

DIN 18800-3

DIN

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN 18800-3:1990-11 und
DIN 18800-3/A1:1996-02**Stahlbauten –
Teil 3: Stabilitätsfälle –
Plattenbeulen**Steel structures –
Part 3: Stability –
Buckling of platesConstructions métalliques –
Partie 3: Stabilité –
Voilements des plaques

Gesamtumfang 36 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN



Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Allgemeine Angaben	3
1.1 Anwendungsbereich	4
1.2 Normative Verweisungen	4
1.3 Begriffe	5
1.4 Randbedingungen	8
1.5 Formelzeichen	8
2 Bauteile ohne oder mit vereinfachtem Nachweis	11
3 Beulsteifen	13
4 Spannungen infolge Einwirkungen	16
5 Nachweise	17
6 Abminderungsfaktoren	19
7 Nachweis der Quersteifen	22
8 Einzelregelungen	26
9 Höchstwerte f für unvermeidbare Herstellungsungenauigkeiten	28
10 Konstruktive Forderungen und Hinweise	29
Anhang A (informativ) Liste der zurückgezogenen oder ersetzten Normen und technischen Regelwerke soweit sie in Bezug genommen werden	34
Literaturhinweise	36

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Bauwesen (NABau), NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ erarbeitet. Sie enthält die vom Arbeitsausschuss verabschiedeten Änderungen aus dem Entwurf der DIN 18800-3/A2:2007-06. Die Änderungen zu DIN 18800-3:1990-11 sind mit einem senkrechten Strich am linken Seitenrand gekennzeichnet.

In DIN 18800-3:1990-11 wurde neben der üblichen, allgemein bekannten Gliederung in Abschnitte und Unterabschnitte der gesamte Text in überschaubare, (abschnittsweise) durchgehend benummerte, so genannte „Elemente“ gegliedert, deren jedes eine in sich geschlossene Aussage enthält und damit auch bei Übernahme in eine andere Norm verständlich bleibt. Durch die Anpassung der Norm an die derzeit gültigen Gestaltungsregeln nach DIN 820-2 musste die Reihenfolge einiger Abschnitte verändert werden. Zum Beispiel befinden sich die Normativen Verweisungen jetzt in Abschnitt 2 und nicht mehr am Ende der Norm. Dadurch passen die Elementnummerierungen nicht mehr zu den Abschnittsnummern. Da sich die Fachwelt an die Elementnummern gewöhnt hat, wurden diese beibehalten und nicht an die neue Abschnittsnummerierung angepasst.

Änderungen

Gegenüber DIN 18800-3:1990-11 und DIN 18800-3/A1:1996-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an Nachfolgenormen von zurückgezogenen Normen und Aktualisierung der in der Norm zitierten normativen Verweisungen;
- b) Übernahme der Regelungen der 3. Auflage der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (Oktober 1998) und der Änderungen und Ergänzungen der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (Dezember 2001);
- c) Aktualisierung der Stahlsorten.

Frühere Ausgaben

DIN 4114-1: 1952xx-07
DIN 4114-2: 1952-07, 1953x-02
DIN 18800-3: 1990-11
DIN 18800-3/A1: 1996-02

1 Allgemeine Angaben

1.1 Anwendungsbereich

(101) Tragsicherheitsnachweis

Diese Norm regelt den Tragsicherheitsnachweis von stabilitätsgefährdeten, plattenartigen Bauteilen aus Stahl. Dabei sind die Beanspruchungen (Schnittgrößen und Spannungen) aus den Bemessungswerten der Einwirkungen nach der Elastizitätstheorie zu ermitteln.

Diese Norm gilt stets in Verbindung mit DIN 18800-1.

Die Regeln dieser Norm gelten für versteifte und unversteifte Rechteckplatten, die in ihrer Ebene durch Normal- und Schubspannungen beansprucht werden.

Platten, deren Form vom Rechteck abweicht, dürfen entsprechend nachgewiesen werden.

Wenn sich eine plastische Umlagerung beim Beulen einstellen kann (Zugfeldwirkung), darf ein Nachweis nach DASt-Richtlinie 015 geführt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Durchlaufwirkung von Durchlaufträgern bei $L/h \leq 10$ und $h/t \geq 200$ (L = Feldlänge, h = Feldhöhe, t = Stegdicke) teilweise oder vollständig verloren gehen kann [6].

ANMERKUNG 1 entfällt.

ANMERKUNG 2 Die Erfassung des Einflusses des Beulens auf das Knicken von Stäben mit unversteiften Querschnittsteilen ist in DIN 18800-2:2008-11, Abschnitt 7, und von Stäben mit versteiften Querschnittsteilen in DIN 18800-3:2008-11, Abschnitt 5, geregelt.

(102) Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Gebrauchstauglichkeitsnachweise sind nur dann zu führen, wenn sie in Fachnormen gefordert werden.

ANMERKUNG Siehe dazu DIN 18800-1:2008-11, 7.2.3 und 7.3.1, Element 723.

1.2 Normative Verweisungen

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

DIN 1025-1, *Warmgewalzte I-Träger — Teil 1: Schmale I-Träger, I-Reihe — Maße, Masse, statische Werte*

DIN 1025-2, *Warmgewalzte I-Träger — Teil 2: I-Träger, IPB-Reihe — Maße, Masse, statische Werte*

DIN 1025-3, *Warmgewalzte I-Träger — Teil 3: Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPBI-Reihe — Maße, Masse, statische Werte*

DIN 1025-4, *Warmgewalzte I-Träger — Teil 4: Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBv-Reihe — Maße, Masse, statische Werte*

DIN 1025-5, *Warmgewalzte I-Träger — Teil 5: Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe — Maße, Masse, statische Werte*

DIN 1026-1, *Warmgewalzter U-Profilstahl — Teil 1: Warmgewalzter U-Profilstahl mit geneigten Flanschflächen — Maße, Masse und statische Werte*

DIN 18800-1:2008-11, *Stahlbauten — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

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

DIN EN 10024, *I-Profile mit geneigten inneren Flanschflächen* — Grenzabmaße und Formtoleranzen

DIN EN 10034, *I- und H-Profile aus Baustahl* — Grenzabmaße und Formtoleranzen

DIN EN 10279, *Warmgewalzter U-Profilstahl* — Grenzabmaße, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse

DAST-Richtlinie 015:1990-07, Träger mit schlanken Stegen¹⁾

1.3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

1.3.1

(103) Beulen

Beim Versagen einer Platte infolge Beulen treten Verschiebungen rechtwinklig zu ihrer Ebene auf.

1.3.2

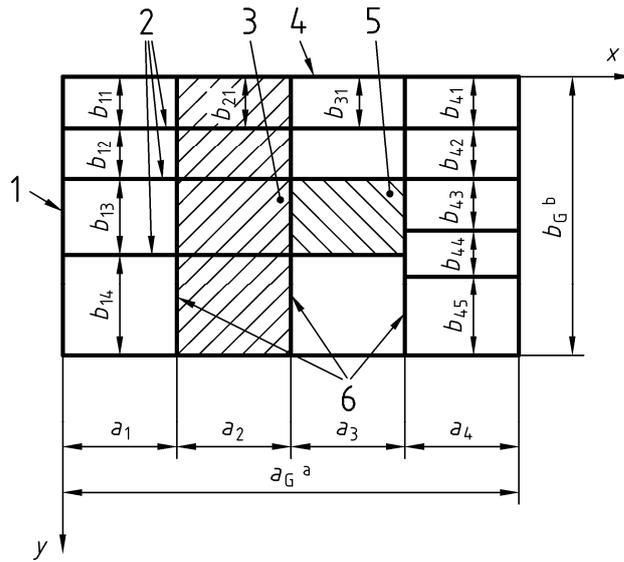
(104) Beulfelder

Beulgefährdete Rechteckplatten in Bauteilen werden Beulfelder genannt. Ihre Längsränder sind in Richtung der Längsachse des Bauteils orientiert.

Beulfelder können durch Steifen versteift werden. Steifen in Richtung der Längsränder werden Längssteifen, solche in Richtung der Querränder Quersteifen genannt.

Es werden Gesamtfelder, Teilfelder und Einzelfelder unterschieden (Bild 1).

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



Legende

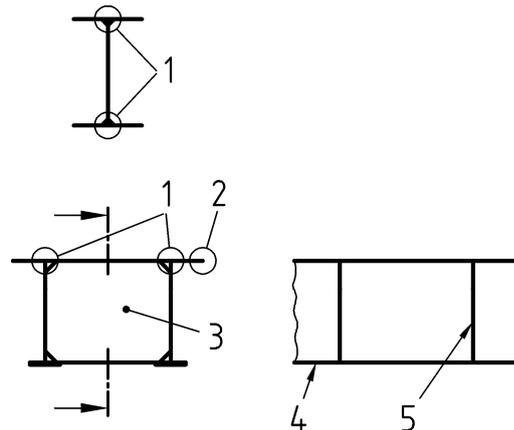
- a Gesamtfeldlänge
 - b Gesamtfeldbreite = Teilfeldbreite
 - 1 Querrand
 - 2 Längssteifen
 - 3 Teilfeld
 - 4 Längsrand
 - 5 Einzelfeld
 - 6 Quersteifen
- Gesamtfeld = Feld $a_G \cdot b_G$
 Teilfelder = Felder $a_i \cdot b_G$
 Einzelfelder = Felder $a_i \cdot b_{ik}$

Bild 1 — Beulfelder

1.3.3 (105) Gesamtfelder

Gesamtfelder sind versteifte oder unversteifte Platten, die in der Regel an ihren Längs- und Querrändern unverschieblich gelagert sind (Bild 2).

Ränder können auch elastisch gestützt, Längsränder können auch frei sein.



Legende

- | | | | |
|---|------------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1 | Längsränder für Stege und Gurteile | 4 | Gurt, Längsrand für den Steg |
| 2 | freier Längsrand des Gurtes | 5 | Querschott, Querrand für den Steg |
| 3 | Querschott | | |

Bild 2 — Beispiele für Plattenränder von Stegen und Gurteilen

1.3.4

(106) Teilfelder

Teilfelder sind längsversteifte oder unversteifte Platten, die zwischen benachbarten Quersteifen oder zwischen einem Querrand und einer benachbarten Quersteife und den Längsrändern des Gesamtfeldes liegen.

1.3.5

(107) Einzelfelder

Einzelfelder sind unversteifte Platten, die zwischen Steifen oder zwischen Steifen und Rändern längsversteifter Teilfelder liegen. Querschnittsteile von Steifen sind ebenfalls Einzelfelder.

1.3.6

(108) Maßgebende Beulfeldbreite

Die maßgebenden Beulfeldbreiten b_G für Gesamt- und Teilfelder und b_{ik} für Einzelfelder sind in Bild 3 festgelegt.

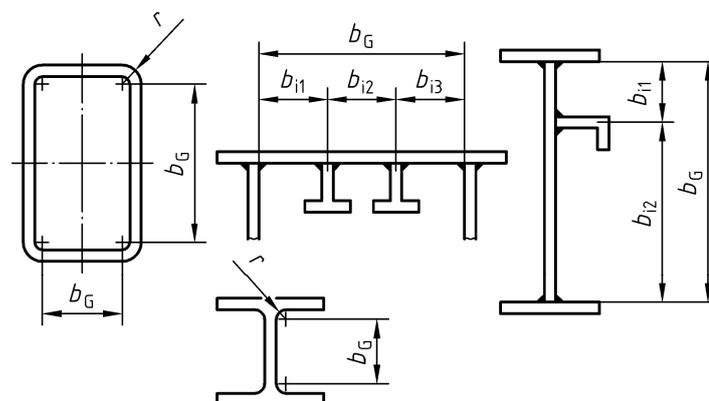


Bild 3 — Maßgebende Beulfeldbreite b_G oder b_{ik}

Die Beulfeldbreiten b_G und b_{ik} dürfen in Übereinstimmung mit DIN 18800-1:2008-11, Tabellen 12 und 13, als Abstände der Schweißnahränder festgelegt werden

1.4 Randbedingungen

(109) Für rechtwinklig zur Platte unverschieblich gelagerte Plattenränder ist in der Regel eine gelenkige Lagerung anzunehmen.

ANMERKUNG Beim Nachweis der Quersteifen ist Abschnitt 7 zu beachten.

Für Ränder von Einzelfeldern, die durch Steifen gebildet werden, darf beim Nachweis der Einzelfelder unverschiebliche, gelenkige Lagerung angenommen werden. Für die Querränder von Teilfeldern, die durch Quersteifen gebildet werden, darf beim Nachweis der Teilfelder unverschiebliche Lagerung angenommen werden.

An Randsteifen, die einen Längsrand elastisch unterstützen, darf unverschiebliche Lagerung angenommen werden, wenn für die Steife ein Stabilitätsnachweis nach DIN 18800-2 geführt wird.

Stützende und einspannende Wirkungen benachbarter Bauteile dürfen berücksichtigt werden, wenn die Gesamtstabilität der zusammenwirkenden Teile berücksichtigt wird.

ANMERKUNG Die Randsteife muss den Anteil der Normalkraft des angrenzenden Teil- oder Gesamtfeldes (einschließlich der gegebenenfalls vorhandenen Längssteifen) übertragen, der nicht vom Teil- oder Gesamtfeld unter der Annahme eines freien Längsrandes übertragen werden kann. Hierbei ist das Randspannungsverhältnis ψ zu beachten. Ist für die Längssteifen des Teilfeldes ein Knicknachweis erbringbar, so braucht allein der Normalkraftanteil des angrenzenden Einzelfeldes berücksichtigt zu werden.

Die wirksame Gurtbreite der Randsteife folgt aus Abschnitt 3, Element 302. Sie liegt dann auf der sicheren Seite, wenn der Normalkraftanteil aus dem Teilfeld, der der Randsteife zugewiesen wurde, größer als der aus dem angrenzenden Einzelfeld ist.

1.5 Formelzeichen

(110) Koordinaten, Spannungen (Bild 4)

- x Achse in Plattenlängsrichtung;
- y Achse in Plattenquerrichtung;
- σ_x, σ_y Normalspannung in Richtung der Achsen x und y (Druck positiv);
- τ Schubspannung;
- ψ Randspannungsverhältnis im untersuchten Beulfeld, bezogen auf die größte Druckspannung.

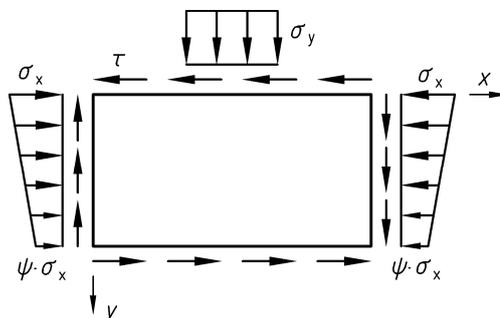


Bild 4 — Spannungen

(111) Physikalische Kenngrößen, Festigkeiten

E Elastizitätsmodul;

f_y Streckgrenze.

ANMERKUNG Für die Zahlenwerte von E und $f_{y,k}$ siehe DIN 18800-1:2008-11, Tabelle 1.

(112) Nebenzeichen

Index k charakteristischer Wert einer Größe;

Index d Bemessungswert einer Größe.

(113) Systemgrößen

a Länge des untersuchten Beulfeldes;

b Breite des untersuchten Beulfeldes;

$\alpha = a/b$ Seitenverhältnis;

t Plattendicke;

$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2$ Bezugsspannung;

$k_{\sigma_x}, k_{\sigma_y}, k_\tau$ Beulwerte des untersuchten Beulfeldes bei alleiniger Wirkung von Randspannungen σ_x , σ_y oder τ ;

$\sigma_{xPi} = k_{\sigma_x} \cdot \sigma_e$ ideale Beulspannung bei alleiniger Wirkung von Randspannungen σ_x ;

$\sigma_{yPi} = k_{\sigma_y} \cdot \sigma_e$ ideale Beulspannung bei alleiniger Wirkung von Randspannungen σ_y ;

$\tau_{Pi} = k_\tau \cdot \sigma_e$ ideale Beulspannung bei alleiniger Wirkung von Randspannungen τ ;

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

$\lambda_P = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Pi}}}$ bzw. $\lambda_P = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$ Plattenschlankheitsgrad;

$\bar{\lambda}_P = \lambda_P / \lambda_a$ bezogener Plattenschlankheitsgrad nach Tabelle 1, Spalte 4;

$\kappa_x, \kappa_y, \kappa_\tau$ Abminderungsfaktoren für das Plattenbeulen (bezogene Tragbeulspannungen);

κ_K Abminderungsfaktor κ für das Stabknicken nach DIN 18800-2:2008-11, 3.2.1, Element 304;

$\sigma_{xP,R,d}, \sigma_{yP,R,d}$ Grenzbeulspannungen;

$\sigma_{PK,R,d}$ Grenzbeulspannung bei knickstabähnlichem Verhalten.

ANMERKUNG 1 Die Indizes x und y können bei σ_{xP} , σ_{yP} , $k_{\sigma x}$, $k_{\sigma y}$, κ_x und κ_y entfallen, wenn keine Verwechslungen in Bezug auf die Achsrichtungen x und y möglich sind.

ANMERKUNG 2 Die Bezugsspannung σ_e ist gleich der Eulerschen Knickspannung eines an beiden Enden einspannungsfrei gelagerten Plattenstreifens der Länge b und der Dicke t , dessen Biegesteifigkeit durch die Plattensteifigkeit ersetzt wird. Mit den Zahlenwerten $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$ und $\mu = 0,3$ ist

$$\sigma_e = 189\,800 \left(\frac{t}{b}\right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

ANMERKUNG 3 Bei der Berechnung der idealen Beulspannungen gelten die Voraussetzungen:

- unbeschränkte Gültigkeit des Hookeschen Gesetzes,
- ideal isotroper Werkstoff,
- ideal ebenes Blech,
- ideal mittige Lasteinleitung,
- keine Eigenspannungen,
- in den Gleichgewichtsbedingungen werden nur lineare Glieder der Verschiebungen berücksichtigt.

Die lineare Beultheorie wird lediglich herangezogen, um einen bezogenen Plattenschlankheitsgrad $\bar{\lambda}_P$ zu bestimmen, von dem die für den Beulsicherheitsnachweis erforderlichen Abminderungsfaktoren κ abhängig sind.

Der Index P kennzeichnet das Plattenbeulen.

ANMERKUNG 4 entfällt.

(114) Querschnitts- und Systemgrößen für Steifen

I Flächenmoment 2. Grades (früher Trägheitsmoment), berechnet mit den wirksamen Gurtbreiten b' ;

A Querschnittsfläche ohne wirksame Plattenanteile;

$\gamma = 12(1 - \mu^2) \frac{I}{b_G \cdot t^3}$ bezogenes Flächenmoment 2. Grades (Steifigkeit);

$\delta = \frac{A}{b_G \cdot t}$ bezogene Querschnittsfläche.

ANMERKUNG Mit dem Zahlenwert $\mu = 0,3$ ist $\gamma = 10,92 \frac{I}{b_G \cdot t^3}$.

Nach allgemeinem Sprachgebrauch wird die Benennung Steifigkeit anstelle bezogener Steifigkeit benutzt.

(115) Teilsicherheitsbeiwerte

γ_F Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen;

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand.

ANMERKUNG Die Zahlenwerte für γ_F und γ_M sind DIN 18800-1:2008-11, Abschnitt 7, zu entnehmen.

2 Bauteile ohne oder mit vereinfachtem Nachweis

(201) Beulsicherung durch angrenzende Bauteile

Beulsicherheitsnachweise nach dieser Norm sind nicht erforderlich für Platten, deren Ausbeulen durch angrenzende Bauteile verhindert wird.

ANMERKUNG Dies kann z. B. für Gurtplatten von Verbundträgern zutreffen. Tragsicherheitsnachweise nach DIN 18800-1 sind jedoch zu führen.

(202) Walzprofile (I, U, HE-A, HE-B, HE-M und IPE)

Beulsicherheitsnachweise nach dieser Norm sind nicht erforderlich für Stege, die nur durch Spannungen σ_x und τ und keine oder vernachlässigbare Spannungen σ_y beansprucht werden,

- von Walzprofilen nach den Normen DIN 1025-1 und DIN EN 10024 (I) und DIN 1026-1 und DIN EN 10279 (U) mit der Streckgrenze $f_{y,k} = 240 \text{ N/mm}^2$ oder 360 N/mm^2 und beliebigem Randspannungsverhältnis ψ ,
- von Walzprofilen nach den Normen DIN 1025-2 bis DIN 1025- 5 und DIN EN 10034 (HE-A, HE-B, HE-M, IPE) mit der Streckgrenze $f_{y,k} = 240 \text{ N/mm}^2$ und dem Randspannungsverhältnis $\psi \leq 0,7$,
- von Walzprofilen nach den Normen DIN 1025-2 bis DIN 1025- 5 und DIN EN 10034 (HE-A, HE-B, HE-M, IPE) mit der Streckgrenze $f_{y,k} = 360 \text{ N/mm}^2$ und dem Randspannungsverhältnis $\psi \leq 0,4$.

ANMERKUNG 1 Bei Ermittlung der Nachweisgrenzen wurde die Randeinspannung der Stege in die Gurte berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Tragsicherheitsnachweise nach DIN 18800-1 sind jedoch zu führen.

(203) Platten mit gedrungenen Querschnitten

Beulsicherheitsnachweise nach dieser Norm sind nicht erforderlich für unversteifte Teil- und Gesamtfelder mit unverschieblich gelagerten Längsrändern, die durch Spannungen σ_x und τ beansprucht werden, wenn das Breiten-Dicken-Verhältnis

$$b/t \leq 0,64 \sqrt{k_{\alpha} \cdot E / f_{y,k}} \quad (1)$$

ist.

(204) Nachweis durch Einhalten von b/t -Werten

Anstelle eines Nachweises nach Abschnitt 5 kann für unversteifte Querschnittsteile auch ein Nachweis nach Bedingung (2) geführt werden.

$$b/t \leq \text{grenz}(b/t) \quad (2)$$

ANMERKUNG Für unversteifte allseitig gelagerte Teil- und Gesamtfelder bei gleichzeitiger Wirkung von konstanten Randspannungen σ_x und τ können die Werte $\text{grenz}(b/t)$ für S235 Bild 5 und für S355 Bild 6 entnommen werden. Für Einzelfelder und bei kleinen Seitenverhältnissen α können die Werte $\text{grenz}(b/t)$ größer sein. Weitere Auswertungen für $\psi < 1$ können [1] entnommen werden. Bei den Werten (b/t) in Bild 6 wird die ψ -abhängige Erhöhung der Abminderungsfaktoren κ nach Tabelle 1, Zeile 1, genauso wie in DIN 18800-2:2008-11, Abschnitt 7, nicht berücksichtigt, um zu einfachen Regeln sowie zu einer Übereinstimmung mit anderen nationalen und internationalen Regelwerken zu kommen. In die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ in DIN 18800-1:2008-11, Tabelle 12, geht diese Erhöhung ein.

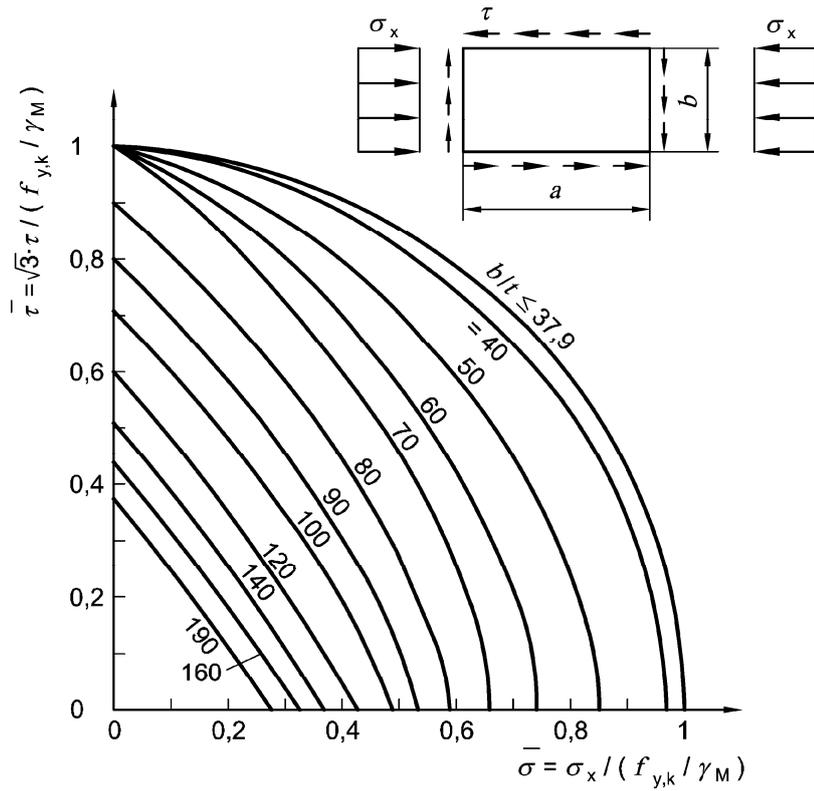


Bild 5 — grenz (b/t) für St 37, $\psi = 1$

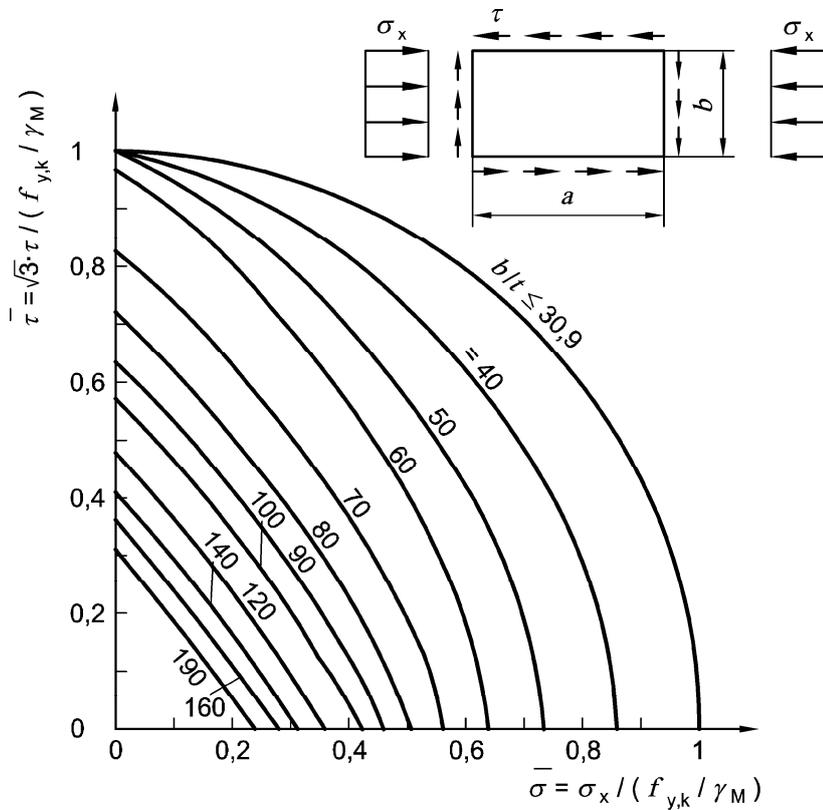


Bild 6 — grenz (b/t) für St 52, $\psi = 1$

(205) Einzelfelder

Bei längsversteiften Platten, die durch Normalspannungen σ_x und geringe Schubspannungen $\tau \leq 0,3 \tau_{P,R,d}$ beansprucht sind, darf der Nachweis der Einzelfelder entfallen, wenn

- die im versteiften Teil- oder Gesamtfeld auftretenden Spannungen mit dem wirksamen Querschnitt der untersuchten längsversteiften Platte ermittelt wurden und gleichzeitig
- bei den Einzelfeldern das Breiten-Dicken-Verhältnis $b_{ik} / t \leq 1,3 \sqrt{k_\sigma \cdot E / f_{y,k}}$ ist.

Dabei ist $\tau_{P,R,d}$ die Grenzbeulspannung des Teil- oder Gesamtfeldes bei Schubbeanspruchung. Der wirksame Querschnitt ist unter Berücksichtigung der wirksamen Breiten von Gurt und Steifen entsprechend Abschnitt 3, Elemente 301 bis 304, zu berechnen.

Bei der Ermittlung der wirksamen Breite nach den Gleichungen (4) und (6) darf anstelle von λ_a der Wert

$$\lambda_{P\sigma} = \pi \sqrt{\frac{E}{f_{y,k} \cdot \kappa_{PK}}}$$

eingesetzt werden, wobei κ_{PK} der Abminderungsfaktor des untersuchten Teil- oder Gesamtfeldes ist.

Der Nachweis ist unter Berücksichtigung des wirksamen Querschnittes nach Gleichung (9) zu führen.

ANMERKUNG Bei dieser Nachweisart wird von den Bedingungen des Elementes 402 abgewichen.

3 Beulsteifen**(301) Gurtbreite gedrückter Längssteifen**

Bei gedrückten Längssteifen mit Ausnahme von Randsteifen nach Element 302 ist die einem Steifensteg zugeordnete wirksame Gurtbreite b' nach Bild 7 und Gleichung (3) zu ermitteln.

$$b' = \frac{b'_{ik}}{2} + \frac{b'_{ik+1}}{2} \quad (3)$$

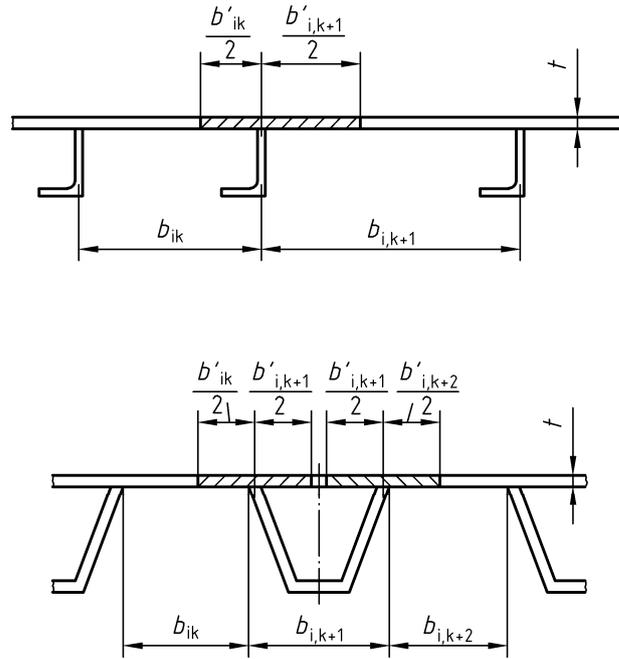


Bild 7 — Wirksame Gurtbreiten von gedrückten Längssteifen

Die wirksame Breite b'_{ik} ist mit Gleichung (4) zu ermitteln.

$$b'_{ik} = 0,605 \cdot t \cdot \lambda_a \left(1 - 0,133 \frac{t \cdot \lambda_a}{b_{ik}} \right) \quad (4)$$

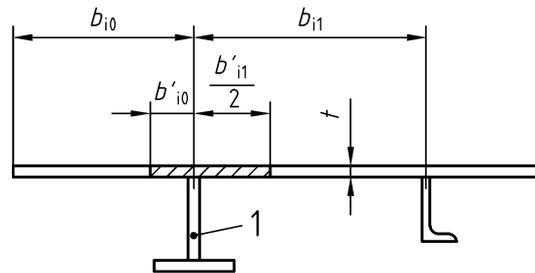
jedoch $b'_{ik} \leq b_{ik}$ und $b'_{ik} \leq a_i/3$.

ANMERKUNG Die wirksame Gurtbreite gedrückter Längssteifen ist wegen des Ausbeulens der an einen Steifensteg angrenzenden Einzelfelder in der Regel kleiner als die geometrische Gurtbreite.

(302) Gurtbreite gedrückter Randsteifen

Bei gedrückten Randsteifen, die einen Längsrand eines Gesamtfeldes elastisch unterstützen, ist die wirksame Gurtbreite b' nach Bild 8 und Gleichung (5) zu ermitteln.

$$b' = b'_{i0} + \frac{b'_{i1}}{2} \quad (5)$$



Legende

1 Randsteife

Bild 8 — Wirksame Gurtbreiten von gedrückten Randsteifen

Die wirksame Breite b'_{i0} gedrückter Randsteifen ist mit Gleichung (6a) oder (6b) zu ermitteln.

$$b'_{i0} = 0,138 \cdot t \cdot \lambda_a \quad (6a)$$

$$b'_{i0} = \frac{0,7}{\lambda_p} \cdot b_{i0} \quad (6b)$$

jedoch $b'_{i0} \leq b_{i0}$ und $b'_{i0} \leq a_i/6$.

ANMERKUNG Die Gleichungen (6a) und (6b) lassen sich ineinander überführen.

(303) Gurtbreite nicht gedrückter Längs- und Randsteifen

Sind Längs- oder Randsteifen nicht gedückt, gilt für die Berechnung der wirksamen Gurtbreite

$$b'_{ik} = b_{ik} \quad \text{jedoch} \quad b'_{ik} \leq a_i/3 \quad (7)$$

$$b'_{i0} = b_{i0} \quad \text{jedoch} \quad b'_{i0} \leq a_i/6 \quad (8)$$

(304) Gurtbreite von Quersteifen

Die wirksame Gurtbreite von Quersteifen ist sinngemäß wie in den Elementen 301 bis 303 zu berechnen, wobei die entsprechenden Breiten- und Längenbezeichnungen auszutauschen sind.

(305) Wirksame Breite anderer Steifenteile

Die wirksame Breite anderer Steifenteile und ihre Aufteilung ist nach DIN 18800-2:2008-11, 7.3, zu ermitteln.

ANMERKUNG Andere Steifenteile sind z. B. die Wände von Trapezsteifen.

(306) Flächenmoment 2. Grades

Das Flächenmoment 2. Grades ist unter Berücksichtigung der wirksamen Breiten zu ermitteln.

Bei Quersteifen mit Ausschnitten ist Abschnitt 10, Element 1006, zu beachten.

4 Spannungen infolge Einwirkungen

(401) Spannungsberechnung

Spannungen sind mit den Bemessungswerten der Einwirkungen und mit den geometrisch vorhandenen Querschnittsflächen zu ermitteln, sofern die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung bestimmt werden dürfen. Letzteres gilt nicht für den Nachweis nach Abschnitt 2, Element 205.

ANMERKUNG 1 Die Regeln zur Berechnung der Bemessungswerte der Einwirkungen stehen in DIN 18800-1:2008-11, 7.2.1 und 7.2.2.

ANMERKUNG 2 Bei gegeneinander versetzt angeordneten oder bei endenden Längssteifen ist Abschnitt 10, Element 1003, zu beachten.

(402) Verformungen

Müssen Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung ermittelt werden, dürfen die Verformungen und Spannungen ebenfalls mit den geometrisch vorhandenen Querschnittsflächen berechnet werden, wenn nachgewiesen wird, dass alle Querschnittsteile voll wirksam sind. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn für alle Querschnitte $\bar{\lambda}_p \leq 0,673$ ist. Andernfalls ist mit wirksamen Querschnittsflächen zu rechnen.

ANMERKUNG Kriterien für die Notwendigkeit, Nachweise nach Theorie II. Ordnung zu führen, stehen in DIN 18800-1:2008-11, Abschnitt 7, Elemente 728 und 739.

(403) Schubspannungen

Schubspannungen, die über die Breite b des Beulfeldes veränderlich sind, sind mit dem größeren der beiden Werte

- Mittelwert von τ ,
- $0,5 \max \tau$

zu berücksichtigen.

(404) Über die Beulfeldlänge veränderliche Spannungen

Sind bei gleichbleibenden Plattenkennwerten die Spannungen σ_x oder τ über die Beulfeldlänge a veränderlich, sind in der Regel Nachweise mit den einander zugeordneten Spannungen sowohl im Querschnitt mit der größten Druckspannung σ_x als auch in dem mit der größten Schubspannung τ zu führen. Diese Spannungszustände sind in der Regel konstant über die Beulfeldlänge anzunehmen.

Treten die Größtwerte der Spannungen an Querrändern auf, dürfen anstelle der Größtwerte die Spannungen in Beulfeldmitte benutzt werden, jedoch nicht weniger als die Spannungswerte im Abstand $b/2$ vom Querrand mit dem jeweiligen Größtwert und nicht weniger als der Mittelwert der über die Beulfeldlänge vorhandenen Spannungen.

ANMERKUNG Plattenkennwerte sind hier:

- Plattendicke,
- Steifenlage,
- Steifenquerschnitte,
- Streckgrenzen für Platte und Steifen.

(405) Über die Beulfeldlänge veränderliche Plattenkennwerte

Bei über die Beulfeldlänge veränderlichen Plattenkennwerten sind gegenüber Element 404 zusätzliche Nachweise zu führen. In der Regel sind diese Nachweise mit den Plattenkennwerten und den Spannungen an den Querrändern und an den Stellen der Veränderungen zu führen.

5 Nachweise**(501) Nachweis bei alleiniger Wirkung von Randspannungen σ_x , σ_y oder τ**

Es ist für Einzel-, Teil- und Gesamtfelder durch Einhaltung der Bedingungen (9) und (10) nachzuweisen, dass die Spannungen aus den Einwirkungen die Grenzbeulspannungen nicht überschreiten.

$$\frac{\sigma}{\sigma_{P,R,d}} \leq 1 \quad (9)$$

$$\frac{\tau}{\tau_{P,R,d}} \leq 1 \quad (10)$$

ANMERKUNG 1 Der Nachweis eines Gesamtfeldes oder Teilfeldes enthält den der zugehörigen Einzelfelder, wenn

- für die Berechnung der Beulwerte des Gesamtfeldes die Struktur der Steifen nicht verschmiert worden ist oder
- wenn im Falle des Verschmierens der Steifensteifigkeit keine Beulwerte für das Gesamtfeld benutzt werden, zu denen höhere ideale Beulspannungen gehören als zum ungünstigsten Einzelfeld.

Der Nachweis eines Gesamtfeldes enthält unter den gleichen Bedingungen auch den der zugehörigen Teilfelder.

ANMERKUNG 2 Gegebenenfalls sind zusätzliche Nachweise für Längssteifen nach Abschnitt 8, Element 801, und für Quersteifen nach Abschnitt 7, Element 703, erforderlich.

ANMERKUNG 3 Bei knickstabähnlichem Verhalten ist Abschnitt 6, Element 603, zu beachten.

(502) Grenzbeulspannungen ohne Knickeinfluss

Die Grenzbeulspannungen sind nach den Gleichungen (11) und (12) zu ermitteln:

$$\sigma_{P,R,d} = \kappa \cdot f_{y,k} / \gamma_M \quad (11)$$

$$\tau_{P,R,d} = \kappa_\tau \cdot f_{y,k} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_M) \quad (12)$$

Dabei sind

κ , κ_τ Abminderungsfaktoren für das Plattenbeulen nach Tabelle 1.

(503) Grenzbeulspannungen mit Knickeinfluss

Falls für das Bauteil, in dem das zu untersuchende Beulfeld liegt, der Nachweis des Biegeknickens erforderlich ist und dies nach DIN 18800-2 mit Hilfe der europäischen Knickspannungslinien erfolgt, ist die Grenzbeulspannung nach Gleichung (13) zu ermitteln.

$$\sigma_{xP,R,d} = \kappa_K \cdot \kappa_x \cdot f_{y,k} / \gamma_M \quad (13)$$

Dabei ist

κ_K der Abminderungsfaktor für das Knicken nach DIN 18800-2:2008-11, Abschnitt 3, Element 304.

ANMERKUNG Die Abminderung nach Gleichung (13) liegt dann unter Umständen weit auf der sicheren Seite, wenn die Spannung σ_x mehr aus Biegemomenten als aus Normalkraft stammt und gleichzeitig der Abminderungsfaktor κ_K wegen eines großen bezogenen Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}_K$ relativ klein ist. Es empfiehlt sich dann ein anderer Nachweis, z. B. für Stäbe mit nicht versteiften Querschnittsteilen nach DIN 18800-2:2008-11, Abschnitt 7.

(504) Nachweis bei gleichzeitiger Wirkung von Randspannungen σ_x, σ_y, τ

Es ist nachzuweisen, dass die Interaktionsbedingung (14) erfüllt ist.

$$\left(\frac{|\sigma_x|}{\sigma_{xP,R,d}} \right)^{e_1} + \left(\frac{|\sigma_y|}{\sigma_{yP,R,d}} \right)^{e_2} - V \left(\frac{|\sigma_x \cdot \sigma_y|}{\sigma_{xP,R,d} \cdot \sigma_{yP,R,d}} \right) + \left(\frac{\tau}{\tau_{P,R,d}} \right)^{e_3} \leq 1 \quad (14)$$

Hierin bedeuten:

$$e_1 = 1 + \kappa_x^4 \quad (15)$$

$$e_2 = 1 + \kappa_y^4 \quad (16)$$

$$e_3 = 1 + \kappa_x \cdot \kappa_y \cdot \kappa_\tau^2 \quad (17)$$

Dabei ist

V nach Gleichung (18) zu bestimmen, wenn beide Normalspannungen σ_x und σ_y Druckspannungen sind. Anderenfalls gilt für V Gleichung (19).

$$V = (\kappa_x \cdot \kappa_y)^6 \quad (18)$$

$$V = \frac{\sigma_x \cdot \sigma_y}{|\sigma_x \cdot \sigma_y|} \quad (19)$$

Die in den Gleichungen (14) bis (18) verwendeten Abminderungsfaktoren und Grenzbeulspannungen gelten für alleinige Wirkung der entsprechenden Spannungen; sie sind nach Tabelle 1 zu ermitteln.

Sofern einzelne Spannungen nicht vorhanden sind, sind die zugehörigen Abminderungsfaktoren $\kappa = 1$ zu setzen.

Wenn die Normalspannungen σ_x oder σ_y Zugspannungen sind, sind die entsprechenden Abminderungsfaktoren $\kappa_x = 1$ oder $\kappa_y = 1$ zu setzen.

ANMERKUNG Bei knickstabähnlichem Verhalten ist Abschnitt 6, Element 603, zu beachten.

6 Abminderungsfaktoren

(601) Beulen ohne knickstabähnliches Verhalten

Die Abminderungsfaktoren κ sind in Abhängigkeit vom bezogenen Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_P$ des untersuchten Beulfeldes und gegebenenfalls vom vorhandenen Randspannungsverhältnis ψ nach Tabelle 1 zu bestimmen.

ANMERKUNG 1 Zur Berechnung von $\bar{\lambda}_P$ werden entsprechend Element 113 Beulwerte k_σ, k_τ benötigt. Diese können für die meisten Fälle der Literatur entnommen werden, siehe z. B. [2], [3]. Für unausgesteifte Platten sind Beulwerte k_σ für wichtige Fälle in DIN 18800-2:2008-11, 7.3, enthalten, siehe auch Erläuterungen.

Für ausgesteifte Platten, bei denen die Steifigkeit der Längssteifen γ^L größer ist als die Mindeststeifigkeit γ^{L*} , können Beulwerte k_σ nach Gleichung (20) ermittelt werden.

$$k_\sigma = k_\sigma^* \cdot \left[1 + \frac{\sigma_{Ki}^*}{\sigma_{Pi}^*} \cdot \left(\frac{1 + \sum \gamma^L}{1 + \sum \gamma^{L*}} - 1 \right) \right] \quad (20)$$

jedoch $k_\sigma \leq 3 k_\sigma^*$

Darin sind $k_\sigma^*, \sigma_{Ki}^*, \sigma_{Pi}^*$ die zu $\Sigma \delta^L$ und $\Sigma \gamma^{L*}$ gehörenden Werte. Die Eulersche Knickspannung σ_{Ki} ist die des Beulfeldes mit frei angenommenen Längsrändern.

Die Mindeststeifigkeit γ^{L*} einer Längssteife ist diejenige bezogene Steifigkeit der Längssteife, die die ideale Beulspannung des Teil- oder Gesamtfeldes auf die des maßgebenden Einzelfeldes anhebt.

ANMERKUNG 2 Die Beulwerte $k_{\sigma x}, k_{\sigma y}$ und k_τ hängen von folgenden Parametern ab:

- von der Spannungsverteilung (z. B. vom Randspannungsverhältnis ψ),
- vom Seitenverhältnis α ,
- von der Lagerung,
- von der Versteifung (vergleiche Element 113).

ANMERKUNG 3 Bei I-Profilen mit Biegung um die y -Achse werden beim Beulen der halben Flansche (= dreiseitig gelagerte Platten) wegen der Symmetrie alle Fasern des gedrückten Flansches um das gleiche Maß verkürzt. Daher können überkritische Reserven der Flansche geweckt werden. Sie stammen vorwiegend aus den Querschnittsfasern, die dicht an der Stützung des Flansches durch den Steg liegen. Die Lage der resultierenden Druckkraft R wird im überkritischen Zustand nicht verlagert. Für diesen Fall ist somit Tabelle 1, Zeile 5, anzuwenden.

Dagegen kann bei Flanschen, die bei Biegung um die y -Achse nicht symmetrisch zur z -Achse sind, wie z. B. bei U-Profilen, eine Stauchung der Randfasern eines Flansches eintreten, ohne dass gleichzeitig die stegnahen Fasern im gleichen Maß gestaucht werden. Es tritt

- entweder eine Flanschkrümmung auf, und die Lage der resultierenden Druckkraft R wird im überkritischen Zustand verlagert,
- oder die Lage der resultierenden Druckkraft R muss aus Gleichgewichtsgründen erhalten bleiben, womit wegen gleicher Stauchung aller Fasern überkritische Reserven nicht oder nur wenig mobilisiert werden können.

In diesem Fall darf also nur Tabelle 1, Zeile 4, angewendet werden.

Durch Verhinderung der Krümmung kann auch bei nicht symmetrisch angeordneten Flanschen konstante Stauchung vorliegen.

Tabelle 1 — Abminderungsfaktoren κ (= bezogene Tragbeulspannungen) bei alleiniger Wirkung von σ_x , σ_y oder τ

	1	2	3	4	5
	Beulfeld	Lagerung	Beanspruchung	Bezogener Schlankheitsgrad	Abminderungsfaktor
1	Einzel-feld	allseitig gelagert	Normalspannungen σ mit dem Randspannungs-verhältnis $\psi_T \leq 1$ ^a	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{Pi}}}$	$\kappa = c \left(\frac{1}{\bar{\lambda}_P} - \frac{0,22}{\bar{\lambda}_P^2} \right) \leq 1$ mit $c = 1,25 - 0,12 \psi_T \leq 1,25$
2		allseitig gelagert	Schubspannungen τ	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$	$\kappa_\tau = \frac{0,84}{\bar{\lambda}_P} \leq 1$
3	Teil- und Gesamt-feld	allseitig gelagert	Normalspannungen σ mit dem Randspannungs-verhältnis $\psi \leq 1$	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{Pi}}}$	$\kappa = c \left(\frac{1}{\bar{\lambda}_P} - \frac{0,22}{\bar{\lambda}_P^2} \right) \leq 1$ mit $c = 1,25 - 0,25 \psi \leq 1,25$
4		dreiseitig gelagert	Normalspannungen σ	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{Pi}}}$ ^b	$\kappa = \frac{1}{\bar{\lambda}_P^2 + 0,51} \leq 1$
5		dreiseitig gelagert	konstante Rand-verschiebung u	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{Pi}}}$ ^b	$\kappa = \frac{0,7}{\bar{\lambda}_P} \leq 1$
6		allseitig gelagert, ohne Längssteifen	Schubspannungen τ	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$	$\kappa_\tau = \frac{0,84}{\bar{\lambda}_P} \leq 1$
7		allseitig gelagert, mit Längssteifen	Schubspannungen τ	$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$	$\kappa_\tau = \frac{0,84}{\bar{\lambda}_P} \leq 1$ für $\bar{\lambda}_P \leq 1,38$ $\kappa_\tau = \frac{1,16}{\bar{\lambda}_P^2} \leq 1$ für $\bar{\lambda}_P > 1,38$

^a Bei Einzelfeldern ist ψ_T das Randspannungsverhältnis des Teilfeldes, in dem das Einzelfeld liegt.

^b Zur Ermittlung von σ_{Pi} ist der Beulwert $\min k_\sigma$ (α) für $\psi = 1$ einzusetzen.

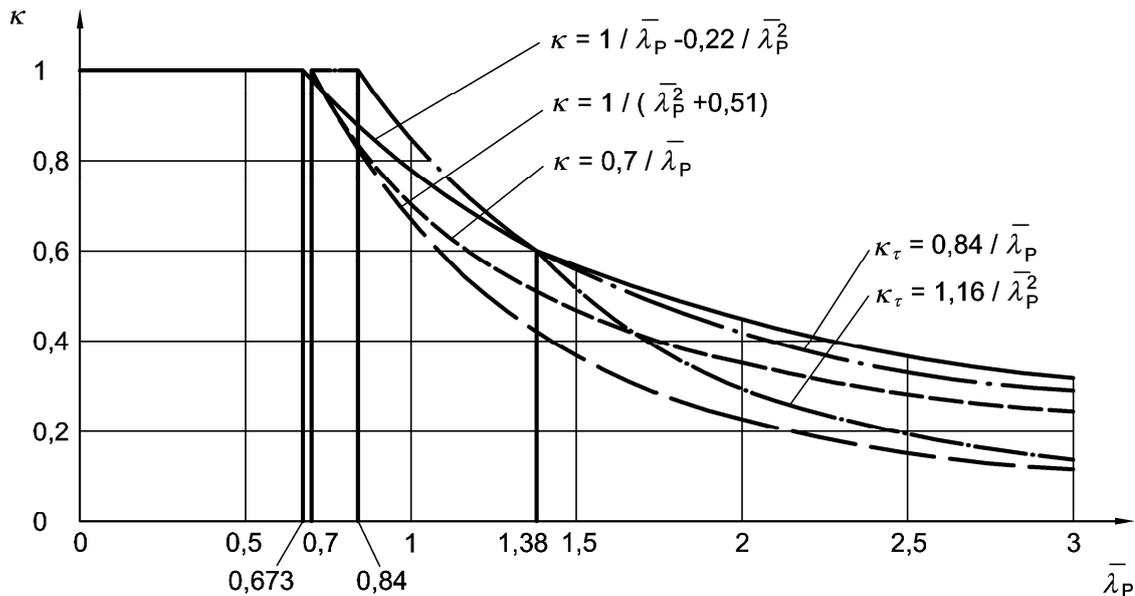


Bild 9 — Abminderungsfaktoren κ (= bezogene Tragbeulspannungen) in Abhängigkeit vom bezogenen Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_P$

(602) Beulen mit knickstabähnlichem Verhalten

Im Fall von Spannungen σ_x ist der Einfluss des knickstabähnlichen Verhaltens auf das Beulverhalten nach Element 603 zu berücksichtigen, wenn die Bedingung (21) für den Wichtungsfaktor ρ erfüllt ist.

$$\rho = \frac{\Lambda - \sigma_{Pi} / \sigma_{Ki}}{\Lambda - 1} \geq 0 \quad (21)$$

mit

$$\Lambda = \bar{\lambda}_P^2 + 0,5, \text{ jedoch } 2 \leq \Lambda \leq 4 \quad (22)$$

σ_{Ki} Eulersche Knickspannung des untersuchten Beulfeldes, jedoch mit frei angenommenen Längsrändern.

Für den Regelfall gleichbleibender Spannungen in Beanspruchungsrichtung gilt Gleichung (23)

$$\frac{\sigma_{Pi}}{\sigma_{Ki}} = k_\sigma \cdot \alpha^2 \cdot \frac{1 + \Sigma \delta^L}{1 + \Sigma \gamma^L} \quad (23)$$

jedoch $\sigma_{Pi} / \sigma_{Ki} \geq 1$.

Wird die Änderung der Spannungen in Beanspruchungsrichtung bei der Ermittlung von σ_{Pi} berücksichtigt, so ist dies auch bei σ_{Ki} zu tun.

Im Fall von Spannungen σ_y ist sinngemäß zu verfahren.

ANMERKUNG 1 Ist die Beulfläche einer Platte weitgehend abwickelbar (das ist gleichbedeutend mit vorwiegend in einer Richtung gekrümmt), verhält sich die Platte beim Ausbeulen Knickstäben ähnlich. Dies ist der Fall, wenn

- bei Spannungen σ_x Platten ein kleines Seitenverhältnis α oder eine kräftige Längsversteifung oder beides oder
- bei Spannungen σ_y Platten ein großes Seitenverhältnis α oder eine kräftige Querversteifung oder beides haben.

ANMERKUNG 2 Zu σ_{Pi} vergleiche auch Element 113.

ANMERKUNG 3 Zur Ermittlung von γ^L und δ^L siehe Element 114.

ANMERKUNG 4 Für die Ermittlung des Verhältnisses $\sigma_{Pi} / \sigma_{Ki}$ in Gleichung (21) sind für γ^L und k_σ immer die einander zugeordneten Werte einzusetzen. Folglich sind $k_\sigma(\gamma^{L*})$ und γ^{L*} einzusetzen, falls $k_\sigma(\gamma^L)$ für $\gamma^L > \gamma^{L*}$ nicht bekannt ist.

ANMERKUNG 5 Im Fall von Spannungen σ_y sind die Koordinatenrichtungen und die Begriffe „längs“ und „quer“ zu vertauschen.

(603) Abminderungsfaktor bei knickstabähnlichem Verhalten

Im Fall knickstabähnlichen Verhaltens ist für die Ermittlung der Grenzbeulspannung ein Abminderungsfaktor κ_{PK} nach Gleichung (24) zu ermitteln.

$$\kappa_{PK} = (1 - \rho^2) \kappa + \rho^2 \cdot \kappa_K \tag{24}$$

Dabei ist

ρ der Wichtungsfaktor nach Gleichung (21);

κ der Abminderungsfaktor nach Tabelle 1,

κ_K der Abminderungsfaktor nach Knickspannungslinie b in DIN 18800-2 für einen gedachten Stab mit dem bezogenen Plattenschlankheitsgrad $\bar{\lambda}_P$

ANMERKUNG 1 Der Index K steht hier für Knickstab, P kennzeichnet das Plattenbeulen.

ANMERKUNG 2 Nach DIN 18800-2:2008-11, 3.2.1, Gleichung (4), ergibt sich κ_K zu:

Für $\bar{\lambda}_P \leq 0,2$: $\kappa_K = 1$

$$\bar{\lambda}_P > 0,2 : \kappa_K = \frac{1}{\left(k + \sqrt{k^2 - \bar{\lambda}_P^2} \right)}$$

mit $k = 0,5 \left[1 + 0,34 (\bar{\lambda}_P - 0,2) + \bar{\lambda}_P^2 \right]$

7 Nachweis der Quersteifen

(701) Schubspannung τ

Der Steifigkeitsnachweis der Quersteifen für Schubspannungen τ ist entweder durch einen Gesamtfeldnachweis oder durch den Nachweis der Mindeststeifigkeiten $\gamma^Q \geq \gamma^{Q*}$ zu erbringen.

Beim Gesamtfeldnachweis dürfen die Beulwerte von gedachten, ringsum starr gestützten Gesamtfeldern verwendet werden. Diese Gesamtfelder bestehen

- aus zwei benachbarten Teilfeldern mit einer elastischen Quersteife und
- aus drei benachbarten Teilfeldern mit zwei elastischen Quersteifen.

Von den drei Beulwerten für das Teilfeld und die beiden gedachten Gesamtfelder ist für den Nachweis der kleinste Beulwert zu verwenden.

ANMERKUNG 1 Quersteifen mit der Mindeststeifigkeit γ^{Q^*} heben die ideale Beulspannung des querversteiften Gesamtfeldes auf die kleinste ideale Beulspannung der durch die Quersteifen erzeugten Teilfelder an.

ANMERKUNG 2 Falls Längssteifen an einer Quersteife nicht oder versetzt angeschlossen werden, ist Abschnitt 10, Element 1003 zu beachten.

(702) Normalspannung σ_x bei einem Wichtungsfaktor $\rho \leq 0,7$ der angrenzenden Teilfelder

Der Steifigkeitsnachweis der Quersteifen für Normalspannungen σ_x ist analog zu Element 701 zu führen.

Der Nachweis darf auch nach Element 703 geführt werden.

ANMERKUNG Der Wichtungsfaktor ρ ist in Abschnitt 6, Element 602 definiert.

(703) Normalspannung σ_x bei einem Wichtungsfaktor $\rho > 0,7$ der angrenzenden Teilfelder

Die Quersteifen sind unter der alleinigen Wirkung von Spannungen σ_x mit dem Verfahren Elastisch-Elastisch nach Theorie II. Ordnung und mit folgenden Annahmen nachzuweisen:

- Die betrachtete Quersteife (Bild 10) hat eine sinusförmige Vorkrümmung mit dem Stich $w_0 = b_G/300$, jedoch nicht größer als $\min a_i/300$ ($\min a_i =$ kleinere Länge der angrenzenden Teilfelder) und nicht größer als 10 mm.
- Die beiden benachbarten Quersteifen haben keine Vorverformung, sind starr und die Teilfelder an ihnen gelenkig gelagert.
- Die Teilfelder werden in der Regel an der betrachteten Quersteife gelenkig gelagert. Werden die Teilfelder an der betrachteten Quersteife als biegesteif durchlaufend angenommen, so ist ihre Beanspruchung infolge des Zusammenwirkens mit der Quersteife zu berücksichtigen.
- Die Abtragung von Abtriebslasten zu den Längsrändern der Teilfelder darf berücksichtigt werden.
- Für die Quersteife ist zusätzlich zum Spannungsnachweis der Nachweis zu erbringen, dass ihre elastische Durchbiegung nicht größer als $b_G/300$ ist.

Der geforderte Nachweis ist für beidseitig gelenkig gelagerte Quersteifen erbracht, wenn ihr Flächenmoment 2. Grades der Bedingung (25) entspricht.

$$I_Q \geq \frac{\sigma_m}{E} \cdot \left(\frac{b_G}{\pi} \right)^4 \cdot \left(1 + w_0 \cdot \frac{300}{b_G} \cdot \nu \right) \quad (25)$$

Dabei ist

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{Ki}}{\sigma_{Pi}} \cdot 0,5 \sigma_x \cdot (1 + \psi) \cdot t \cdot \left[1 + (n^L + 1) \cdot \delta^L \right] \cdot \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)$$

σ_x größte Randspannung der angrenzenden Teilfelder;

$\sigma_{Ki} / \sigma_{Pi}$ Kehrwert von Gleichung (23);

ψ Randspannungsverhältnis, jedoch $\psi \geq 0$;

n^L Anzahl der Längssteifen;

a_1 und a_2 Längen der angrenzenden Teilfelder;

$$v = \gamma_M \cdot \lambda_a^2 \cdot \frac{\max e}{300 b_G} \geq 1$$

λ_a Bezugsschlankheitsgrad der Quersteife;

$\max e$ der für eine Spannungsermittlung maßgebende Randabstand des Quersteifenquerschnittes.

Für Quersteifen mit beliebigen Randbedingungen kann der Nachweis auch vereinfacht mit dem Verfahren Elastisch-Elastisch nach Theorie I. Ordnung, mit einer auf der Länge b_G konstanten Querlast nach Gleichung (26) geführt werden.

$$q = \frac{\pi}{4} \sigma_m \cdot (w_0 + w_{el}) \tag{26}$$

Die elastische Durchbiegung w_{el} kann entweder iterativ ermittelt oder mit dem zulässigen Größtwert $b_G/300$ berücksichtigt werden.

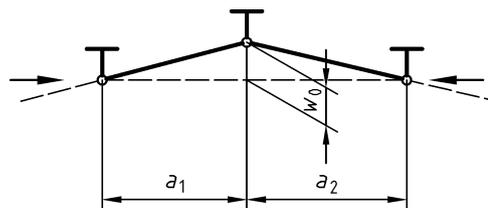


Bild 10 — Beispiel für die Annahmen beim Nachweis von Quersteifen nach Element 703

(704) Planmäßige Quersteifenbelastungen

Im Falle eines Wichtungsfaktors $\rho > 0,7$ der angrenzenden Teilfelder sind zusätzlich zum Nachweis nach Element 703 in einem weiteren Nachweis die Wirkungen aus σ_x und der planmäßigen Quersteifenbelastung gemeinsam zu berücksichtigen. Dabei ist die elastische Durchbiegung nicht auf $b_G/300$ beschränkt.

ANMERKUNG Wie zu Element 703 erläutert, können die Abtriebskräfte aus σ_x und gegebenenfalls planmäßigen Normalkräften durch Vorgabe einer elastischen Durchbiegung bei einem Nachweis nach Theorie I. Ordnung berücksichtigt werden, wenn die Einhaltung der vorgegebenen Durchbiegung nachgewiesen wird.

(705) Endquersteifen

Quersteifen an den Enden von Vollwand- und Kastenträgern müssen eine in der Stegebene liegende Gleichstreckenlast mit der parallel zur Trägerachse wirkenden Resultierenden H übertragen, falls die Querkraft V die ideale Beulquerkraft V_{Pi} nach Gleichung (27) überschreitet:

$$V_{Pi} = b_G \cdot t \cdot \tau_{Pi} \tag{27}$$

Die Überschreitung ist möglich, da die einzuhaltenden Abminderungsfaktoren κ_τ über dem zur idealen Beulquerkraft V_{Pi} gehörenden Abminderungsfaktor

$$\kappa_{\tau i} = \frac{1}{\lambda_{\tau}^2}$$

liegen können.

Die Gleichstreckenlast ist entweder über die volle Gesamtfeldbreite b_G (Stützweite der Endquersteife) mit der Resultierenden

$$H = \frac{V^2}{V_{Pi} / \gamma_M} - \frac{V_{Pi}}{\gamma_M} \quad (28)$$

oder über die Breite

$$c_s = b_G - a_1 \cdot \tan\left(\frac{\varphi_d}{2}\right) \quad (29)$$

mit der Resultierenden

$$H = \frac{V - V_{Pi} / \gamma_M}{\tan(\varphi_d / 2)} \quad (30)$$

anzusetzen. Der Ansatz mit der kleineren Resultierenden H ist maßgebend.

Dabei ist

V Querkraft am Trägerende;

a_1 Quersteifenabstand;

φ_d Winkel zwischen Gesamtfeld diagonale und Trägerachse.

Bei diesen Nachweisen sind der Querschnitt der Endquersteifen einschließlich Stegblechüberstand und im Falle doppelter Endquersteifen deren Querschnitte und der zwischen ihnen liegende Stegblechstreifen heranzuziehen.

ANMERKUNG Nach Überschreiten der idealen Beulschubspannung bildet sich im Stegblech ein Zugfeld aus. Davon wird bei den Abminderungsfaktoren κ_{τ} teilweise Gebrauch gemacht. Die zugehörige Längszugkraft H im Stegblech ergibt sich mit genügender Genauigkeit im Falle langer Stegblechendfelder (Vollwandträger ohne Zwischenquersteifen) nach der Theorie des vollständigen Zugfeldes [4] und im Falle von Stegblechen mit Zwischenquersteifen mit Hilfe von Zugfeldmodellen, hier dem von Basler [5].

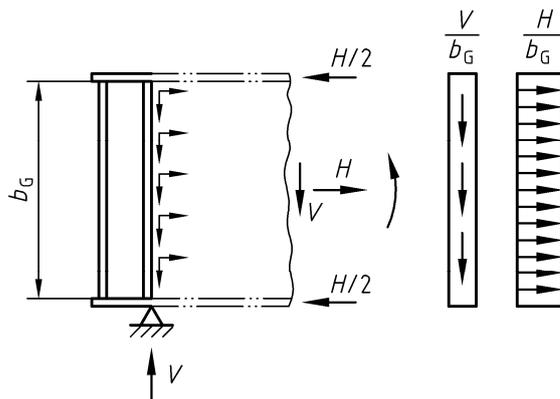


Bild 11 — Belastung der Endquersteifen bei Überschreitung der idealen Beulschubspannung im Falle langer Stegblechfelder

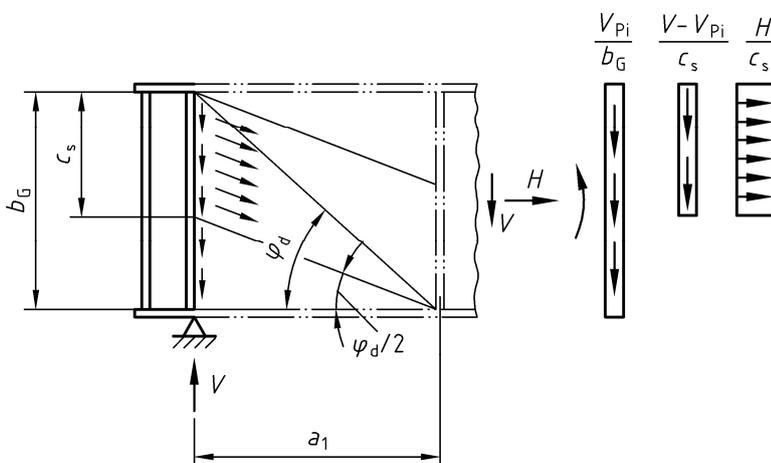


Bild 12 — Belastung der Endquersteifen bei Überschreitung der idealen Beulschubspannung im Falle von Stegblechen mit Zwischenquersteifen

8 Einzelregelungen

(801) Zusätzlicher Nachweis bei Platten mit quergerichteten Druckspannungen σ_y

Bei längsversteiften Platten mit quergerichteten Druckspannungen σ_y sind die Längssteifen zusätzlich zum Beulsicherheitsnachweis mit dem Verfahren Elastisch-Elastisch nach Theorie II. Ordnung und mit folgenden Annahmen nachzuweisen:

- Die betrachtete Längssteife (siehe Bild 13) hat eine sinusförmige Vorkrümmung mit dem Stich $w_0 = \min b_{ik}/250$, wobei $\min b_{ik}$ die kleinere Breite der an die Längssteife angrenzenden Einzelfelder ist.
- Die benachbarten Längsränder der angrenzenden Einzelfelder sind gerade, gelenkig gelagert und senkrecht zur Platte unverschieblich.
- Die Einzelfelder werden in der Regel an der betrachteten Längssteife gelenkig gelagert.

Werden die Einzelfelder an der betrachteten Längssteife als biegesteif durchlaufend angenommen, so ist ihre Beanspruchung infolge des Zusammenwirkens mit der Längssteife zu berücksichtigen.

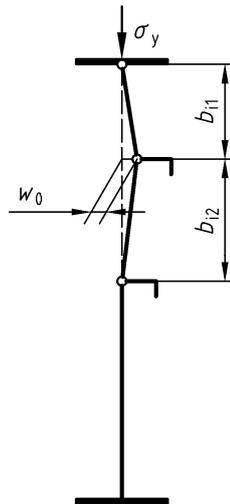


Bild 13 — Beispiel für die Annahmen beim Nachweis von Längssteifen

(802) Platten mit Lasten rechtwinklig zur Plattenebene

Planmäßig ebene Platten, die außer den Belastungen in ihrer Ebene Lasten rechtwinklig zu ihrer Ebene erhalten, sind unter Vernachlässigung der Plattenbiegemomente nachzuweisen.

Zusätzlich ist nachzuweisen – gegebenenfalls nach Theorie II. Ordnung –, dass unter allen Einwirkungen die Grenzspannungen nach DIN 18800-1 eingehalten sind.

ANMERKUNG Lasten rechtwinklig zur Plattenebene können z. B. Windlasten oder Wasserdruck sein.

(803) Planmäßig schwach gekrümmte Platten

Planmäßig schwach gekrümmte abwickelbare Platten ohne Querlasten dürfen wie ebene Platten mit Beibehaltung der Lagerungsbedingungen für die Schnittgrößen der gekrümmten Platte nachgewiesen werden.

(804) Unversteifte Platten in planmäßig gekrümmten Trägern

Unversteifte, allseitig gelagerte abwickelbare Platten in planmäßig gekrümmten Trägern dürfen wie ebene Platten nachgewiesen werden, wenn für den Krümmungsradius r die Bedingung (31) erfüllt ist.

$$r \geq b^2/t \quad (31)$$

(805) Längsversteifte Platten in planmäßig gekrümmten Trägern

Für die Einzelfelder von längsversteiften Platten in planmäßig gekrümmten Trägern gilt Element 804, wobei für b die Einzelfeldbreite einzusetzen ist.

Die Längssteifen sind als Stäbe unter Normalkraft und planmäßiger Biegung nach DIN 18800-2 nachzuweisen. Hierbei darf die stützende Wirkung der Platte durch die Annahme biegesteif durchlaufender Einzelfelder berücksichtigt werden.

9 Höchstwerte f für unvermeidbare Herstellungsungenauigkeiten

(901) Regelforderung

Die unvermeidbaren Herstellungsungenauigkeiten sind, sofern sie für das Beulen von Bedeutung sind, durch Stichproben zu überprüfen.

Die im unbelasteten Zustand vorhandenen Abweichungen von der Sollform sollen die Höchstwerte f nach Tabelle 2 nicht überschreiten.

ANMERKUNG Die Regelforderung kann als erfüllt angesehen werden, wenn von den Messwerten einer größeren Zahl gleichartiger Beulfelder nicht mehr als 10 % größer als der Höchstwert f sind und kein Einzelwert größer als das 1,5fache des Höchstwertes f ist.

(902) Sonderforderung

In Beulfeldern mit knickstabähnlichem Verhalten und voller Ausnutzung der Tragfähigkeit dürfen die für das knickstabähnliche Verhalten maßgebenden Abweichungen von der Sollform im unbelasteten Zustand die Höchstwerte f nach Tabelle 2 nicht überschreiten.

ANMERKUNG Beispielsweise ist für das knickstabähnliche Verhalten eines unversteiften Beulfeldes mit $\alpha > 1$ unter Druckbeanspruchung in Querrichtung der Höchstwert f nach Zeile 2 der Tabelle 2 maßgebend.

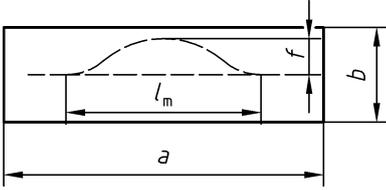
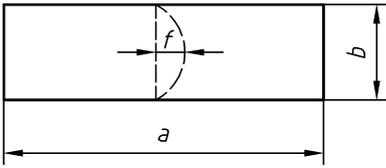
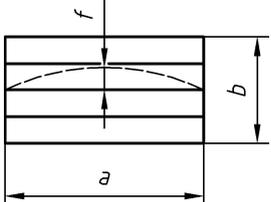
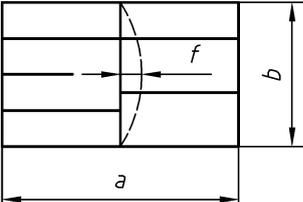
Für das knickstabähnliche Verhalten eines längsversteiften Teilfeldes ist der Höchstwert f nach Zeile 3, nicht aber der Höchstwert f nach Zeile 1 maßgebend.

(903) Maßnahmen bei Überschreitung der Höchstwerte f für Herstellungsungenauigkeiten

Sind die Forderungen nach Element 901 oder 902 nicht eingehalten, so ist im Einzelfall zu entscheiden, ob Richtarbeiten oder andere Maßnahmen erforderlich sind.

ANMERKUNG Vor der Entscheidung für Richtarbeiten sollte stets bedacht werden, dass dabei zusätzliche Eigenspannungen entstehen können. Es sollte auch der Ausnutzungsgrad in Betracht gezogen werden. In Zweifelsfällen ist es empfehlenswert, den Aufsteller der statischen Berechnung hinzuzuziehen. Richtarbeiten sind z. B. dann nicht erforderlich, wenn nach den Regeln in DAST-Richtlinie 015 nachgewiesen werden kann, dass die Tragsicherheit vorhanden ist.

Tabelle 2 — Höchstwerte f für Platten und Steifen

1	2	3	4
1	unversteifte Beulfelder	allgemein	 $f = \frac{l_m}{250}$ $l_m = a, \text{ wenn } a \leq 2b$ $l_m = 2b, \text{ wenn } a > 2b$
2	mit Druckbeanspruchung in Querrichtung		 $f = \frac{l_m}{250}$ $l_m = b, \text{ wenn } b \leq 2a$ $l_m = 2a, \text{ wenn } b > 2a$
3	Längssteifen in längsversteiften Beulfeldern		 $f = \frac{a}{400}$
4	Quersteifen in längsversteiften Beulfeldern		 $f = \frac{a}{400}$ $f = \frac{b}{400}$
<p>Das Maß f ist senkrecht zur Plattenebene gerichtet.</p> <p>l_m Messlänge</p>			

10 Konstruktive Forderungen und Hinweise

(1001) Verbindungen von Steifen und zu versteifender Platte

Längssteifen sind immer, Quersteifen in der Regel mit der zu versteifenden Platte zu verbinden. Dabei darf die Schweißnaht unterbrochen ausgeführt werden. Die Länge der Unterbrechung ist wie bei Ausschnitten nach Element 1005 bzw. 1006 zu begrenzen.

(1002) Stöße von Längssteifen

Wenn Längssteifen bei der Spannungsermittlung zum tragenden Querschnitt hinzugerechnet werden, sind ihre Stöße entsprechend ihren Beanspruchungen zu bemessen.

(1003) Versetzt angeordnete oder endende Längssteifen

Versetzt angeordnete oder endende Längssteifen gelten in dem Querschnitt, in dem sie versetzt sind oder enden, bei der Ermittlung der vorhandenen Spannungen als nicht mittragend.

Auch wenn Längssteifen nicht zum tragenden Querschnitt hinzugerechnet werden, sind sie an den Quersteifen anzuschließen, wenn die Bedingungen (32) und (33) erfüllt sind.

$$\delta \geq 0,05 \quad (32)$$

$$\sigma > 0,6 \sigma_{xP,R,d} \quad (33)$$

Dabei ist

δ die bezogene Querschnittsfläche einer Längssteife;

σ die Spannung der Platte am Steifenende.

Bei Gesamtfeldern mit nur einer Längssteife darf der Faktor 0,6 in Bedingung (33) auf 0,8 erhöht werden.

Ist die Bedingung (33) nicht erfüllt, darf die lichte Weite zwischen Längssteifenende und Quersteife nicht größer sein als das Zweifache der Dicke der versteiften Platte.

Falls Längssteifen an einer Quersteife nicht oder versetzt angeschlossen werden, ist Folgendes zu beachten:

Entweder muss die Biegesteifigkeit der Quersteife so groß gewählt werden, dass sie eine Knotenlinie im Gesamtfeld erzeugt, oder die nicht angeschlossenen sowie die versetzten Längssteifen müssen beim Beulsicherheitsnachweis für das Gesamtfeld außer Ansatz bleiben.

(1004) Mindestdrillknicksteifigkeit gedrückter Steifen

Gedrückte Steifen mit offener Querschnittsform und ohne oder mit geringer Wölbsteifigkeit müssen im Falle

$$\frac{I_T}{I_P} \leq \frac{5,3 \cdot f_{y,k}}{E} \quad (34)$$

der Bedingung (35) genügen.

$$\frac{I_T}{I_P} \geq 11,0 (t / b_{ik})^2 \quad (35)$$

Dabei ist

$f_{y,k}$ der charakteristische Wert der Streckgrenze der Steife;

I_T das Torsionsflächenmoment 2. Grades (Saint-Venantscher Torsionswiderstand);

I_P das polare Flächenmoment 2. Grades des Steifenquerschnitts bezüglich der Plattenmitte;

b_{ik} die kleinere Breite der an die Steife anschließenden Einzelfelder.

Bei nicht voll ausgenutzten Einzelfeldern darf für b_{ik} die zulässige Breite eingesetzt werden.

ANMERKUNG 1 Durch die Bedingung (35) soll erreicht werden, dass Steifen mit geringer Wölbsteifigkeit, z. B. Flachstahlsteifen, nicht vor den angrenzenden Einzelfeldern durch Drillknicken versagen. Für Beulsteifen, z. B. mit Winkelquerschnitt, deren Wölbsteifigkeit nicht zu vernachlässigen ist, liegt Bedingung (35) auf der sicheren Seite.

ANMERKUNG 2 Die Bedingung (35) kann für Flachstahlsteifen mit dem Querschnitt $b_{St} \cdot t_{St}$ im Falle

$$\frac{b_{St}}{t_{St}} \geq 0,434 \cdot \sqrt{E / f_{y,k}} \quad (36)$$

in der Form der Bedingung (37) geschrieben werden.

$$\frac{b_{St}}{t_{St}} \leq 0,3 \frac{b_{ik}}{t} \quad (37)$$

(1005) Ausschnitte in Längssteifen

Ausschnitte in Längssteifenstegen sollen nicht größer sein als in Bild 14 angegeben. Für die Ausschnittlänge l sollen die Werte

$l \leq 6 \text{ min } t$ bei gedrückten Flachstahlsteifen,

$l \leq 8 \text{ min } t$ bei anderen gedrückten Steifen,

$l \leq 15 \text{ min } t$ bei nicht gedrückten Steifen

eingehalten werden. Hierbei ist $\text{min } t$ die kleinere Dicke der am Ausschnitt zusammentreffenden Platten.

Bei örtlichen Nachweisen ist die Querschnittsschwächung zu berücksichtigen.

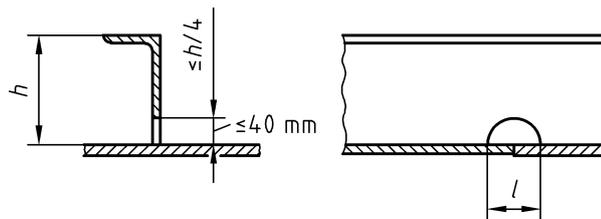


Bild 14 — Ausschnitt in Längssteifen

Wenn in der versteiften Platte am Ort der Steife $\sigma_x < \sigma_{xP,R,d}$ ist, darf l mit dem Faktor

$$\sqrt{\frac{\sigma_{xP,R,d}}{\sigma}}$$

vergrößert werden. Die maximale Ausschnittlänge ist jedoch auf $l = 15 \text{ min } t$ zu beschränken.

(1006) Ausschnitte in Quersteifen

Für Quersteifen mit Stegausschnitten, z. B. an Kreuzungspunkten mit durchlaufenden Längssteifen, sind Beulsicherheitsnachweise mit dem Nettoträgheitsmoment I_{netto} der Quersteifen zu führen.

Außerdem muss an der Stelle des Stegausschnittes die Querkraft

$$V = \frac{I_{\text{netto}}}{\max e} \cdot f_{y,d} \cdot \frac{\pi}{b_G} \quad (38)$$

übertragen werden.

Dabei ist

$\max e$ der größere Randabstand vom Schwerpunkt des Quersteifen-Nettoquerschnitts;

b_G die Breite des Beulfeldes (Stützweite der Quersteife).

Der Ausschnitt soll nicht größer sein als 60 % der Quersteifenhöhe h .

ANMERKUNG Für die Berechnung von I_{netto} gilt Element (301) sinngemäß.

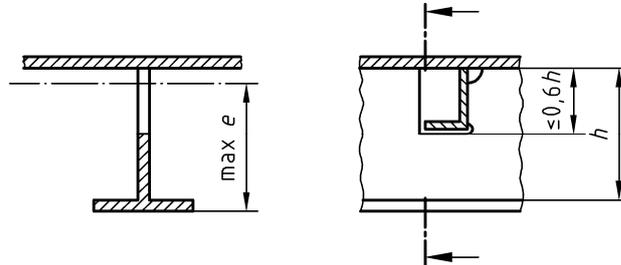


Bild 15 — Ausschnitt in Quersteifen

(1007) Querstoß in längsgedrückten Platten bei unterschiedlicher Plattendicke

Werden längsgedrückte Platten mit unterschiedlicher Dicke exzentrisch (z. B. einseitig bündig) quer gestoßen, soll der Stoß in der Nähe einer Quersteife liegen.

Die Exzentrizität braucht rechnerisch nicht erfasst zu werden, wenn die Stoßstelle nicht weiter als $0,5 \min b_{ik}$ von derjenigen Quersteife entfernt ist, die die dünnere Platte versteift. Für $\min b_{ik}$ ist die kleinste Breite der Einzelfelder mit der Dickenänderung einzusetzen. Bei nur teilweiser Ausnutzung des Einzelfeldes darf die rechnerisch zulässige Einzelfeldbreite eingesetzt werden.

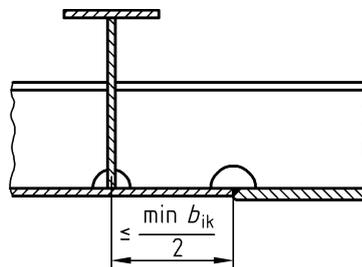
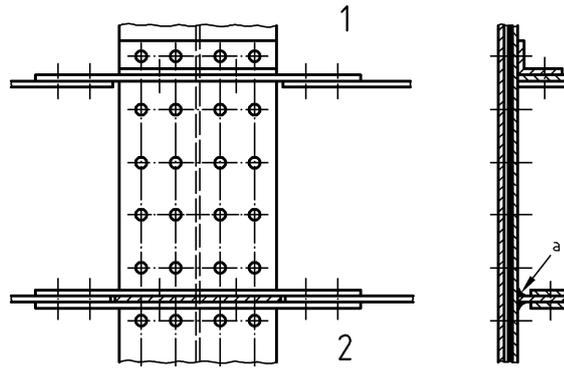


Bild 16 — Lage eines Querstoßes von Platten mit unterschiedlicher Dicke

(1008) Kreuzungspunkte von Steifen und Stoßlaschen

An Kreuzungspunkten von Steifen und Stoßlaschen von Platten müssen die Steifen mit den Stoßlaschen verbunden werden und ohne nennenswerte Verringerung der Biegesteifigkeit durchgehen.



Legende

- a Futter anschweißen
- 1 Zugbereich
- 2 Druckbereich

Bild 17 — Beispiele für Kreuzungspunkte von Steifen und Stoßlaschen sowie für Längssteifenstöße

(1009) Stoß von Flachstahlsteifen

Stöße von Flachstahlsteifen sind im Druckbereich mit möglichst geringer Exzentrizität auszuführen. Andernfalls sind planmäßige Exzentrizitäten rechnerisch zu verfolgen.

ANMERKUNG Exzentrizitäten können z. B. durch beidseitige Anordnung von Stoßlaschen vermieden werden.

(1010) Steifen mit niedrigerer Streckgrenze als die der zu versteifenden Platte

Für Beulsteifen dürfen Stähle mit niedrigerer Streckgrenze als für die Platte verwendet werden, wenn für die Spannung σ am Ort der Steife Bedingung (39) erfüllt ist.

$$\sigma \leq \frac{f_{y,Steife}}{f_{y,Platte}} \cdot \sigma_{P,R,d} \quad (39)$$

(1011) Stege von Vollwand- und Kastenträgern an Auflagerpunkten

In der Regel sind Stege an Auflagerpunkten mit mindestens einer Quersteife in voller Beulfeldbreite (Trägerhöhe) auszusteiern. Falls die Schubspannung τ größer als die ideale Schubbeulspannung τ_{p1} ist, sind die Regeln für die Bemessung der Quersteifen nach Abschnitt 7, Element 705, zu beachten.

Auf die Anordnung von Quersteifen darf in Stegen nur dann verzichtet werden, wenn die Bedingungen für Kräfteinleitungen ohne Steifen nach DIN 18800-1:2008-11, 7.5.1, Element 744, eingehalten sind.

Anhang A (informativ)

Liste der zurückgezogenen oder ersetzten Normen und technischen Regelwerke soweit sie in Bezug genommen werden

Nachstehende Tabelle fasst diejenigen Normen und technischen Regelwerke der DIN 18800-3:1990-11 zusammen, die bis zur Erarbeitung der vorliegenden Ausgabe zurückgezogen oder ersetzt worden sind. Die entsprechenden Ausgabedaten sind ebenfalls angegeben, damit ist jedoch keine Datierung im Sinne der Regeln von DIN 820-2 beabsichtigt.

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
1	<u>Zurückgezogen:</u> 1995-05 DIN 1025-1:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Schmale I-Träger, I-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-1:1995-05, <i>Warmgewalzte I-Träger — Teil 1: Schmale I-Träger, I-Reihe — Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10024:1995-05, <i>I-Profile mit geneigten inneren Flanschflächen - Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
2	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-2:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, IPB- und IB-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-2:1995-11, <i>Warmgewalzte I-Träger — Teil 2: I-Träger, IPB-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
3	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-3:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPBI-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-3:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Breite I-Träger, leichte Ausführung, IPBI-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
4	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-4:1963-10, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBv-Reihe, Maße, Gewichte, Zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-4:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Breite I-Träger, verstärkte Ausführung, IPBv-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>
5	<u>Zurückgezogen:</u> 1994-03 DIN 1025-5:1965-03, <i>Formstahl; Warmgewalzte I-Träger, Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i>	Nachfolgedokumente: DIN 1025-5:1994-03, <i>Warmgewalzte I-Träger; Mittelbreite I-Träger, IPE-Reihe; Maße, Masse, statische Werte</i> DIN EN 10034:1994-03, <i>I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen</i>

Lfd. Nr.	Stand 1990-11	Stand 2008-11
6	<p><u>Zurückgezogen:</u> 2000-03</p> <p>DIN 1026:1963-10, <i>Stabstahl, Formstahl; Warmgewalzter, rundkantiger U-Stahl, Maße, Gewichte, zulässige Abweichungen, statische Werte</i></p>	<p>Nachfolgedokumente:</p> <p>DIN 1026-1:2000-03, <i>Warmgewalzter U-Profilstahl — Teil 1: Warmgewalzter U-Profilstahl mit geneigten Flanschflächen; Maße, Masse und statische Werte</i></p> <p>DIN EN 10279:2000-03, <i>Warmgewalzter U-Profilstahl — Grenzabmaße, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse</i></p>

Literaturhinweise

- [1] Lindner, J, und Habermann, W.: Zur Weiterentwicklung des Beulnachweises für Platten bei mehrachsiger Beanspruchung. Stahlbau 57 (1988), S. 333–339, 58 (1989), S. 349–351.
- [2] Klöppel, K. und Scheer, J.: Beulwerte ausgesteifter Rechteckplatten. Berlin, Ernst und Sohn, 1960.
- [3] Klöppel, K, und Möller, K. H.: Beulwerte ausgesteifter Rechteckplatten, 11. Band, Berlin, Ernst und Sohn, 1968.
- [4] Nölke, H.: Leichte Vollwandträger ohne Zwischensteifen. In Stahlbau Handbuch Teil 1. Köln: Stahlbau-Verlag 1982, dort S. 523–530.
- [5] Dubas, P, und Gehri, E. (Editors): Behaviour and Design of Steel Plated Structures. Bericht des Technical Committee 8, Working Group 8.3 der EKS. Herausgegeben vom EKS-Generalsekretariat. Brüssel/Zürich 1986.
- [6] Pasternak, H. und Branka, P.: Durchlaufträger ohne Durchlaufwirkung? – Untersuchungen an Stahlträgern mit schlanken Stegen. Bauingenieur 72 (1997), S. 385-391.