.

Anmerkung:

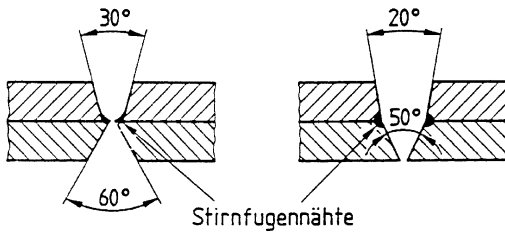


Bild 8. Beispiele für die Nahtvorbereitung eines Stumpfstoßes aufeinanderliegender Gurtplatten.

(519) Grenzwerte für Kehlnahtdicken

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

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

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

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 $t \geq 30 \text{ mm}$ die Schweißnahtdicke mit $a \geq 5 \text{ mm}$ gewählt werden.

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

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

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

*) Für Bauteile aus St 37-3 darf dieser Wert auf 6 mm erhöht werden.

(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) Schweißnähte in Hohlkehlen von Walzprofilen

In Hohlkehlen von Walzprofilen aus unberuhigt vergossenen Stählen sind Schweißnähte in Längsrichtung nicht zulässig.

(522) Schweißen in kaltgeformten Bereichen

Wenn in kaltgeformten Bereichen einschließlich der angrenzenden Bereiche der Breite $5t$ geschweißt wird, sind die Grenzwerte mit 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.

5.3 Hochfeste Zugglieder

6 Annahmen für die Einwirkungen

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 Bauwerkes 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 bewählten Nachweisverfahren und den betrachteten Tragwerksteilen können die Nachweise als Spannungsnachweise, Schnittgrößen-nachweise, 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 im Abschnitt 7.4, Element 726 mit Tabelle 11, angegeben.

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

(704) Grenzzustände für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

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

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

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

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

7.2 Berechnung der Beanspruchungen aus den Einwirkungen

7.2.1 Einwirkungen

(706) Einteilung

Die Einwirkungen F sind nach ihrer zeitlichen Veränderlichkeit einzuteilen in

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

Wahrscheinliche Baugrundbewegungen sind wie ständige Einwirkungen zu behandeln. Temperaturänderungen sind in der Regel den veränderlichen Einwirkungen zuzuordnen.

Anmerkung: Außergewöhnliche Einwirkungen sind z. B. Lasten aus Anprall von Fahrzeugen.

(707) Bemessungswerte

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

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

Anmerkung: Die Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F und die Kombinationsbeiwerte ψ sind für den Nachweis der Tragsicherheit im Abschnitt 7.2.2 und für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit im Abschnitt 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 baodynamische Untersuchungen, insbesondere wenn Bauwerksresonanzen entstehen können.

7.2.2 Beanspruchungen beim Nachweis der Tragsicherheit**(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 γ_F eingesetzt werden. Sie dürfen jedoch nicht kleiner als 1,35 sein, sofern nicht in Sonderfällen in Fachnormen kleinere Werte angegeben sind.

Anmerkung 1: In den Fachnormen können abweichende Einwirkungskombinationen vereinbart sein.

Anmerkung 2: In den einschlägigen Normen über Lastannahmen werden die Formelzeichen G_k , Q_k und $F_{E,k}$ zur Zeit noch nicht verwendet.

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

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

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

(711) Ständige Einwirkungen, die Beanspruchungen verringern

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

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

mit $\gamma_F = 1,0$.

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

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

mit $\gamma_F = 0,6$.

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

(712) Ständige Einwirkungen, von denen Teile Beanspruchungen verringern

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

- für die Teile, die diese Beanspruchungen vergrößern $\gamma_F = 1,1$,
- für die Teile, die diese Beanspruchungen verringern $\gamma_F = 0,9$.

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

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

Anmerkung: Diese zusätzlichen Grundkombinationen können nur bei Tragwerken vom Typ Waagebalken maßgebend werden. Bei diesen Tragwerken ergibt sich die Beanspruchung aus ständigen Einwirkungen aus der Differenz der sie vergrößernden und verringernenden 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 Abschnitt 7.2.2 zu berechnen.

7.3 Berechnung der Beanspruchbarkeiten aus den Widerstandsgrößen

7.3.1 Widerstandsgrößen

(717) Bemessungswerte

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

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

Anmerkung: Der Nachweis mit den γ_M -fachen Bemessungswerten der Einwirkungen und den charakteristischen Werten der Widerstandsgrößen führt zum gleichen Ergeb-

nis wie der Nachweis mit den Bemessungswerten der Einwirkungen und der Widerstandsgrößen, wenn für alle Widerstandsgrößen derselbe Wert γ_M gilt.

(718) Charakteristische Werte der Festigkeiten

Die charakteristischen Werte der Festigkeiten $f_{y,k}$ und $f_{u,k}$ sind Abschnitt 4 zu entnehmen oder anderenfalls den 5%-Fraktilen der zugeordneten Werkstoffkennwerte R_{eH} und R_m gleichzusetzen.

(719) Charakteristische Werte der Steifigkeiten

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

gerechnet werden.

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

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

(722) Teilsicherheitsbeiwerte γ_M beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit gilt im allgemeinen

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

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

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

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

7.3.2 Beanspruchbarkeiten

(724) Ermittlung der Beanspruchbarkeiten

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

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.

Die nachfolgenden Regeln für die Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch und Plastisch-Plastisch gelten nur für Baustähle, deren Verhältnis von Zugfestigkeit zu Streckgrenze größer als 1,2 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.

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

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

Anmerkung 3: Für die in Abschnitt 4.1, Element 401, Nummer 1 und 2 genannten Stähle ist das Verhältnis von Zugfestigkeit zu Streckgrenze größer als 1,2.

(727) Allgemeine Regeln

Beim Nachweis sind grundsätzlich zu berücksichtigen:

- Tragwerksverformungen (Element 728)
- geometrische Imperfektionen (Elemente 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 18 800 Teil 2).
- eine Vergrößerung der planmäßigen Lasten eintritt, z. B. bei Bildung von Schnee- oder Wassersäcken auf Flachdächern.

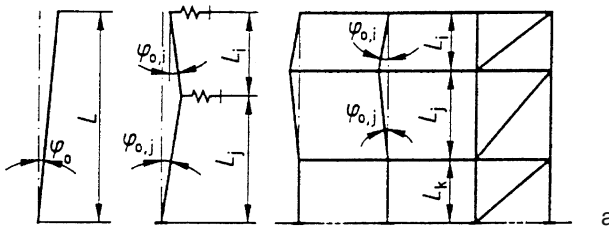
(729) Geometrische Imperfektionen von Stabwerken

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.

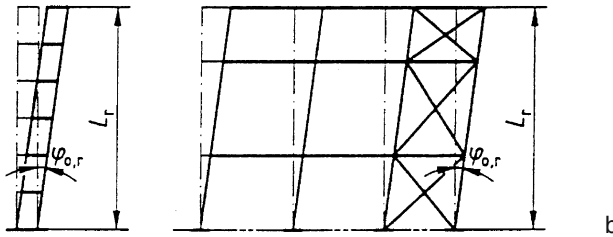
Als für ein bestimmtes Stabwerk mögliche Vorverdrehungen gelten solche, die bei der vorgesehenen Art und Weise von Herstellung und Montage durch Abweichung von planmäßigen Maßen verursacht werden können. Die Imperfektionen brauchen dabei nicht mit den geometrischen Randbedingungen des Systems verträglich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



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

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



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

L_r Länge des Stabzuges r

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

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 18 800 Teil 2 fordert zusätzlich Imperfektionen in Form von Vorkrümmungen, weil die Ersatzimperfektionen nach DIN 18 800 Teil 2 auch den Einfluss struktureller Imperfektionen, z. B. Eigenspannungen, und den Einfluss von Unsicherheiten der Rechenmodelle, z. B. die Nichtberücksichtigung teilplastischer Verformungen bei der Fließgelenktheorie, berücksichtigen.

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

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

(730) Art und Größe der Imperfektionen

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

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

Hierin bedeuten:

$$r_1 = \sqrt{\frac{5}{L}}$$

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.

$$r_2 = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{\frac{1}{n}} \right)$$

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 (vergleiche hierzu auch DIN 18 800 Teil 2, 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.

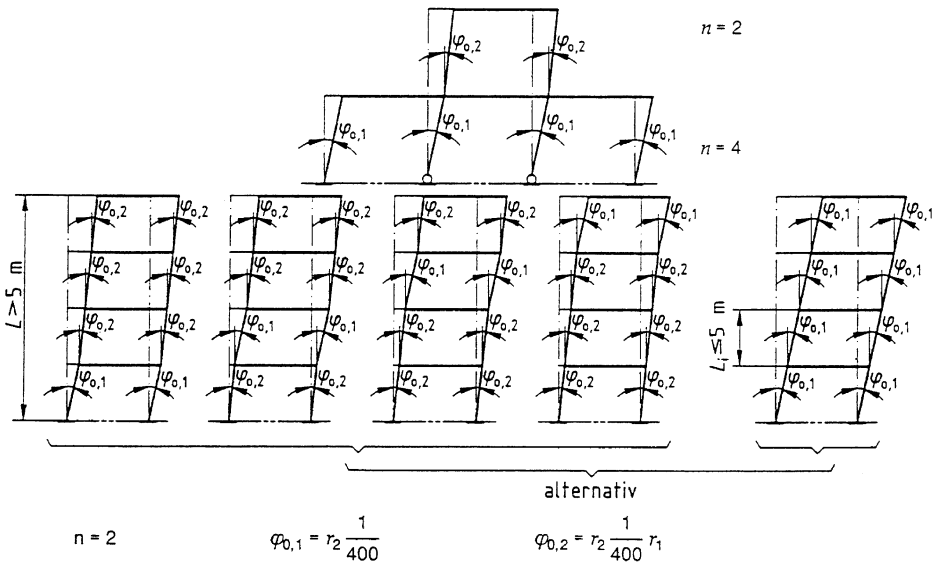


Bild 13. Beispiele für Vorverdrehungen in Stabwerken.

Bei Fachwerkträgern darf der Schlupf im Allgemeinen vernachlässigt werden.

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

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

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

(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.

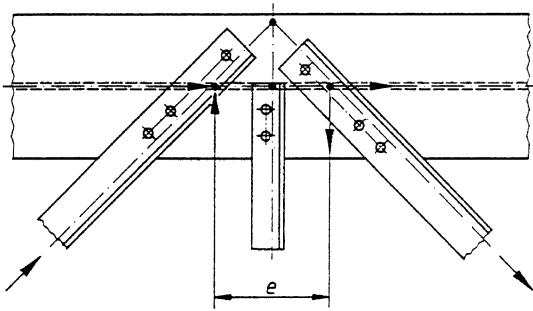


Bild 14. Berücksichtigung planmäßiger Außermittigkeiten in der Bildebene.

(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 Abschnitt 7.5.3, Element 755, zu beachten.

(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 Wechsellastizierungen 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 Abschnitt 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 18 800 Teil 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

- die Normalkräfte N des Systems nicht größer als 10 % der zur idealen Knicklast gehörenden Normalkräfte $N_{\text{Ki,d}}$ des Systems sind (bei Anwendung der Fließgelenktheorie ist hierbei das statische System unmittelbar vor Ausbildung des letzten Fließgelenks zugrunde zu legen), oder
- die bezogenen Schlankheitsgrade $\bar{\lambda}_{\text{K}}$ nicht größer als $0,3 \sqrt{f_{y,d}/\sigma_{\text{N}}}$ sind mit $\sigma_{\text{N}} = N/A$, $\bar{\lambda}_{\text{K}} = \lambda_{\text{K}}/\lambda_{\text{a}}$, $\lambda_{\text{K}} = s_{\text{K}}/i$, $\lambda_{\text{a}} = \pi \sqrt{E/f_{y,k}}$, oder
- die mit den Knicklängenbeiwerten $\beta = s_{\text{K}}/l$ multiplizierten Stabkennzahlen $\varepsilon = l \sqrt{N/(E \cdot I)_{\text{d}}}$ 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 18 800 Teil 2 als Druckkraft positiv anzusetzen, vergleiche auch Abschnitt 3.3, Element 314.

(740) Biegedrillknicken

Für Stäbe und Stabwerke ist der Nachweis der Biegedrillknicksicherheit nach DIN 18 800 Teil 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.

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

mit

M_y größter Absolutwert des maßgebenden Biegemomentes
 $\lambda_a = \pi \sqrt{E/f_{y,k}}$ Bezugsschlankheitsgrad
 $i_{z,g}$ Trägheitsradius um die Stegachse z der aus Druckgurt und $1/5$ des Steges gebildeten Querschnittsfläche

Anmerkung: In DIN 18 800 Teil 2, Abschnitt 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.

Der Nachweis darf entfallen, wenn als veränderliche Einwirkungen zur Schnee, Temperatur, Verkehrslasten nach DIN 1055 Teil 3/06.71, Abschnitt 1.4 und Windlasten ohne periodische Anfachung des Bauwerks auftreten.

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

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

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

mit

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

n 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 Tragsystemes zur Folge haben kann. Da in Bedingung (26) – abweichend von den Regelungen für Betriebsfestigkeitsnachweise – die Spannungen σ des Tragsicherheitsnachweises verwendet werden, liegt sie auf der sicheren Seite.

(742) Lochschwächungen

Lochschwächungen sind bei der Berechnung der Beanspruchbarkeiten zu berücksichtigen.

Im Druckbereich und bei Schub darf der Lochabzug entfallen, wenn

- bei Schrauben das Lochspiel höchstens 1,0 mm beträgt oder bei größerem Lochspiel die Tragwerksverformungen nicht begrenzt werden müssen
oder
- die Löcher mit Nieten ausgefüllt sind.

In zugbeanspruchten Querschnittsteilen darf der Lochabzug entfallen, wenn die Bedingung (27) erfüllt ist.

$$\frac{A_{\text{Brutto}}}{A_{\text{Netto}}} \leq \begin{cases} 1,2 \text{ für St 37} \\ 1,1 \text{ für St 52} \end{cases} \quad (27)$$

In Querschnitten oder Querschnittsteilen aus anderen Stählen mit gebohrten Löchern darf die Grenzzugkraft $N_{R,d}$ im Nettoquerschnitt unter Zugrundelegung der Zugfestigkeit des Werkstoffes nach Gleichung (28) berechnet werden.

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

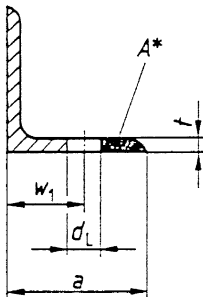
Wenn in zugbeanspruchten Querschnittsteilen die Beanspruchbarkeiten mit der Streckgrenze berechnet werden oder Bedingung (27) erfüllt ist, darf der durch die Lochschwächung verursachte Versatz der Querschnittsschwerachsen unberücksichtigt bleiben.

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.



$$A_{\text{Netto}} = 2 A^*$$

Bild 15. Nettoquerschnitt eines Winkelanschlusses.

(744) Krafteinleitungen

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

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

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

- für alle anderen Fälle

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

Hierin bedeuten:

σ_x Normalspannung im Träger im maßgebenden Schnitt nach Bild 16

s Stegdicke des Trägers

l mittragende Länge nach Bild 16

Die Grenzkraft $F_{R,d}$ darf für geschweißte Profile mit I-förmigem Querschnitt nach den Gleichungen (29) bzw. (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.

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

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

Anmerkung 3: In die Bilder 16a 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

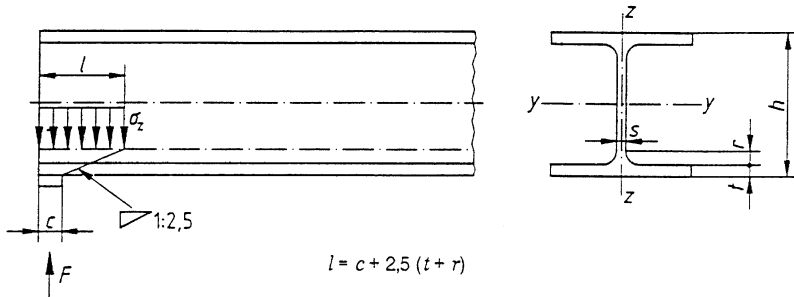
1. das System im stabilen Gleichgewicht ist und
2. in allen Querschnitten die nach Abschnitt 7.2 berechneten Beanspruchungen höchstens den Bemessungswert $f_{y,d}$ der Streckgrenze erreichen und
3. in allen Querschnitten entweder die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ und $\text{grenz}(d/t)$ nach den Tabellen 12 bis 14 eingehalten sind oder ausreichende Beulsicherheit nach DIN 18 800 Teil 3 bzw. DIN 18 800 Teil 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.

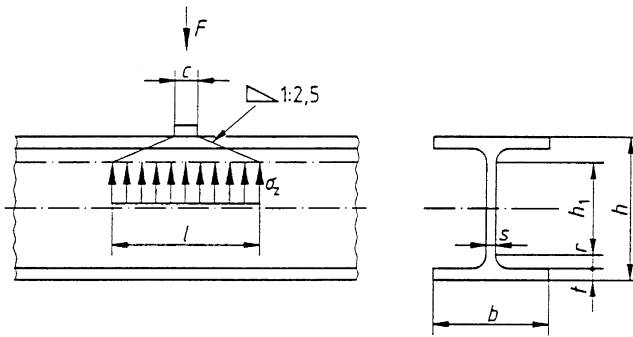
Anmerkung 3: Bei den Grenzwerten $\text{grenz}(b/t)$ in Tabelle 12 wird die ψ -abhängige Erhöhung der Abminderungsfaktoren nach DIN 18 800 Teil 3, Tabelle 1, Zeile 1 berücksichtigt. Hierauf wird in DIN 18 800 Teil 2, Abschnitt 7, verzichtet, um zu einfachen Regeln und zu einer Übereinstimmung mit anderen nationalen und internationalen Regelwerken zu kommen.

Anmerkung 4: Auf den Beulsicherheitsnachweis für Einzelfelder darf unter den in DIN 18 800 Teil 3, Abschnitt 2, Element 205 angegebenen Bedingungen verzichtet werden.



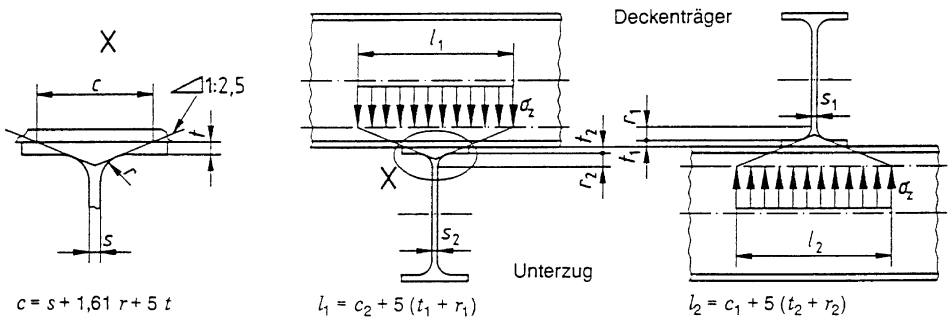
$$l = c + 2,5 (t + r)$$

a) Einleitung einer Auflagerkraft am Trägerende



$$l = c + 5 (t + r)$$

b) Einleitung einer Einzellast im Feld (gleichbedeutend mit Einleitung einer Auflagerkraft an einer Zwischenstütze)



$$c = s + 1,61 r + 5 t$$

$$l_1 = c_2 + 5 (t_1 + r_1)$$

$$l_2 = c_1 + 5 (t_2 + r_2)$$

c) Träger auf Träger

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

Tabelle 12. Grenzwerte (b/t) für beidseitig gelagerte Plattenstreifen für volles Mittragen unter Druckspannungen σ_x beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch mit zugehörigen Beulwerten k_σ .

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

1	2	3
1 Lagerung:		grenz (b/t) allgemein: - Bereich $0 < \psi \leq 1$ $\text{grenz } (b/t) = 420,4 \cdot (1 - 0,278 \psi - 0,025 \psi^2) \cdot \sqrt{\frac{k_\sigma}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$ - Bereich $\psi \leq 0$ $\text{grenz } (b/t) = 420,4 \cdot \sqrt{\frac{k_\sigma}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
2 Randspannungsverhältnis ψ	Beulwert k_σ in Abhängigkeit vom Randspannungsverhältnis ψ	grenz (b/t) für Sonderfälle des Randspannungsverhältnisses ψ
3 1	4	$37,8 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
4 $1 > \psi > 0$	$\frac{8,2}{\psi + 1,05}$	$27,1 (1 - 0,278 \psi - 0,025 \cdot \psi^2) \cdot \sqrt{\frac{8,2}{\psi + 1,05}} \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
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 $\sigma_1 \cdot \gamma_M = f_{y,k}$ gilt für St 37 $\sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}} = 1$ und für St 52 $\sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}} = \sqrt{\frac{1}{1,5}} = 0,82$

Tabelle 13. Grenzwerte (b/t) für einseitig gelagerte Plattenstreifen für volles Mittragen unter Druckspannungen σ_x beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch mit zugehörigen Beulwerten k_σ .
 $\sigma_1 =$ Größtwert der Druckspannungen σ_x in N/mm² und $f_{y,k}$ in N/mm².

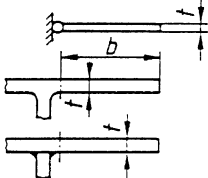
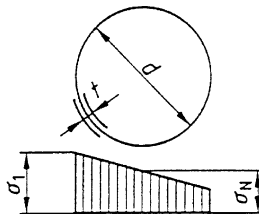
	1	2	3
1	Lagerung: 		grenz (b/t) allgemein: $305 \cdot \sqrt{\frac{k_\sigma}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
2	Randspannungsverhältnis ψ	Beulwert k_σ in Abhängigkeit vom Randspannungsverhältnis ψ	grenz (b/t) für Sonderfälle des Randspannungsverhältnisses ψ
3	Größte Druckspannung am gelagerten Rand		
4	1	0,43	$12,9 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
5	$1 > \psi > 0$	$\frac{0,578}{\psi + 0,34}$	$19,7 \cdot \sqrt{\frac{0,578}{\psi + 0,34}} \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
6	0	1,70	$25,7 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
7	$0 > \psi > -1$	$1,70 - 5 \cdot \psi + 17,1 \cdot \psi^2$	$19,7 \cdot \sqrt{1,70 - 5 \cdot \psi + 17,1 \cdot \psi^2} \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
8	-1	23,8	$96,1 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
9	Größte Druckspannung am freien Rand		
10	1	0,43	$12,9 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
11	$0 > \psi > 0$	$0,57 - 0,21 \cdot \psi + 0,07 \cdot \psi^2$	$19,7 \cdot \sqrt{0,57 - 0,21 \cdot \psi + 0,07 \cdot \psi^2} \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$
12	0	0,57	$14,9 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}$

Tabelle 13 (Fortsetzung)

	1	2	3
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 $\sigma_1 \cdot \gamma_M = f_{y,k}$ gilt für St 37 $\sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}} = 1$ und für St52 $\sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}} = \sqrt{\frac{1}{1,5}} = 0,82$

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

1	2
Spannungsverteilung: 	$\text{grenz}(d/t) = \left(90 - 20 \frac{\sigma_N}{\sigma_1}\right) \cdot \frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}$

Für $\sigma_1 \cdot \gamma_M = f_{y,k}$ gilt für St 37 $\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M} = 1$

und für St 52 $\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M} = \frac{1}{1,5} = 0,67$

(746) Grenzspannungen

Für die Grenzspannungen gilt:

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

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

(747) Nachweise

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

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

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

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

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

- für die gleichzeitige Wirkung mehrerer Spannungen

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

mit σ_v Vergleichsspannung nach Element 748.

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

(748) Vergleichsspannung

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

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

(749) Erlaubnis örtlich begrenzter Plastizierung, allgemein

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

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

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

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

Anmerkung: Tragsicherheitsnachweise nach den Elementen 749 und 750 nutzen bereits teilweise die plastische 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 σ_x nach Gleichung (38) berechnet werden.

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

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

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

(751) Vereinfachung für Stäbe mit Winkelquerschnitt

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

(752) Vereinfachung für Stäbe mit I-förmigem Querschnitt

Bei Stäben mit I-förmigem Querschnitt und ausgeprägten Flanschen, bei denen die Wirkungslinie der Querkraft V_z mit dem Steg zusammenfällt, darf die Schubspannung τ im Steg nach Gleichung (39) berechnet werden.

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

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

Anmerkung 2: Von ausgeprägten Flanschen kann bei doppelsymmetrischen I-Querschnitten ausgegangen werden, 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.

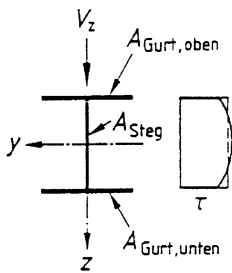


Bild 17. Ersatzweise geradlinig angenommene Verteilung der Schubspannung nach Gleichung (39) für $A_{\text{Gurt,oben}} = A_{\text{Gurt,unten}}$.

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 Abschnitt 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 Abschnitt 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 Abschnitt 7.5.1, Element 739, Biegeknicke und nach Abschnitt 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 Abschnitt 7.5.4, Element 759, Abschnitt 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 bestimmter Systeme aus. Eine vollständige Ausnutzung bei statisch unbestimmten Systemen ermöglicht das Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch (siehe Abschnitt 7.5.4).

(755) Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand, allgemein

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

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

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

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

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

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

Anmerkung 2: Als plastische Zustände eines Querschnittes werden die Zustände bezeichnet, in denen Querschnittsbereiche plastiziert sind. Als vollplastische Zustände werden diejenigen plastischen Zustände bezeichnet, bei denen eine Vergrößerung der

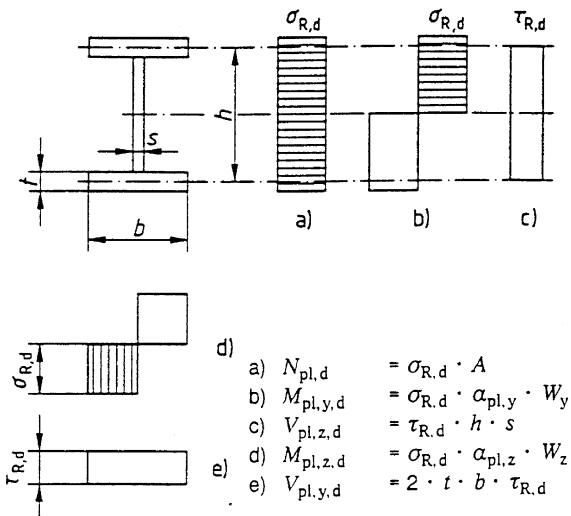


Bild 18. Spannungsverteilung für doppelsymmetrische I-Querschnitte für Schnittgrößen im vollplastischen Zustand.

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.

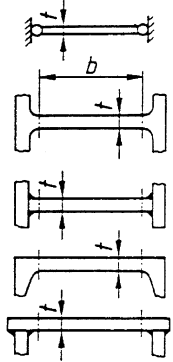
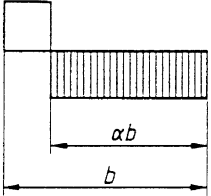
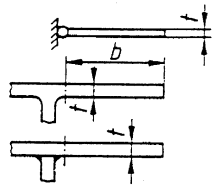
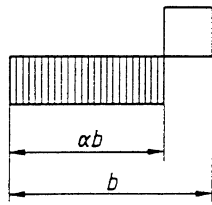
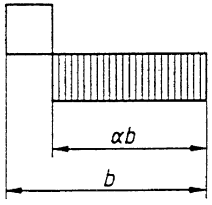
(757) Interaktion von Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand für I-Querschnitte

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 15. Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ und $\text{grenz}(d/t)$ für volles Mitwirken von Querschnittsteilen unter Druckspannungen α , beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch, $f_{y,k}$ in N/mm^2 .

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

Mit

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

gilt

– für $M_y \leq M_y^*$:

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

mit

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

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

– für $M_y > M_y^*$:

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

Tabelle 16. Vereinfachte Tragsicherheitsnachweise für doppelsymmetrische I-Querschnitte mit N, M_y, V_z .

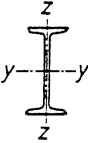
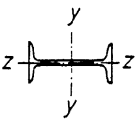
Momente um y-Achse 	Gültigkeitsbereich	$\frac{V}{V_{pl,d}} \leq 0,33$	$0,33 < \frac{V}{V_{pl,d}} \leq 0,9$
	$\frac{N}{N_{pl,d}} \leq 0,1$	$\frac{M}{M_{pl,d}} \leq 1$	$0,88 \frac{M}{M_{pl,d}} + 0,37 \frac{V}{V_{pl,d}} \leq 1$
	$0,1 < \frac{N}{N_{pl,d}} \leq 1$	$0,9 \frac{M}{M_{pl,d}} + \frac{N}{N_{pl,d}}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

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

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

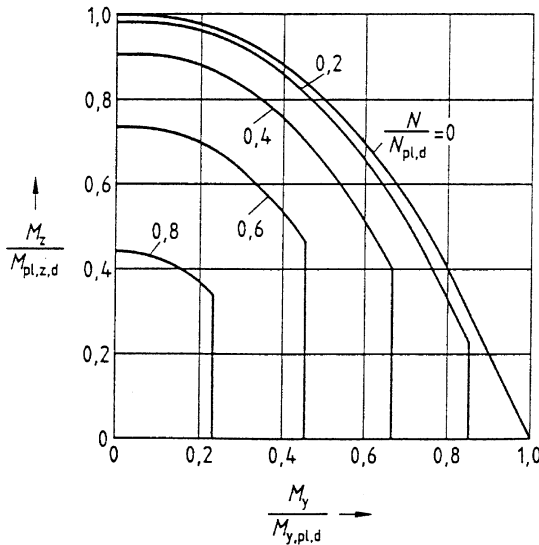


Bild 19. Interaktion für die Normalkraft N und die Biegemomente M_y und M_z nach den Bedingungen (41) und (42).

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 Tabelle 16 und 17 sind Grenzschnittgrößen. Es ist $M_{pl,z,d} = 1,25 \sigma_{R,d} \cdot W_z$.

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 Abschnitt 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 Abschnitt 7.5.3, Elemente 755 bis 757.

(759) Berücksichtigung oberer Grenzwerte der Streckgrenze

Wenn für einen Nachweis eine Erhöhung der Streckgrenze zu einer Erhöhung der Beanspruchung führt, die nicht gleichzeitig zu einer proportionalen Erhöhung der zugeordneten Beanspruchbarkeit führt, ist für die Streckgrenze auch ein oberer Grenzwert

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

anzunehmen.

Bei durch- oder gegengeschweißten Nähten kann die Erhöhung der Beanspruchbarkeit unterstellt werden (vergleiche hierzu auch Abschnitt 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 $\sigma_{R,d}$ 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.

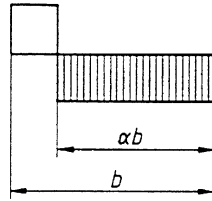
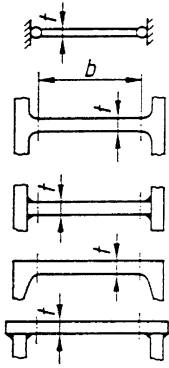
(760) Vereinfachte Berechnung der Beanspruchungen

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.

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

Beidseitig gelagerter Plattenstreifen

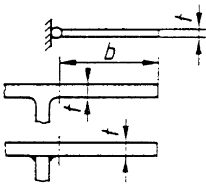
Lagerung und Breite b



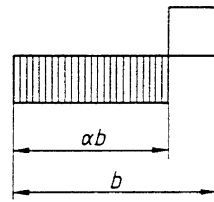
$$\text{grenz}(b/t) = \frac{32}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$$

Einseitig gelagerter Plattenstreifen

Lagerung und Breite b

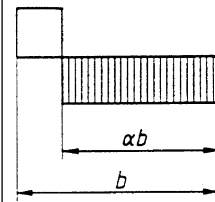


Druckspannung $f_{y,k}/\gamma_M$ am gelagerten Rand



$$\text{grenz}(b/t) = \frac{9}{\alpha \sqrt{\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$$

freien Rand



$$\text{grenz}(b/t) = \frac{9}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{240}{f_{y,k}}}$$

Kreiszylinder

$$\text{grenz}(d/t) = 50 \frac{240}{f_{y,k}}$$

Druckspannungen sind durch Schraffur gekennzeichnet.

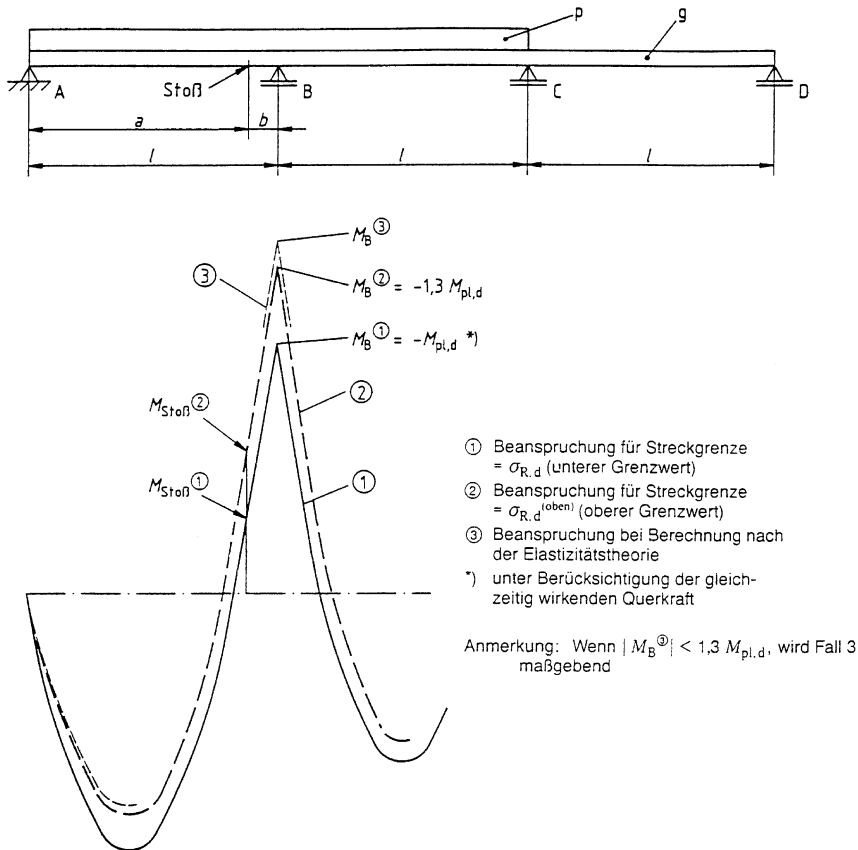


Bild 20. Beispiel zur Berücksichtigung des oberen Grenzwertes der Streckgrenze.

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 Abschnitt 7.2.2 zu berechnen; im Allgemeinen gilt Element 711.

Wenn nach Abschnitt 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 Abschnitten 7.3 und 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 Schwerwiderstand von mechanischen Schubsicherungen als gleichzeitig wirkend angesetzt werden.

Die Sicherheit gegen Gleiten darf nach DIN 4141 Teil 1/09.84, 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 gleichverteilt 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) Grenzwerte für Lagerfugen

Die Grenzpressung für Beton ist $\beta_R/1,3$ mit β_R nach DIN 1045/07.88.

Falls die Pressung als Teilflächenpressung auftritt, darf der Wert $\beta_R/1,3$ in Anlehnung an DIN 1045/07.88, Abschnitt 17.3.3, erhöht werden.

Die charakteristischen Werte für die Reibungszahl sind DIN 4141 Teil 1/09.84, Abschnitt 6, zu entnehmen. Der Teilsicherheitsbeiwert ist $\gamma_M = 1,1$.

Anmerkung: Werden Reibungszahlen entsprechend Abschnitt 7.3.2, Element 724, durch Versuche ermittelt, sind auch langzeitige Einflüsse zu berücksichtigen.

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 Korrosionabtrag und die Nutzungsdauer abgestimmt sind.

Anmerkung: Maßnahmen gegen Korrosion können sein:

- Beschichtungen und/oder Überzüge nach Normen der Reihe DIN 55 928
- 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 55 928 Teil 2 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 55 928 Teil 2 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.

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

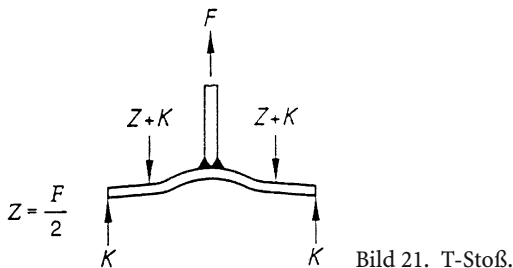
$$\text{Druckflansch: } N_D = N/2 - M_y/h_F \quad (45)$$

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

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 Abschnitt 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].



8.2 Verbindungen mit Schrauben oder Nieten

8.3 Augenstäbe und Bolzen

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

$$A_W = \sum \alpha \cdot l \quad (70)$$

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 maximal $150 a$ 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.

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.

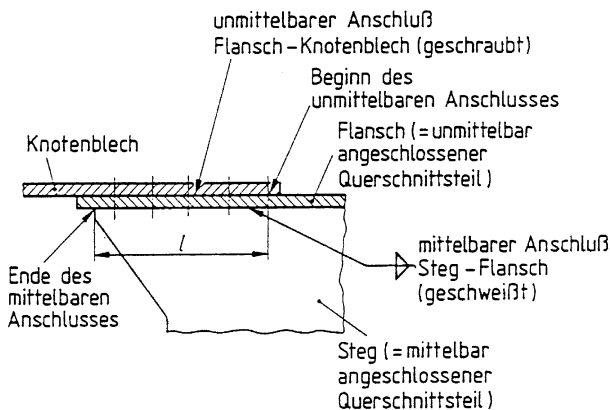


Bild 28. Mittelbarer Anschluss bei zusammengesetzten Querschnitten.

Als rechnerische Nahtlänge des mittelbaren Anschlusses gilt die Nahtlänge l vom Beginn des unmittelbaren Anschlusses bis zum Ende des mittelbaren Anschlusses.

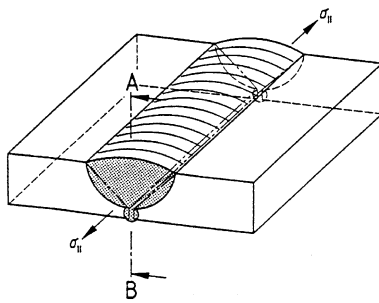
8.4.1.2 Schweißnahtspannungen

(825) Nachweis für Stumpf- und Kehlnähte

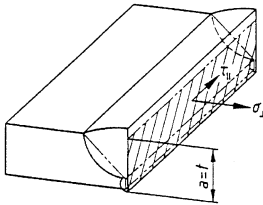
Für Schweißnähte nach Tabelle 19 ist mit Bedingung (71) nachzuweisen, dass der Vergleichswert $\sigma_{w,v}$ der vorhandenen Schweißnahtspannungen nach Bild 29 die Grenzschweißnahtspannung $\sigma_{w,R,d}$ nicht überschreitet.

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

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

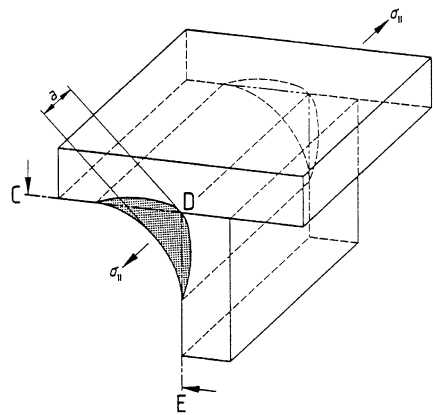


A-B

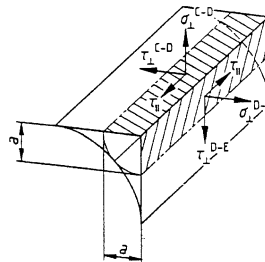


a) Stumpfnäht

Bild 29a. Schweißnahtspannungen in Stumpfnähten.



C-E



b) Kehlnäht

Bild 29b. Schweißnahtspannungen in Kehlnähten.

Tabelle 19. Rechnerische Schweißnahtdicken a .

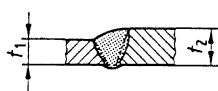
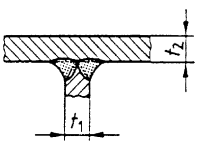
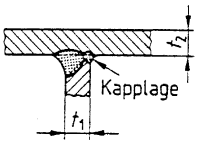
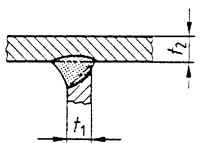
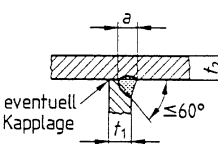
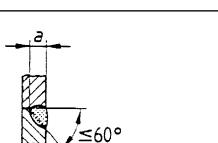
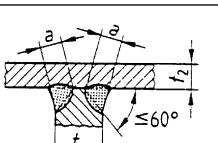
1		2	3
Nahtart ¹⁾		Bild	Rechnerische Nahtdicke a
1	Durch- oder gegene-schweißte Nähte	Stumpfnah 	$a = t_1$
2		D(oppel)HV-Nah (K-Nah) 	$a = t_1$
3		HV-Nah Kaplage gegene-schweiß 	
4		Wurzel durchge-schweißte 	
5	Nicht durchge-schweißte Nähte	HY-Nah mit Kehlnah ²⁾ 	Die Nahtdicke a ist gleich dem Abstand vom theoretischen Wurzelpunkt zur Nahtoberfläche
6		HY-Nah ²⁾ 	
7		D(oppel)HY-Nah mit Doppelkehlnah ²⁾ 	

Tabelle 19 (Fortsetzung)

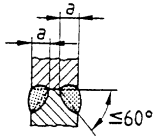
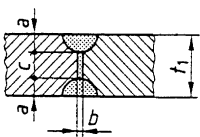
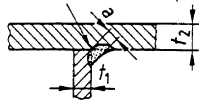
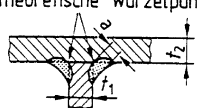
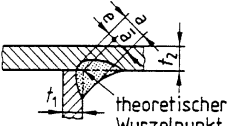
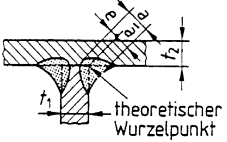
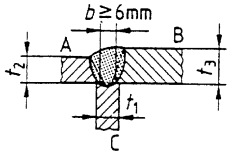
1		2	3
Nahtart ¹⁾		Bild	Rechnerische Nahtdicke <i>a</i>
8	Nicht durchgeschweißte Nähte D(doppel)HY-Naht ²⁾		Die Nahtdicke <i>a</i> ist gleich dem Abstand vom theoretischen Wurzelpunkt zur Nahtoberfläche
9	Doppel I-Naht ohne Nahtvorbereitung (Vollmech. Naht)		Nahtdicke <i>a</i> mit Verfahrensprüfung festlegen Spalt <i>b</i> ist verfahrensabhängig UP-Schweißung: <i>b</i> = 0
10	Kehlnähte Kehlnaht	theoretischer Wurzelpunkt 	Nahtdicke ist gleich der bis zum theoretischen Wurzelpunkt gemessenen Höhe des einschreibbaren gleichschenkligen Dreiecks
11	Doppelkehlnaht	theoretische Wurzelpunkte 	
12	Kehlnaht mit tiefem Einbrand		
13	Doppelkehlnaht		$a = \bar{a} + e$ \bar{a} : entspricht Nahtdicke <i>a</i> nach Zeile 10 und 11 <i>e</i> : mit Verfahrensprüfung festlegen (siehe DIN 18 800 Teil 7/05.83, Abschnitt 3.4.3.2. a)

Tabelle 19 (Fortsetzung)

	1	2	3	
	Nahtart ¹⁾	Bild	Rechnerische Nahtdicke a	
14	Dreiblechnaht Steiflankennaht		Kraft- über- tra- gung	Von A nach B $a = t_2$ für $t_2 < t_3$
15				Von C nach A und B $a = b$

¹⁾ Ausführung nach DIN 18 800 Teil 7/05.83, Abschnitt 3.4.3.

²⁾ Bei Nähten nach Zeilen 5 bis 8 mit einem Öffnungswinkel $< 45^\circ$ ist das rechnerische a -Maß um 2 mm zu vermindern oder durch eine Verfahrensprüfung festzulegen. Ausgenommen hiervon sind Nähte, die in Position w (Wannenposition) und h (Horizontalposition) mit Schutzgasschweißung ausgeführt werden.

Tabelle 20. Rechnerische Schweißnahtlängen Σl bei unmittelbaren Stabanschlüssen.

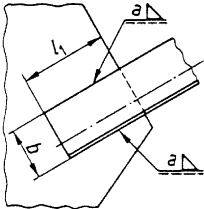
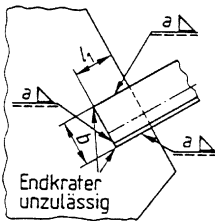
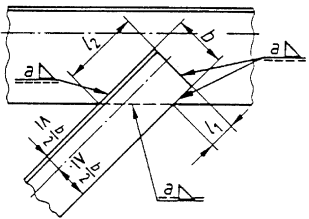
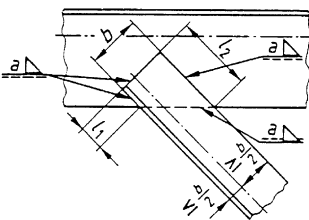
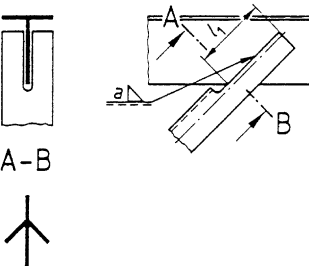
	1	2	3
	Nahtart	Bild	Rechnerische Nahtlänge Σl
1	Flankenkehlnähte		$\Sigma l = 2 l_1$
2	Stirn- und Flankenkehlnähte		$\Sigma l = b + 2 l_1$

Tabelle 20 (Fortsetzung)

1	2	3
Nahtart	Bild	Rechnerische Nahtlänge Σl
3		$\Sigma l = l_1 + l_2 + 2 b$
4		$\Sigma l = 2 l_1 + 2 b$
5	 <p data-bbox="491 1084 542 1113">A-B</p>	$\Sigma l = 2 l_1$

und $\sigma_{w,R,d}$ nach Abschnitt 8.4.1.3, Elemente 829 und 830. Die Schweißnahtspannung σ_l in Richtung der Schweißnaht braucht nicht berücksichtigt zu werden.

(826) Schweißnahtschubspannungen bei Biegeträgern

Die Schweißnahtschubspannung τ_1 in Längsnähten von Biegeträgern ist nach Gleichung (73) zu berechnen.

$$\tau_1 = \frac{V \cdot S}{I \cdot \Sigma \alpha} \quad (73)$$

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

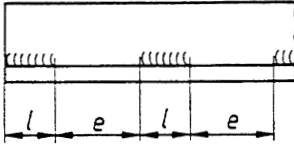


Bild 30. Zur Berechnung von Schweißnahtschubspannungen τ_{\perp} in unterbrochenen Längsnähten.

Anmerkung: Regelungen für unterbrochene Nähte zur Verbindung gedrückter Bauteile enthalten DIN 18 800 Teil 2 und Teil 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 α_w nach Tabelle 21 mit Gleichung (74) zu ermitteln.

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

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

(830) Stumpfstoße von Formstählen

Für Stumpfstoße von Formstählen aus St 37-2 und USt 37-2 mit einer Erzeugnisdicke $t > 16$ mm ist bei Zugbeanspruchung die Grenzschweißnahtspannung nach Gleichung (75) zu ermitteln.

$$\sigma_{w,R,d} = 0,55 \cdot f_{y,k} / \gamma_M \quad (75)$$

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 Abschnitt 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 σ_{\perp} oder τ_{\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.

(832) Schweißnähte mit Nachweis der Nahtgüte

Werden die Schnittgrößen nach dem Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch mit Umlagerung von Momenten nach Abschnitt 7.5.3, Element 754, oder dem Nachweisverfahren

Tabelle 21. α_w -Werte für Grenzsweißnahtspannungen

	1	2	3	4	5
	Nähte nach Tabelle 19	Nahtgüte	Beanspru- chungsart	St 37-2 USt 37-2, RSt 37-2	St 52-3 StE 355, WStE 355 TStE 355, EStE 355
1	Zeile 1 – 4	alle Nahtgüten	Druck	1,0 ¹⁾	1,0 ¹⁾
2		Nahtgüte nachge- wiesen	Zug		
3		Nahtgüte nicht nachge- wiesen		0,95	0,80
4	Zeile 5 4M 15	alle Nahtgüten	Druck, Zug		
5	Zeile 1 – 15		Schub		

¹⁾ Diese Nähte brauchen im Allgemeinen rechnerisch nicht nachgewiesen zu werden, da der Bauteilwiderstand maßgebend ist.

Plastisch-Plastisch ermittelt, so darf bei Schweißnähten nach Tabelle 19, Zeilen 1 bis 4, der Tragsicherheitsnachweis nach Abschnitt 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.

Tabelle 22. Nahtdicken beim Anschluss nach Bild 31

Werkstoff	Nahtdicken
St 37	$a_F \geq 0,5 t_F$ $a_S \geq 0,5 t_S$
St 52 StE 355	$a_F \geq 0,7 t_F$ $a_S \geq 0,7 t_S$

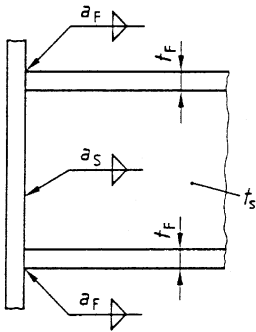


Bild 31. Trägeranschluss oder -querstoß ohne weiteren Tragsicherheitsnachweis.

Für die Stahlauswahl ist Abschnitt 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.

8.4.2 Andere Schweißverfahren

(834) Widerstandsabbrennstumpfschweißen, Reibschweißen

Bei Anwendung des Widerstandsabbrennstumpfschweißens oder des Reibschweißens ist ein Gutachten einer anerkannten Stelle¹⁾ vorzulegen. Darin ist die Beanspruchbarkeit der Schweißverbindung anzugeben.

(835) Bolzenschweißen

Für Kopf- und Gewindebolzen, die durch Stumpfschweißen mit Stahlbauteilen verbunden sind, gelten die Grenzspannungen nach den Gleichungen (76) und (77) sowohl für die Schweißnaht als auch für den Bolzen.

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

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

mit $f_{y,b,k}$ nach Tabelle 4.

Die Bezugsfläche ist bei Kopfbolzen der Schaftquerschnitt und bei Gewindebolzen der Spannungsquerschnitt.

8.5 Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel

(836) Werden verschiedene Verbindungsmittel in einem Anschluß oder Stoß verwendet, ist auf die Verträglichkeit der Formänderungen zu achten.

¹⁾ Anerkannte Stellen siehe z. B. Mitteilungen des Instituts für Bautechnik, 1987, Heft 1, Seite 19.

Gemeinsame Kraftübertragung darf angenommen werden bei

- Nieten und Passschrauben oder
- GVP-Verbindungen und Schweißnähten oder
- Schweißnähten in einem oder in beiden Gurten und Nieten 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.

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

Sonderregelung für die Stahlsorte St 52-3

A1 – Für Erzeugnisse aus Stahlsorte St 52-3 sind bei Einhaltung der Festlegungen in DIN 17 100/01.80, Abschnitt 8.3.1, für die Elemente C, Si, Mn, P, S, Al, B, Cr, Cu, Mo, Ni, Nb, Ti und V die Gehalte der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzanalyse zu prüfen und bekannt zugeben (siehe Element 404). An Stelle der Angabe der tatsächlichen Gehalte der Elemente Nb, Ti und V genügen auch Prüfung und Bestätigung, dass in der Schmelzanalyse folgende Höchstwerte eingehalten werden:

Nb: 0,02%
Ti: 0,02%
V: 0,03% .

Stähle in den Grenzen der chemischen Zusammensetzung und in Übereinstimmung mit allen weiteren Festlegungen für die Stahlsorte St 52-3 nach DIN 17 100 mit Höchstgehalten an Niob von 0,05 %, an Titan von 0,05 % und an Vanadin von 0,10 % dürfen verwendet werden, wenn der Kohlenstoffgehalt für Nenndicken bis 30 mm 0,18 % nicht überschreitet. Die Begrenzung des Kohlenstoffgehaltes gilt, wenn auch nur eines der genannten Elemente den unteren Grenzwert überschreitet.

Bei geschweißten Bauteilen müssen für Erzeugnisse aus der Stahlsorte St 52-3 im Abnahmeprüfzeugnis Angaben zu den oben aufgeführten Elementen enthalten sein.

Anmerkung: DIN 17 100 wird überarbeitet und künftig diese Regelung für den St 52-3 ersetzen.

Fertigungsbeschichtungen

A8 – Beim Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen ist die DAST-Richtlinie 006 – „Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen (FB) im Stahlbau“ zu beachten.

Anmerkung: Element A8 soll in DIN 18 800 Teil 7 übernommen werden; erst wenn es dort enthalten ist, kann es hier entfallen.

Schrifttum

- [1] Dieter Cristianus: Erprobung von höherfesten Stahlgußverbund-Rohrknoten in bauteilähnlichem Maßstab zum Einsatz in Offshore-Bauwerken. konstruieren + gießen 23 (1998) Nr. 2, S. 4–13
- [2] DIN 18 800. Beuth Verlag GmbH Berlin, November 1990

Sachverzeichnis

A

Anschlußquerschnitt 68
Aufhärtung 17

B

Bauteilverzug 3
Beanspruchbarkeiten 19, 59f.
Beanspruchungen 19, 59ff.
Beanspruchungskollektiv 25f.
Beanspruchungsgruppen 70
Belastung, dynamische 22, 68
Belastung, statische 20f.
Belastungen 20
Belastungszustand 38
Betriebsfestigkeit 30
Betriebsfestigkeitsnachweis 25, 60, 69
Beulen 47, 69
Biegemoment 64

D

Dauerbruch 8, 42, 49, 52f.
Dauerfestigkeit 7, 24, 29, 52f.
Dauerfestigkeitsschaubilder 24f.
Dauerschwingfestigkeit 24
Durchsetzfugen 4

E

Eigenspannung 3, 7
Einstufenbelastung 22
Eurocode 58
Festigkeit 16, 22
Festigkeitshypothese 39
Flächenträgheitsmoment 65
Fließgrenze 68
Fügen 1

G

Gebrauchstauglichkeit 21, 58f.
Gestaltänderungshypothese 42ff.
Gewaltbruch 49

Gleitbruch 41

Grenzsweißnahtspannung 61, 67
Grenzspannungsverhältnis 70
Grobkornbildung 18

K

Kehlnaht 30 f., 33, 61ff.
Kerbfälle 70
Kerbwirkung 8, 15, 52
Kippen 47, 69
Kleben 1f.
Knicken 45 ff., 60, 69
Korrosion 16, 53 ff., 59
Korrosion, interkristalline 55
Kraftfluss 6, 8 f., 11, 13, 15
Kriechen 49
Kurzzeitfestigkeit 24

L

Lagesicherheit 59
Längsnaht 7
Lastangriffspunkt 12 f.
Lastannahmen 68
Lastfälle 68
Last-Zeit-Funktion 22
Lebensdauerlinien 27 f., 30
Löten 1f.

M

Mehrstufenbelastung 22
Mohrscher Spannungskreis 38

N

Nachbearbeitung 22
Nachbehandlung 5, 15, 32
Nahtanordnung 20ff.
Nahtausführbarkeit 32f.
Nahtdicke 11, 13, 31
Nahtform 20ff., 67
Nahtqualität 20ff.

- Nahtvorbereitung 5, 32f.
 Nahtzugänglichkeit 32f.
 Nieten 2
 Normalspannung 39, 41, 64
 Normalspannungshypothese 39, 43
- P**
- Poren 17
 Profil 5
- R**
- Rastlinien 53
 Rissbildung 7, 16f.
- S**
- Scherbruch 49
 Scherkräfte 19
 Schnittgrößen 19
 Schrumpfung 7
 Schubspannung 40 f., 62, 64, 67
 Schubspannungshypothese 40f., 43
 Schweißbarkeit 13, 16
 Schweißeigenspannung 35f.
 Schweißeynung 14, 16
 Schweißen 1f.
 Schweißfolgeplan 36
 Schweißmöglichkeit 15
 Schweißnahtdicke, rechnerische 63
 Schweißnähte 5ff., 13, 15, 30, 32
 Schweißnahtfläche 63
 Schweißnahtlänge, rechnerische 63
 Schweißnahtspannung 61, 64
 Schweißplan 12, 13, 35
 Schweißsicherheit 14f.
 Seigerungen 18
 Spaltkorrosion 2, 55
 Spannungen 19
 Spannungen, zulässige 70
 Spannungsart 38
 Spannungskollektiv 30, 70
 Spannungsnachweis, allgemeiner 60, 68f.
 Spannungsrisskorrosion 56
- Spannungsspielbereich 70
 Spannungsspitzen 8, 52
 Spannungs-Zeit-Funktion 22 f., 25f.
 Spannungszustand 38
 Spannungszustand, dreiaxial 8
 Spannungszustand, einachsig 38, 42
 Spannungszustand, mehrachsig 7, 39, 42
 Sprödbrech 18, 49
 Stabilitätsnachweis 60, 68 f.
 Standsicherheitsnachweis 60, 69
 Stillstandskorrosion 56
 Streckgrenze 16, 28, 67
 Stumpfnah 11, 33, 61, 63
- T**
- Teilsicherheitsbeiwert 61, 67
 Terrassenbruch 51
 Torsion 67
 Tragfähigkeit 20ff., 58
 Tragsicherheit 21, 59, 67
 Tragsicherheitsnachweis 60
 Trennbruch 39, 49
- V**
- Verbindung, formschlüssige 2
 Verbindung, kraftschlüssige 2
 Verbindung, stoffschlüssige 1f.
 Vergleichsspannung 40ff.
- W**
- Werkstoffkennwerte 20
 Widerstandsgrößen 61
 Wöhlerkurve 24, 29f.
- Z**
- Zeitfestigkeit 24
 Zeitfestigkeitslinie 29
 Zeitstandbruch 49
 Zeitstandfestigkeit 16
 Zugbeanspruchung 67
 Zugfestigkeit 16, 28
 Zugspannung 7
 Zugversuch 21, 67