

Stahlbauten

Stabilitätsfälle, Plattenbeulen

DIN
18 800
Teil 3

Steel structures; stability; buckling of plates
Constructions métalliques; stabilité; voilements des plaques

Mit DIN 18 800 T 2/11.90
Ersatz für
DIN 4114 T 1/07.52xx
und DIN 4114 T 2/02.53x

Neben dieser Norm gelten DIN 4114 Teil 1/07.52xx und DIN 4114 Teil 2/02.53x einschließlich aller diese ergänzenden Erlasse, Rundschreiben und technischen Regelwerke noch bis zum Erscheinen einer europäischen (EN-)Norm über das Plattenbeulen von Stahlbauten.

Diese Norm wurde im NABau-Fachbereich 08 Stahlbau — Deutscher Ausschuß für Stahlbau e.V. — ausgearbeitet.

Mit den vorliegenden neuen Normen der Reihe DIN 18 800 wurde erstmals das Sicherheits- und Bemessungskonzept der im Jahre 1981 vom NABau herausgegebenen „Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen an bauliche Anlagen“ (GruSiBau) verwirklicht. Darüber hinaus ist auch den laufenden Entwicklungen hinsichtlich der europäischen Vereinheitlichungsbemühungen (Stichwort: EUROCODES) Rechnung getragen worden.

Alle Verweise auf die Normen DIN 18 800 Teil 1 und Teil 2 beziehen sich auf deren Ausgabe November 1990.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Allgemeine Angaben	1	6 Abminderungsfaktoren	7
1.1 Anwendungsbereich	1	7 Nachweis der Quersteifen	9
1.2 Begriffe	2	8 Einzelregelungen	11
1.3 Randbedingungen	2	9 Höchstwerte f für unvermeidbare Herstellungungenauigkeiten	12
1.4 Formelzeichen	3	10 Konstruktive Forderungen und Hinweise	12
2 Bauteile ohne oder mit vereinfachtem Nachweis	4	Zitierte Normen und andere Unterlagen	15
3 Beulsteifen	5	Frühere Ausgaben	15
4 Spannungen infolge Einwirkungen	6	Änderungen	15
5 Nachweise	7	Erläuterungen	16

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 18 800 Teil 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.

Anmerkung 1: Der Nachweis nach dieser Norm entspricht dem Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch in DIN 18 800 Teil 1, Abschnitt 7.4.

Querschnitts- oder Systemreserven durch plastischen Ausgleich werden rechnerisch nicht in Anspruch genommen.

Anmerkung 2: Die Erfassung des Einflusses des Beulens auf das Knicken von Stäben mit unversteiften Querschnittsteilen ist in DIN 18 800 Teil 2, Abschnitt 7, und von Stäben mit versteiften Querschnittsteilen in DIN 18 800 Teil 3, Abschnitt 5, geregelt.

(102) Gebrauchstauglichkeitsnachweis

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

Anmerkung: Vergleiche dazu DIN 18 800 Teil 1, Abschnitte 7.2.3 und 7.3.1, Element 723.

Fortsetzung Seite 2 bis 16

Diese Neuauflage von DIN 18 800 Teil 3 enthält gegenüber der Erstauflage Druckfehlerberichtigungen, die an den entsprechenden Stellen durch einen Balken am Rand gekennzeichnet sind.

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

1.2 Begriffe

(103) Beulen

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

(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).

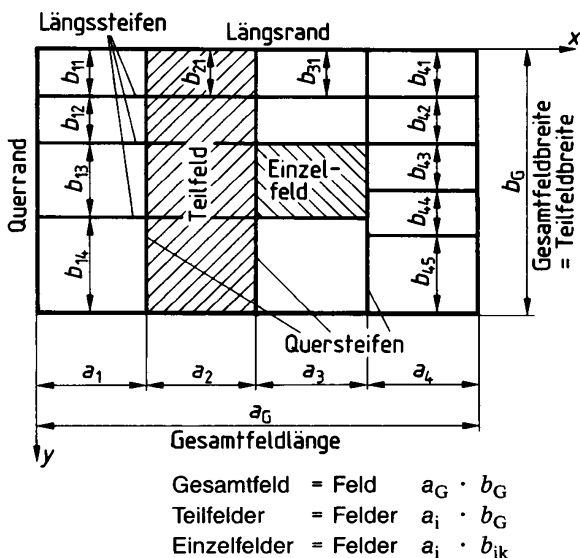


Bild 1. Beulfelder

(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.

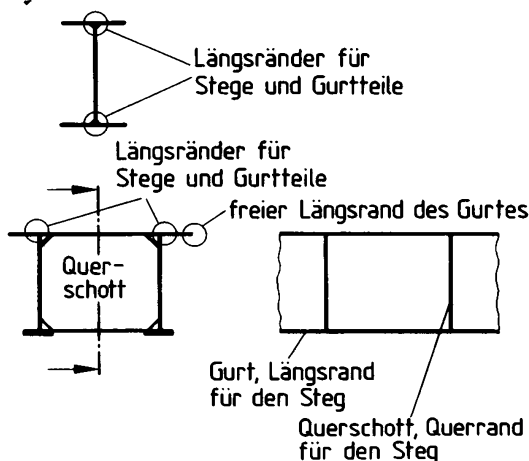


Bild 2. Beispiele für Plattenränder von Stegen und Gurtteilen

(106) Teilfelder

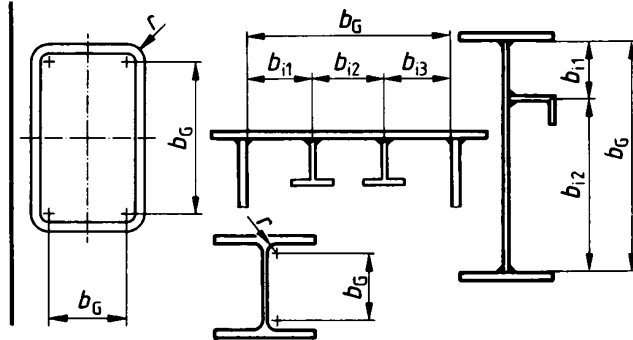
Teilfelder sind längsversteifte oder unversteifte Platten, die zwischen benachbarten Quersteifen oder zwischen einem Querrand und einer benachbarten Quersteife und den Längsrändern des Gesamtfeldes liegen.

(107) Einzelfelder

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

(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 Teil 1, Tabellen 12 und 13, als Abstände der Schweißnahtänder festgelegt werden.

1.3 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 Teil 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.

1.4 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

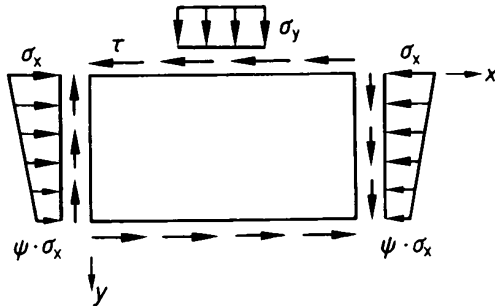


Bild 4. Spannungen

(111) Physikalische Kenngrößen, Festigkeiten

E	Elastizitätsmodul
f_y	Streckgrenze

Anmerkung: Für die Zahlenwerte von E und $f_{y,k}$ siehe DIN 18 800 Teil 1, 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

$$\lambda_P = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Pi}}} \text{ bzw.}$$

$$\lambda_P = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$$

$$\bar{\lambda}_P = \lambda_P / \lambda_a$$

$$\kappa_x, \kappa_y, \kappa_\tau$$

$$\kappa_K$$

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

$$\sigma_{PK, R, d}$$

Plattenschlankheitsgrad

bezogener Plattenschlankheitsgrad nach Tabelle 1, Spalte 4

Abminderungsfaktoren für das Plattenbeulen (bezogene Tragbeulspannungen)

Abminderungsfaktor κ für das Stabknicken nach DIN 18 800 Teil 2, Abschnitt 3.2.1, Element 304

Grenzbeulspannungen

Grenzbeulspannung bei knickstabähnlichem Verhalten

Anmerkung 1: Die Indizes x und y können bei $\sigma_{xPi}, \sigma_{yPi}, k_{\sigma_x}, k_{\sigma_y}, \kappa_x$ 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 λ_P zu bestimmen, von dem die für den Beulsicherheitsnachweis erforderlichen Abminderungsfaktoren κ abhängig sind.

Der Index P kennzeichnet das Plattenbeulen.

Anmerkung 4: Der Bezugsschlankheitsgrad λ_a wird mit den charakteristischen Werkstoffkennwerten berechnet. Er beträgt

$$\lambda_a = 92,9 \text{ für St 37 mit } f_{y,k} = 240 \text{ N/mm}^2,$$

$$\lambda_a = 75,9 \text{ für St 52 mit } f_{y,k} = 360 \text{ N/mm}^2.$$

(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 18 800 Teil 1, 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 18 800 Teil 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 Teil 1 (I) und DIN 1026 (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 Teil 2 bis Teil 5 (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 Teil 2 bis Teil 5 (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 18 800 Teil 1 sind jedoch zu führen.

(203) Platten mit gedrungenen Querschnitten

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

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

ist.

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

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

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

Anmerkung: Für unverteifte allseitig gelagerte Teil- und Gesamtfelder bei gleichzeitiger Wirkung von Randspannungen σ_x und τ können die Werte $\text{grenz}(b/t)$ den Bildern 5 und 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.

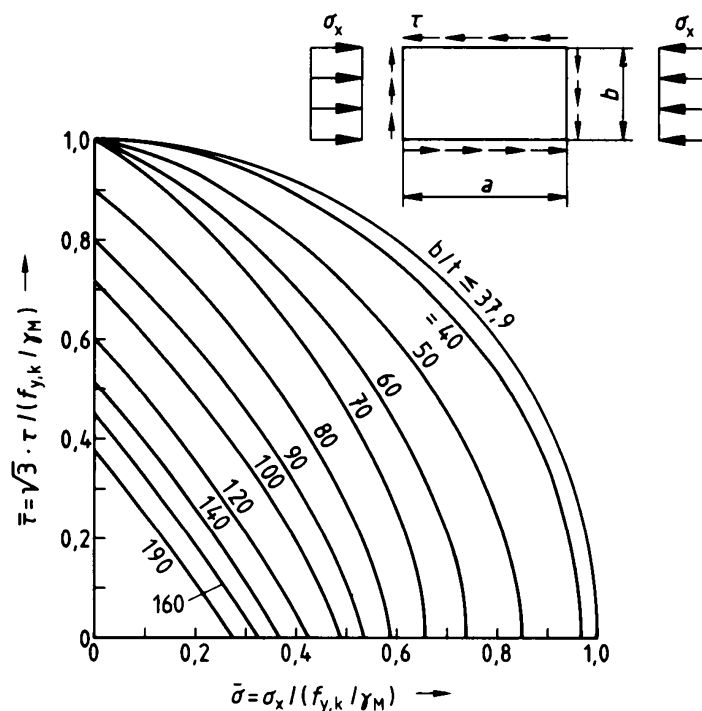
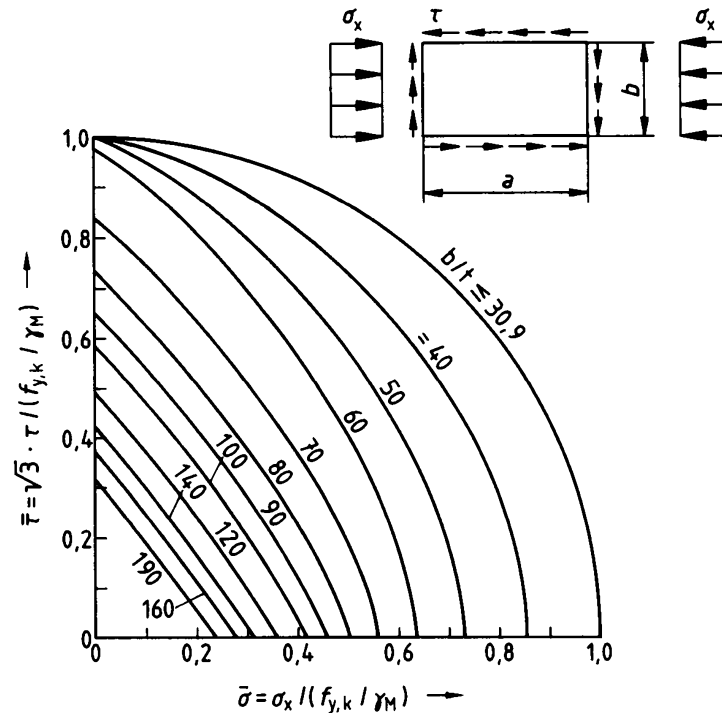


Bild 5. $\text{grenz}(b/t)$ für St 37, $\psi = 1$

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

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 18 800 Teil 2, Abschnitt 7, nicht berücksichtigt, um zu einfachen Regeln sowie zu einer Übereinstimmung mit anderen nationalen und internationalen Regelwerken zu kommen. In die Grenzwerte grenz (b/t) in DIN 18 800 Teil 1, Tabelle 12, geht diese Erhöhung ein.

(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 $b_{ik}/t \leq 1,3 \mid k_{\sigma} \cdot E/f_{y,k}$ 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.

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

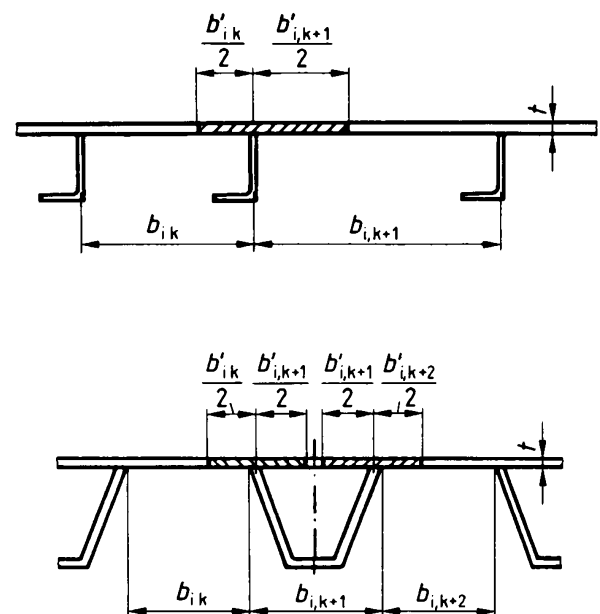


Bild 7. Wirksame Gurtbreiten von gedrückten Längssteifen