

Tipp 26/10

Interaktion zwischen plattenartigem und knickstabähnlichem Verhalten eines unausgesteiften Blechfeldes nach DIN EN 1993-1-5:2019-10 [1] in Verbindung mit Berichtigung 1:2020-07 [2] und DIN EN 1993-1-5/NA:2018-11 [3]

Die Interaktion zwischen plattenartigem und knickstabähnlichem Verhalten von Blechfeldern wird durch den endgültigen Abminderungsfaktor ρ_c berücksichtigt. Dieser Faktor ist entsprechend [1], Abschnitt 4.5.4 mit Hilfe der folgenden Gleichung zu bestimmen

$$\rho_c = (\rho - \chi_c) * \xi * (2 - \xi) + \chi_c$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

ρ	Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung des Plattenbeulens
χ_c	Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung des knickstabähnlichen Verhaltens
ξ	Hilfswert zur Berücksichtigung des Verhältnisses der Plattenbeul- und der Knickspannung

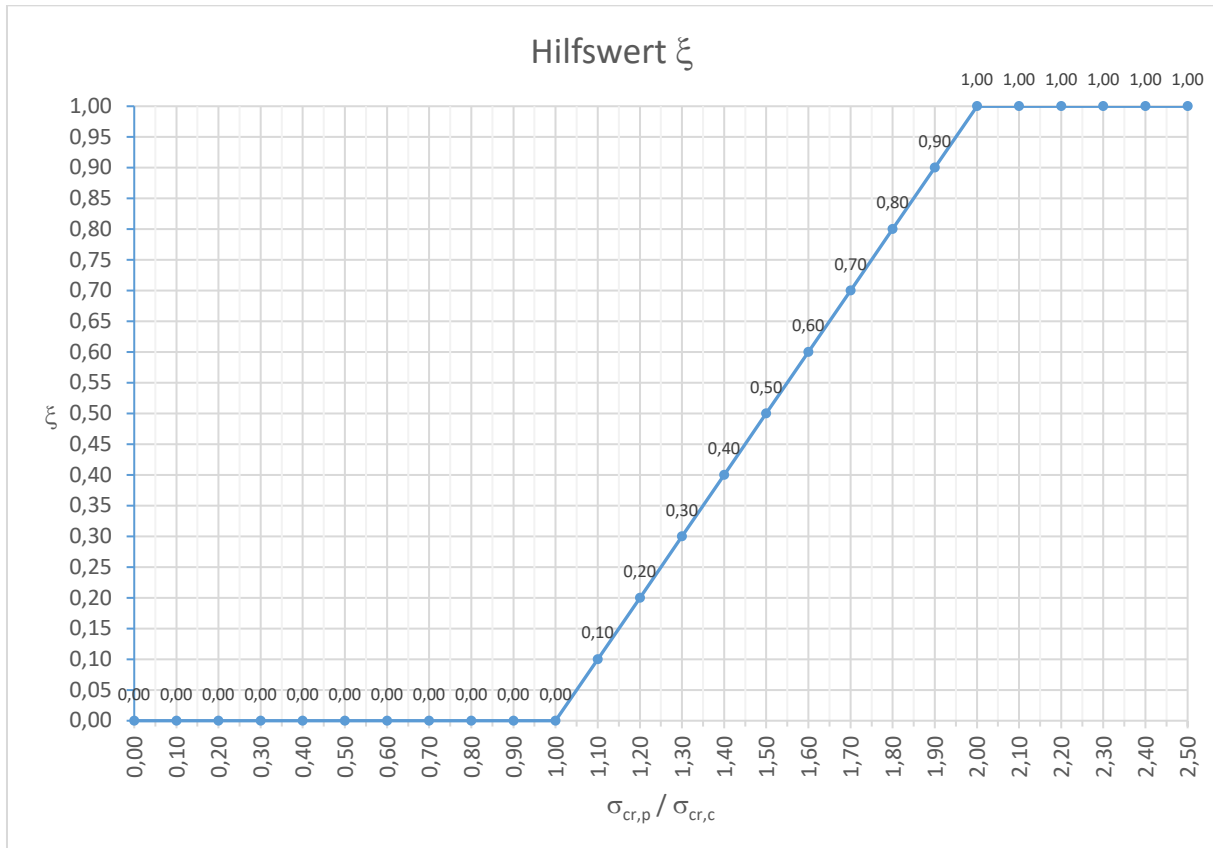
Die Abminderungsbeiwerte zur Berücksichtigung des Plattenbeulens ρ und des knickstabähnlichen Verhaltens χ_c können nach [1], Abschnitt 4.4 bzw. 4.5.3 zu bestimmen. Nachfolgend soll auf diese Berechnungen nicht konkret eingegangen werden.

Der Hilfswert zur Berücksichtigung des Verhältnisses der Plattenbeul- und der Knickspannung des Blechfeldes ξ ist entsprechend [1], Abschnitt 4.5.4(1) mittels der folgenden Gleichung zu berechnen.

$$\xi = \frac{\sigma_{cr,p}}{\sigma_{cr,c}} - 1 \quad \text{jedoch } 0 \leq \xi \leq 1,0$$

In dieser Gleichung finden die elastische Plattenbeulspannung $\sigma_{cr,p}$ und die elastische Knickspannung $\sigma_{cr,c}$ Verwendung. Die elastisch kritische Beulspannung $\sigma_{cr,p}$ ist entsprechend [1], Anhang A.1(2) und die elastische Knickspannung $\sigma_{cr,c}$ für unausgesteifte Blechfelder nach [1], Abschnitt 4.5.3(2) zu berechnen. Auf die konkrete Berechnung dieser Spannungen soll hier vorerst nicht eingegangen werden.

Somit kann der Hilfswert zur Berücksichtigung des Verhältnisses der Plattenbeul- und der Knickspannung des Blechfeldes ξ berechnet werden. Für den Spannungsverhältnisse $0,00 \leq \frac{\sigma_{cr,p}}{\sigma_{cr,c}} \leq 2,50$ ergeben sich die folgenden graphisch aufbereiteten Ergebnisse.



Mit Hilfe dieses Diagramms kann der Hilfswert ξ zur Berücksichtigung des Verhältnisses der Plattenbeul- und der Knickspannung von nicht ausgesteiften Blechfeldern sehr schnell bestimmt werden. Dabei fällt auf, dass dieser Hilfswert ξ nur in dem Bereich von $1,00 \leq \frac{\sigma_{cr,p}}{\sigma_{cr,c}} \leq 2,00$ nicht konstant mit $\xi = 0$ bzw.

$\xi = 1,0$ anzusetzen und innerhalb dieses Bereiches eine lineare Interpolation zur Berechnung des Hilfswertes ξ möglich ist.

Wenn jetzt in den nachfolgenden Überlegungen jeweils die Berechnung der elastischen Plattenbeulspannung $\sigma_{cr,p}$ und der elastischen Knickspannung $\sigma_{cr,c}$ berücksichtigt wird, ergeben sich interessante Zusammenhänge.

Für die Berechnung der kritischen elastischen Beulspannung $\sigma_{cr,p}$ sind Vorgaben in [1], Anhang A zu finden. Es ist dabei zu beachten, dass eine vorhandene Torsionssteifigkeit von geschlossenen Längssteifen bei der Berechnung nicht angesetzt werden darf. Nach [1], Anhang A ist für die Berechnung der elastischen kritischen Beulspannung $\sigma_{cr,p}$ die folgende Gleichung zu verwenden.

$$\sigma_{cr,p} = k_{\sigma,p} \cdot \sigma_E$$

In dieser Gleichung werden folgende Werte verwendet.

$k_{\sigma,p}$ Beulwert der orthotropen Platte mit verschmierten Steifen

σ_E elastische Beulspannung

Die elastische Beulspannung σ_E kann, entsprechend [1], Anhang A.1(2) mittels der folgenden Gleichung ermittelt werden.

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 * E * t^2}{12 * (1 - \nu^2) * b^2} \approx 190000 * \left(\frac{t}{b}\right)^2$$

In dieser Gleichung finden die folgenden Werte Berücksichtigung.

E	Elastizitätsmodul des Stahls
t	Dicke des Blechfeldes
ν	Querdehnzahl des Stahls
b	Breite des Blechfeldes

Der Elastizitätsmodul und die Querdehnzahl des Stahls können aus [4], Abschnitt 3.2.6 entnommen werden und sind mit $E = 210000 \text{ N/mm}^2$ und $\nu = 0,3$ anzunehmen.

Die elastisch kritische Knickspannung $\sigma_{cr,c}$ eines unausgesteiften Blechfeldes ist nach [1], Abschnitt 4.5.3(2) mit Hilfe der folgenden Gleichung zu bestimmen.

$$\sigma_{cr,c} = \frac{\pi^2 * E * t^2}{12 * (1 - \nu^2) * a^2}$$

In dieser Gleichung werden, zusätzlich zu den schon eingeführten Werten, nur die Länge des nicht ausgesteiften Blechfeldes a berücksichtigt. Der E-Modul des Blechfeldmaterials E und die Poissonsche Zahl ν sind wiederum durch [4], Abschnitt 3.2.6 vorgegeben und wie oben angegeben anzusetzen. Somit kann die Gleichung für die elastisch kritische Knickspannung $\sigma_{cr,c}$ folgendermaßen vereinfacht werden.

$$\sigma_{cr,c} = 189800 * \frac{t^2}{a^2} \approx 190000 * \frac{t^2}{a^2} \text{ N/mm}^2$$

Durch Einsetzen dieser Gleichungen in die Bestimmungsgleichung für den Hilfswert ξ zur Berücksichtigung des Verhältnisses der Plattenbeul- und der Knickspannung von nicht ausgesteiften Blechfeldern ergibt sich für diesen Hilfswert die folgende Gleichung.

$$\xi = \frac{k_{\sigma,p} * \sigma_E}{\sigma_{cr,c}} - 1 = \frac{k_{\sigma,p} * 190000 * t^2 * a^2}{190000 * t^2 * b^2} - 1 = k_{\sigma,p} * \left(\frac{a}{b}\right)^2 - 1$$

Somit müssen für die Berechnung des Hilfswertes ξ nur noch der Beulwert der orthotropen Platte mit verschmierten Steifen $k_{\sigma,p}$ und das geometrische Plattenverhältnis $\frac{a}{b}$ berücksichtigt werden. Unabhängig von diesen Überlegungen sind die zulässigen Grenzen von $0 \leq \xi \leq 1,0$ für ξ zu beachten.

Literatur:

- [1] DIN EN 1993-1-5:2019-10 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile
- [2] DIN EN 1993-1-5/Berichtigung 1:2020-07 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile
- [3] DIN EN 1993-1-5/NA:2018-11 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile
- [4] DIN EN 1993-1-1:2010-12 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

Impressum

Landesamt für Bauen und Verkehr
Bautechnisches Prüfamnt
T. Schellenberg
Gulbener Straße 24
03046 Cottbus
Telefon 03342 4266-3400
Telefax 03342 4266-7608
BPA@LBV.Brandenburg.de
<https://lbv.brandenburg.de>