

Tipp 26/08

Schlankheitsgrad einer äquivalenten orthotropen, zweiseitig gestützten druckbeanspruchten Platte 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]

Längs ausgesteifte Blechfelder werden in [1], Abschnitt 4.5 behandelt. Hierbei ist zwischen plattenartigem und knickstabähnlichen Verhalten der Blechfelder zu unterscheiden. Nach [1], Abschnitt 4.5.2 ist der Schlankheitsgrad einer äquivalenten orthotropen Platte $\bar{\lambda}_p$ mit Hilfe der folgenden Gleichung zu bestimmen.

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\beta_{A,c} * f_y}{\sigma_{cr,p}}}$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

$\beta_{A,c}$	Faktor zur Berücksichtigung der Querschnittsflächenverhältnisse
f_y	Streckgrenze des Plattenmaterials
$\sigma_{cr,p}$	kritische elastische Beulspannung

Der Faktor zur Berücksichtigung der Querschnittsflächenverhältnisse $\beta_{A,c}$ ist erforderlich, da die elastisch kritische Beulspannung mit dem Bruttoquerschnitt bestimmt wird, während die Fließlast auf den wirkamen Querschnitt des Einzeldruckstabes bezogen wird. Dieser Faktor kann mit der nachfolgenden Gleichung berechnet werden.

$$\beta_{A,c} = \frac{A_{c,eff,loc}}{A_c} \leq 1,0$$

In dieser Gleichung finden die folgenden Werte Berücksichtigung.

$A_{c,eff,loc}$	effektive Querschnittsfläche des längsausgesteiften Blechfeldes
A_c	Bruttoquerschnittsfläche des längsausgesteiften Blechfeldes

Die effektive Querschnittsfläche des längsausgesteiften Blechfeldes $A_{c,eff,loc}$ muss, ggf. unter Berücksichtigung der Schubverzerrungen, unter Berücksichtigung des Einzelfeldbeulens und bzw. oder des Gesamtfeldbeulens ermittelt werden.

Die Bruttoquerschnittsfläche des längsausgesteiften Blechfeldes A_c ist ohne Berücksichtigung der durch angrenzende Plattenbauteile gestützten Randbleche zu ermitteln. Die Schubverzerrung ist jedoch ggf. zu berücksichtigen.

Die Streckgrenze des Plattenmaterials f_y ist innerhalb eines Bauvorhabens bekannt.

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.

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

In dieser Gleichung werden folgende Werte verwendet.

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

Der Beulwert der orthotropen Platte mit verschmierten Steifen $k_{\sigma,p}$ kann für zweiseitig gestützte, druckbeanspruchte lange Platten entsprechend der Vorgaben aus [1], Tabelle 4.1 bestimmt werden. Dementsprechend wird das Randspannungsverhältnis $\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ benötigt. Hierbei sind σ_2 die kleinere und σ_1 die

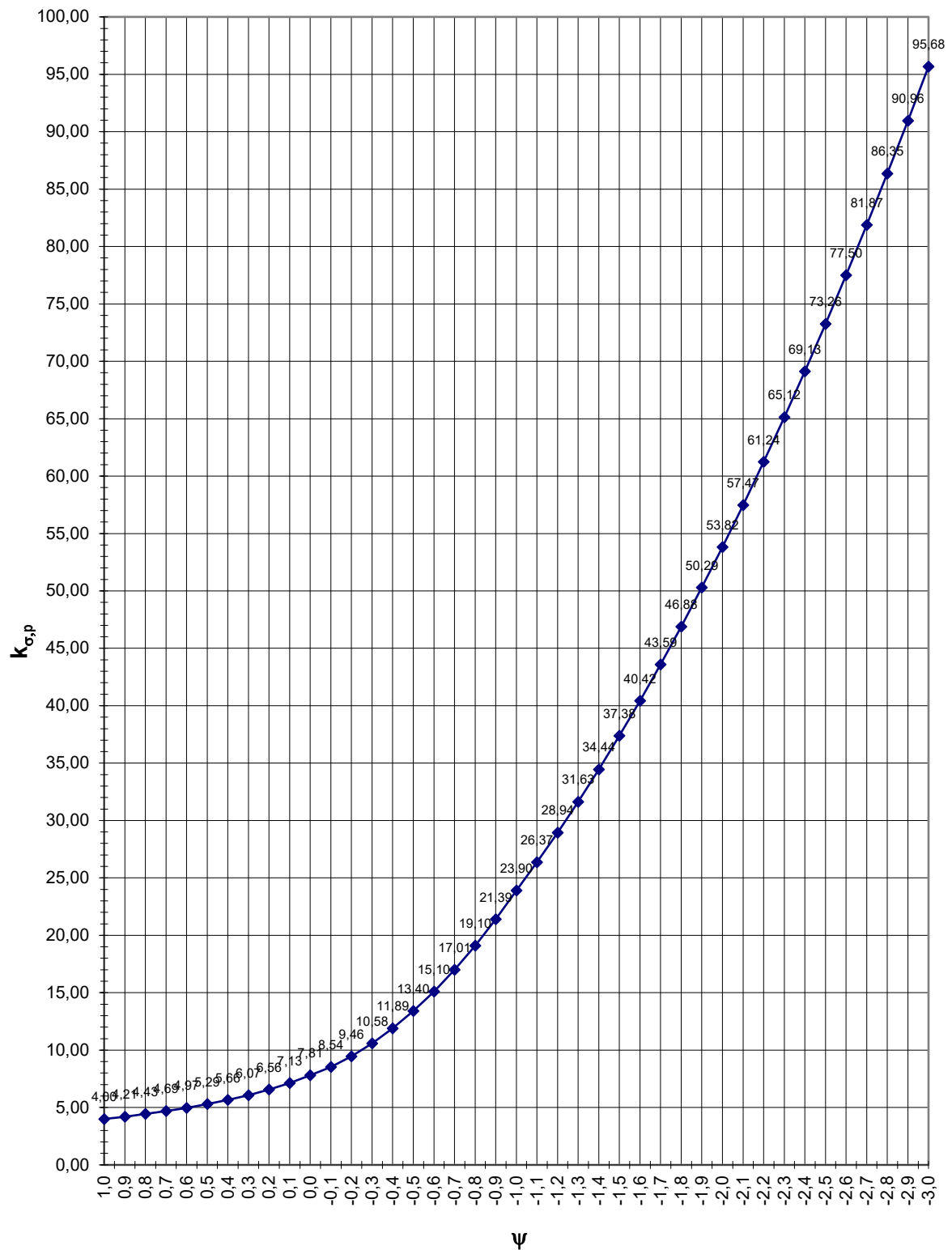
größere Randspannung. Diese Randspannungen sind projektbezogen zu ermitteln und damit ist das Randspannungsverhältnis ψ zu bestimmen.

Innerhalb der zulässigen Grenzen für das Randspannungsverhältnis ψ kann der Beulwert $k_{\sigma,p}$ nach den folgenden Gleichungen bestimmt werden.

- für $\psi = 1,0$ $k_{\sigma,p} = 4,0$
- für $1,0 > \psi > 0$ $k_{\sigma,p} = \frac{8,2}{1,05 + \psi}$
- für $\psi = 0$ $k_{\sigma,p} = 7,81$
- für $0 > \psi > -1,0$ $k_{\sigma,p} = 7,81 - 6,29 * \psi + 9,78 * \psi^2$
- für $\psi = -1,0$ $k_{\sigma,p} = 23,9$
- für $-1,0 > \psi > -3,0$ $k_{\sigma,p} = 5,98 * (1 - \psi)^2$

Eine Auswertung dieser Gleichungen zur Bestimmung des Beulwertes $k_{\sigma,p}$ ergibt den folgenden graphischen Verlauf der Funktion.

Beulwert für zweiseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile



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

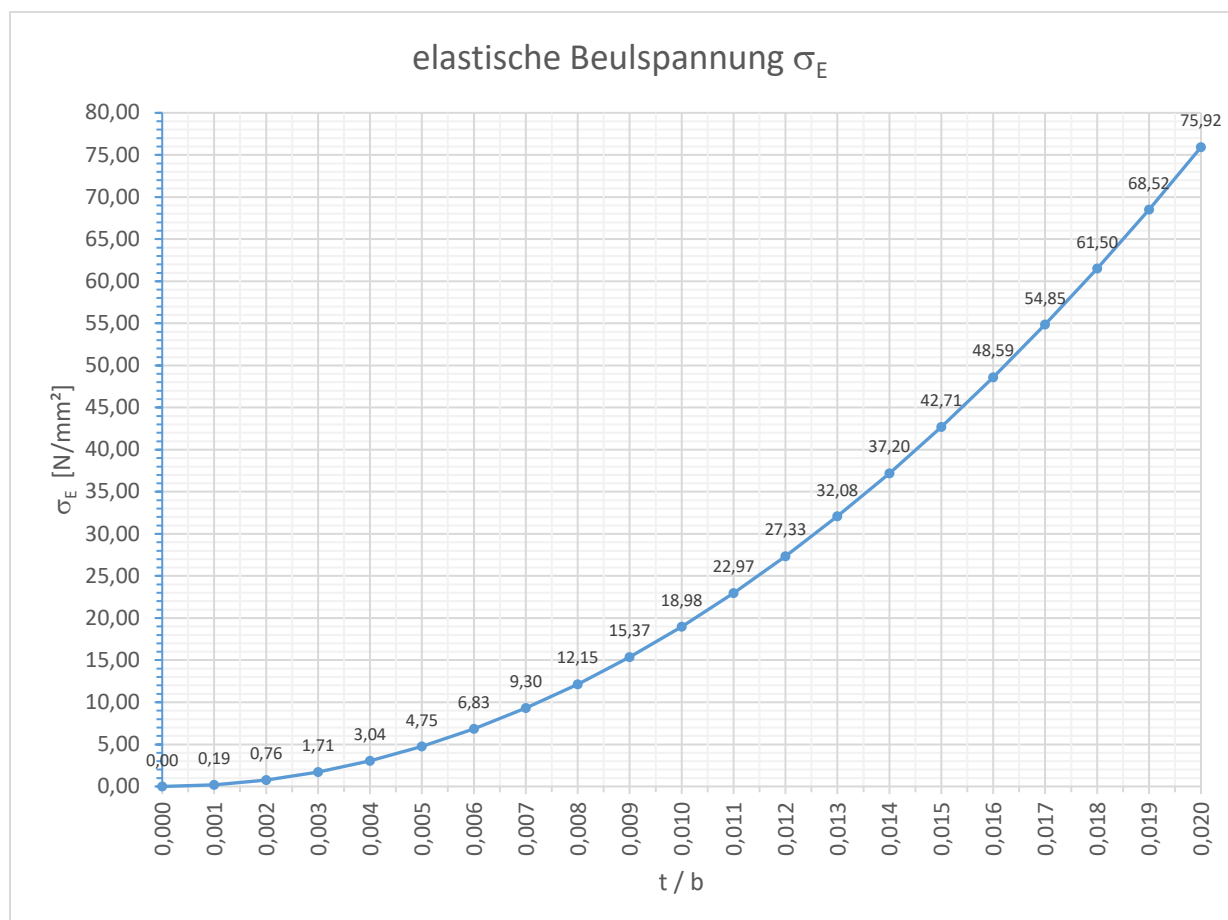
$$\sigma_E = \frac{\pi^2 * E * t^2}{12 * (1 - \nu^2) * b^2} \approx 190000 * \left(\frac{t}{b}\right)^2$$

In dieser Gleichung finden, zusätzlich zu den schon eingeführten, die folgenden Werte Berücksichtigung.

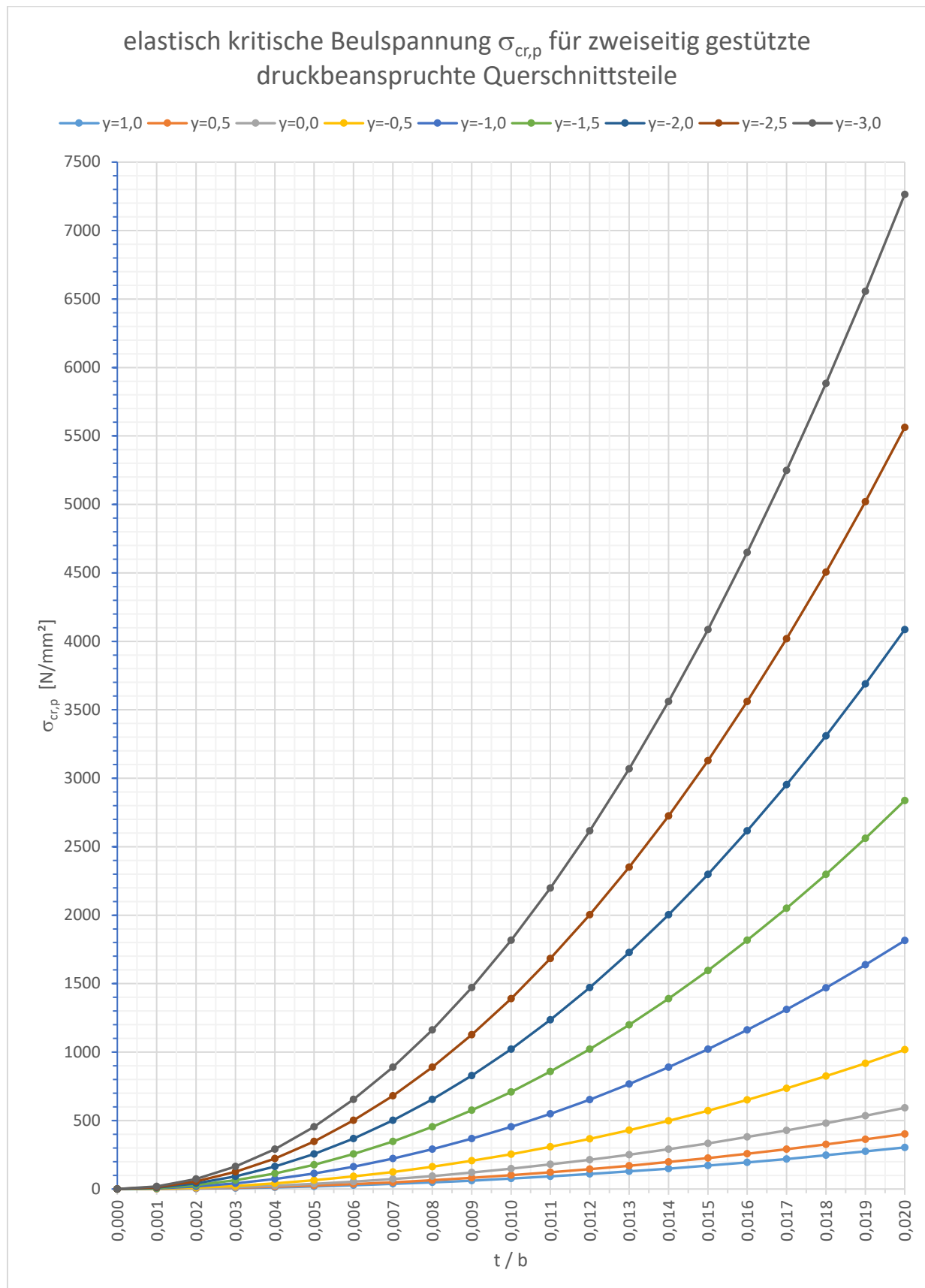
E	Elastizitätsmodul des Stahls
t	Blechdicke
ν	Querdehnzahl des Stahls
b	Breite des Blechfeldes

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.

Nach Auswertung der Gleichung der elastischen Beulspannung σ_E für $0 \leq \frac{t}{b} \leq 0,02$ ergibt sich das folgende Diagramm.



Somit kann die elastische kritische Beulspannung $\sigma_{cr,p}$ berechnet werden. Eine entsprechende Berechnung von $\sigma_{cr,p}$ für $0 \leq \frac{t}{b} \leq 0,02$ und die verschiedenen Randspannungsverhältnisse ψ wurde vorgenommen. Die Ergebnisse sind in dem folgenden Diagramm aufbereitet. Dabei ist zu beachten, dass die Randspannungsverhältnisse ψ im Diagramm mit y bezeichnet werden.



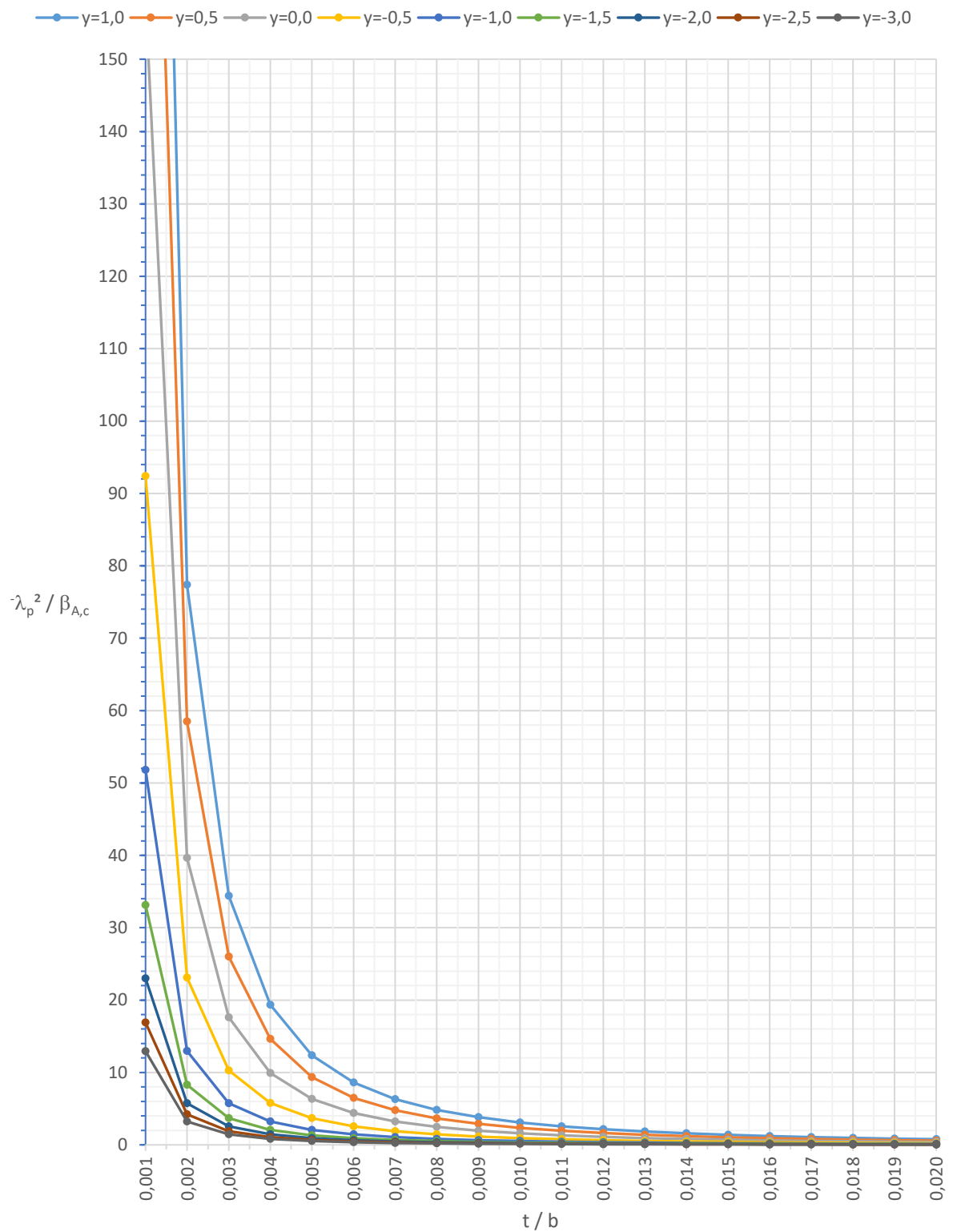
Nun wurden alle erforderlichen Werte angesprochen, um den Schlankheitsgrad einer äquivalenten orthotropen Platte $\bar{\lambda}_p$ zu berechnen. Da jedoch der Faktor zur Berücksichtigung der Querschnittsverhältnisse $\beta_{A,c}$ projektspezifisch ermittelt werden muss, wird die Berechnungsgleichung für $\bar{\lambda}_p$ wie folgt umgestellt.

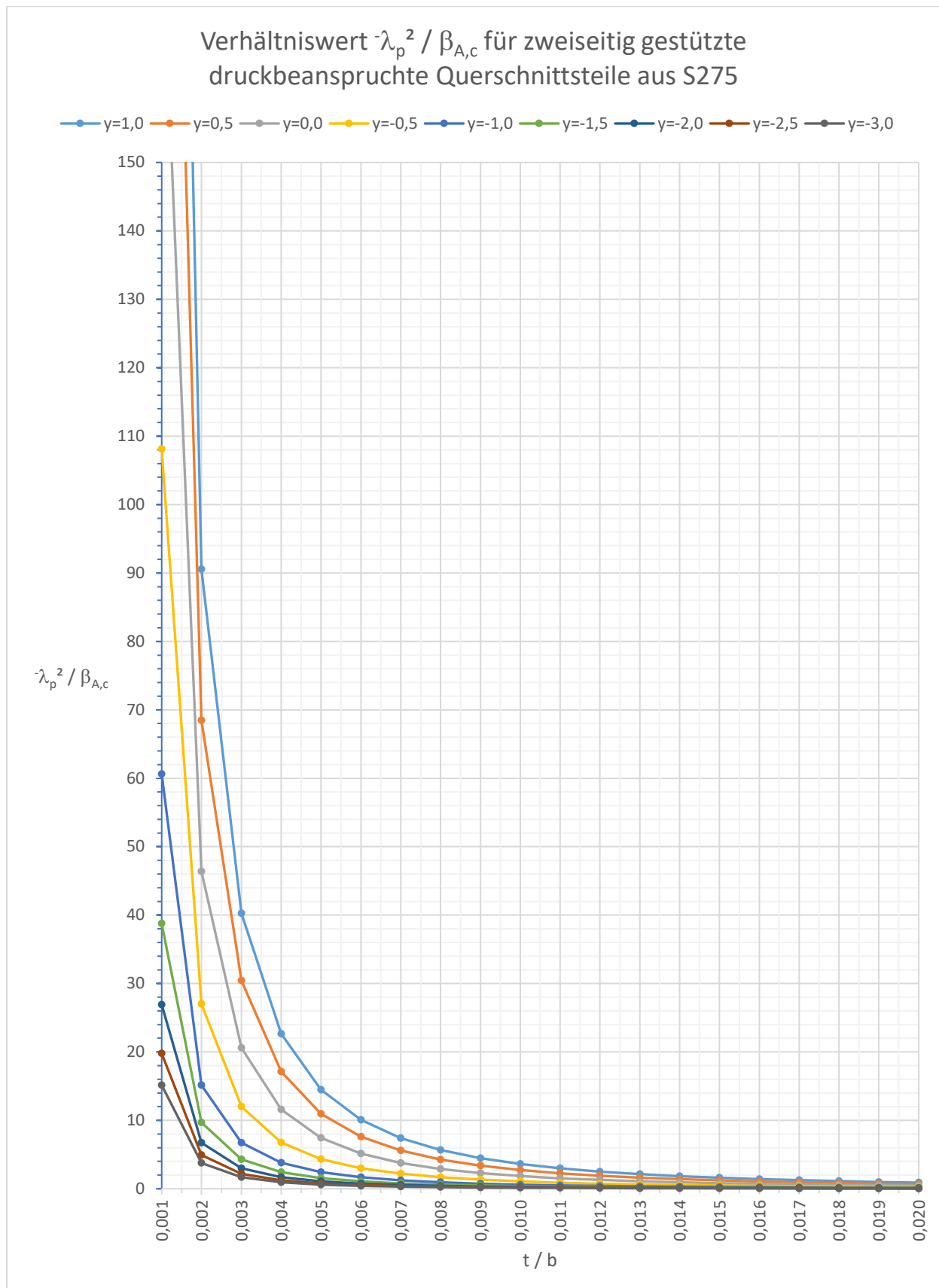
$$\frac{\bar{\lambda}_p^2}{\beta_{A,c}} = \frac{f_y}{\sigma_{cr,p}}$$

Somit können für die in Deutschland normativ erfassten Stahlsorten die entsprechenden Verhältnisse

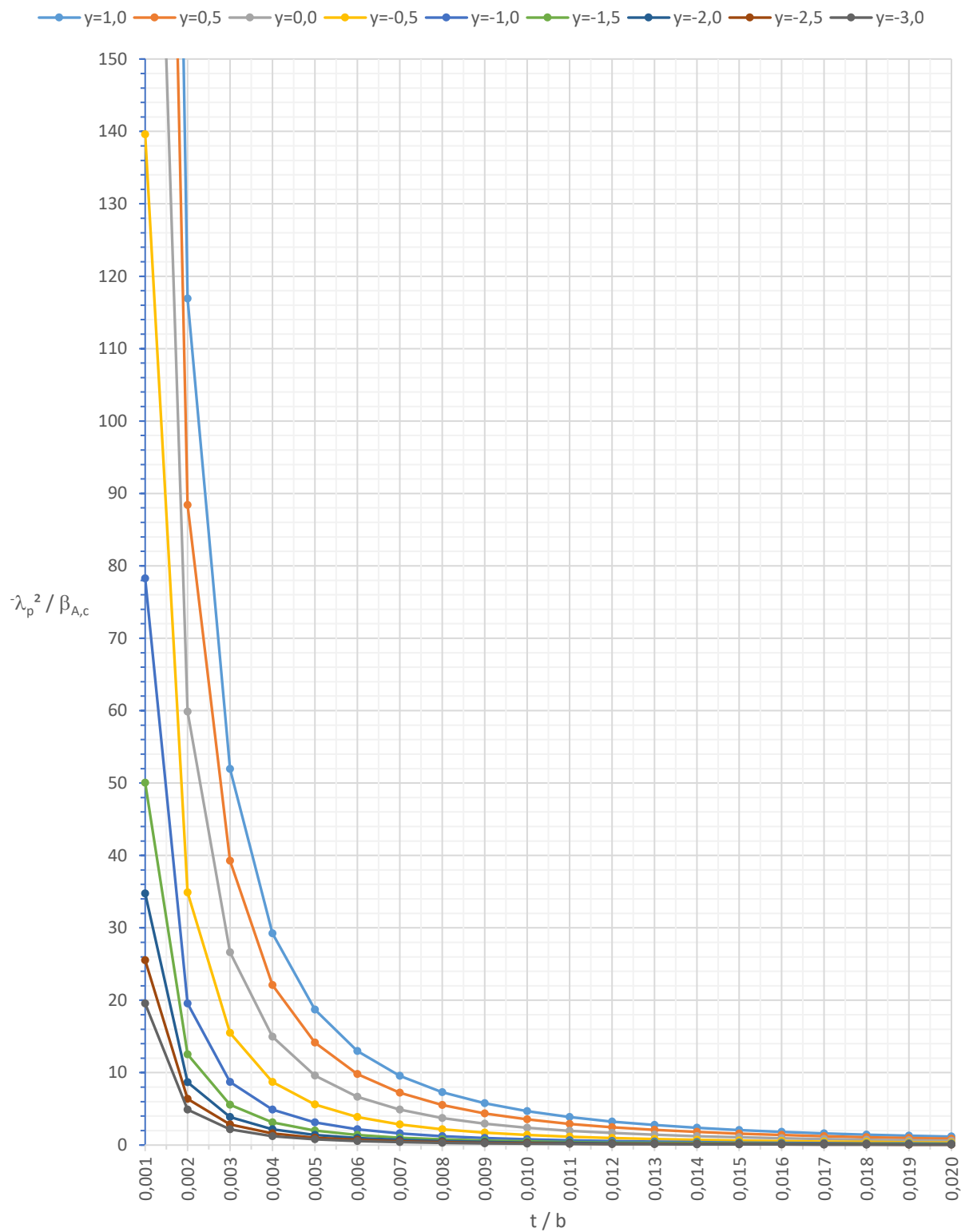
$\frac{\bar{\lambda}_p^2}{\beta_{A,c}}$ für $0 \leq \frac{t}{b} \leq 0,02$ und die verschiedenen Randspannungsverhältnisse ψ ermittelt werden. Die Ergebnisse sind in den folgenden sechs Diagrammen graphisch aufbereitet. Auch hier gilt wieder, dass die Randspannungsverhältnisse ψ im Diagramm mit y bezeichnet werden.

Verhältniswert $\lambda_p^2 / \beta_{A,c}$ für zweiseitig gestützte
druckbeanspruchte Querschnittsteile aus S235

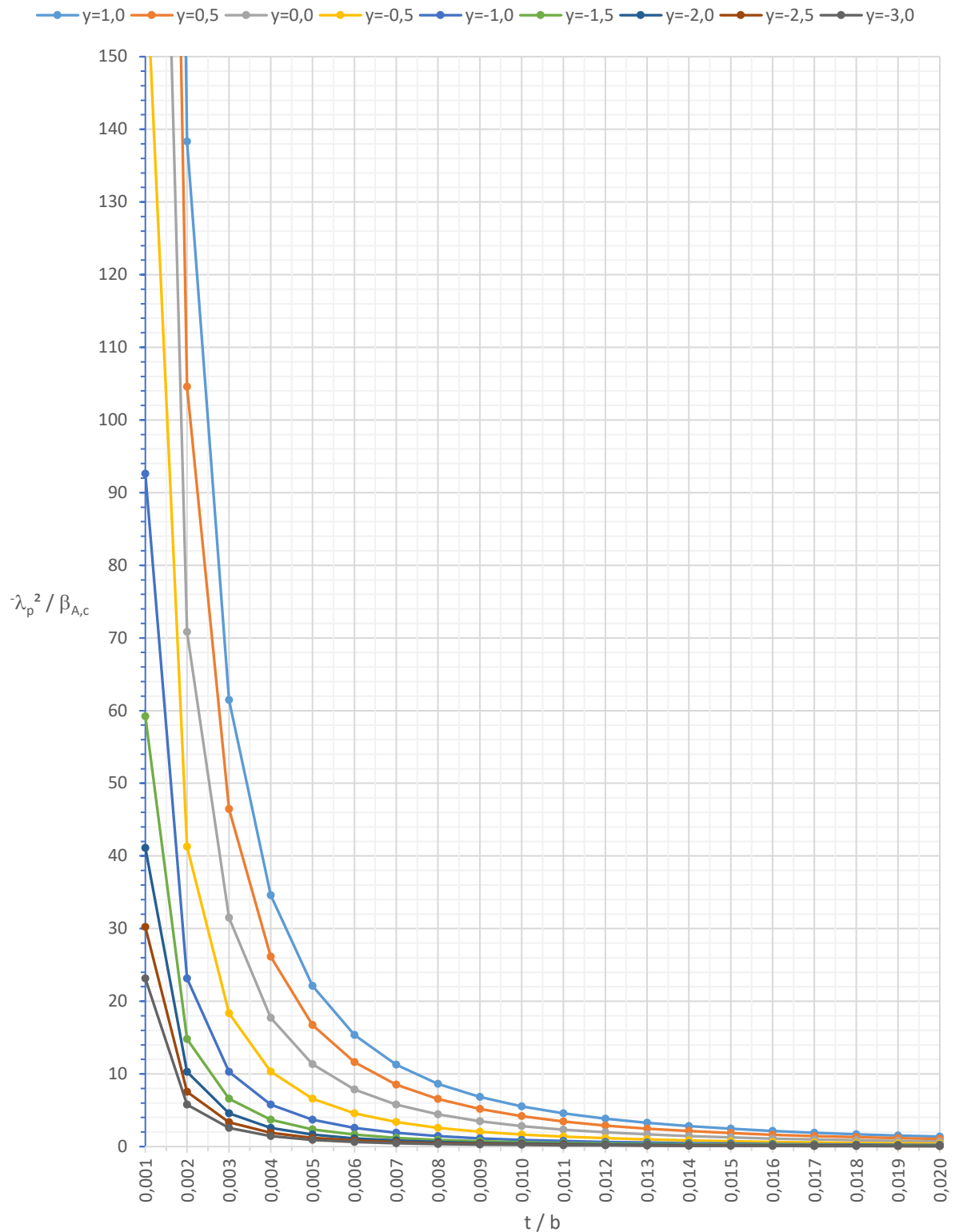




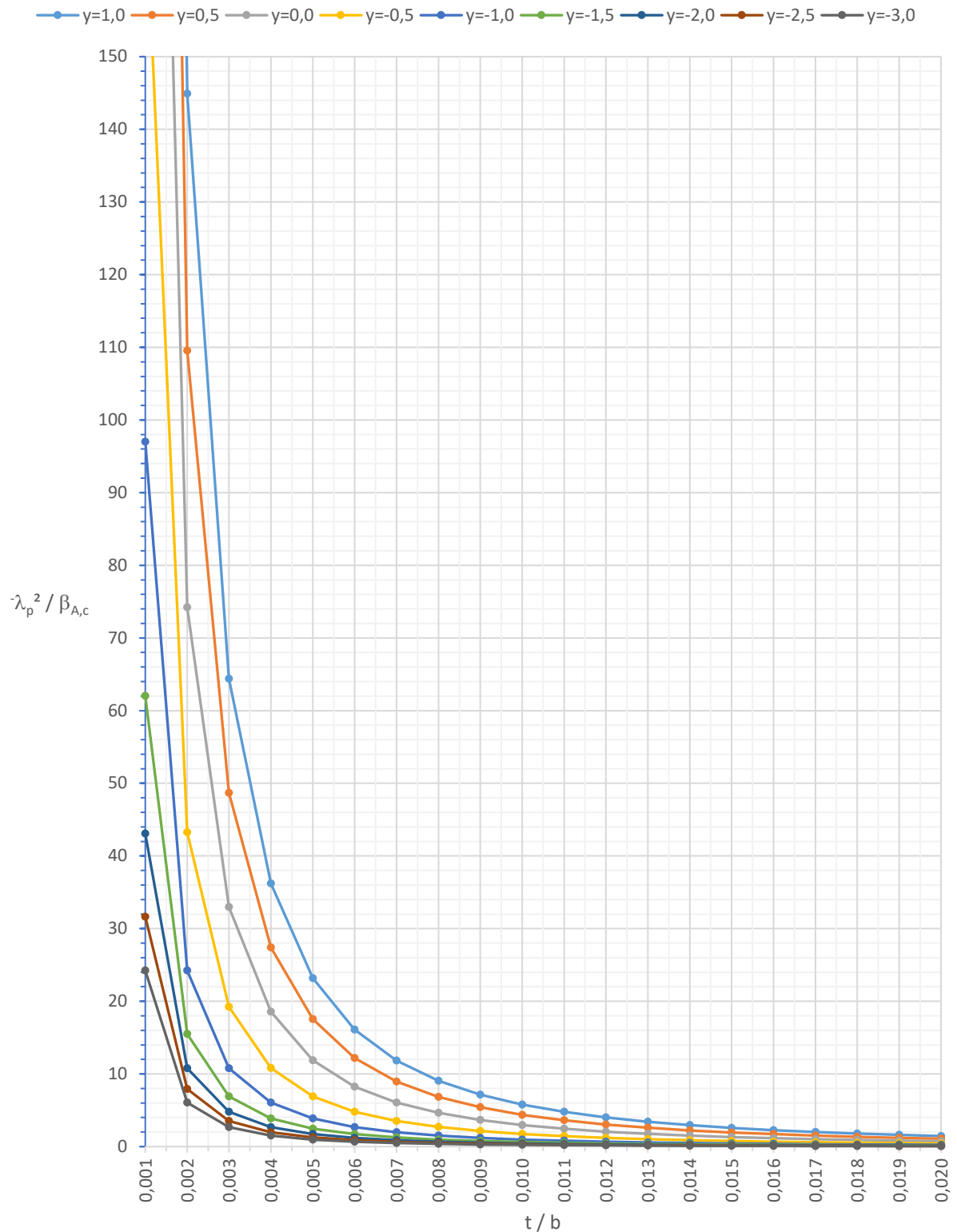
Verhältniswert $\lambda_p^2 / \beta_{A,c}$ für zweiseitig gestützte
 druckbeanspruchte Querschnittsteile aus S355



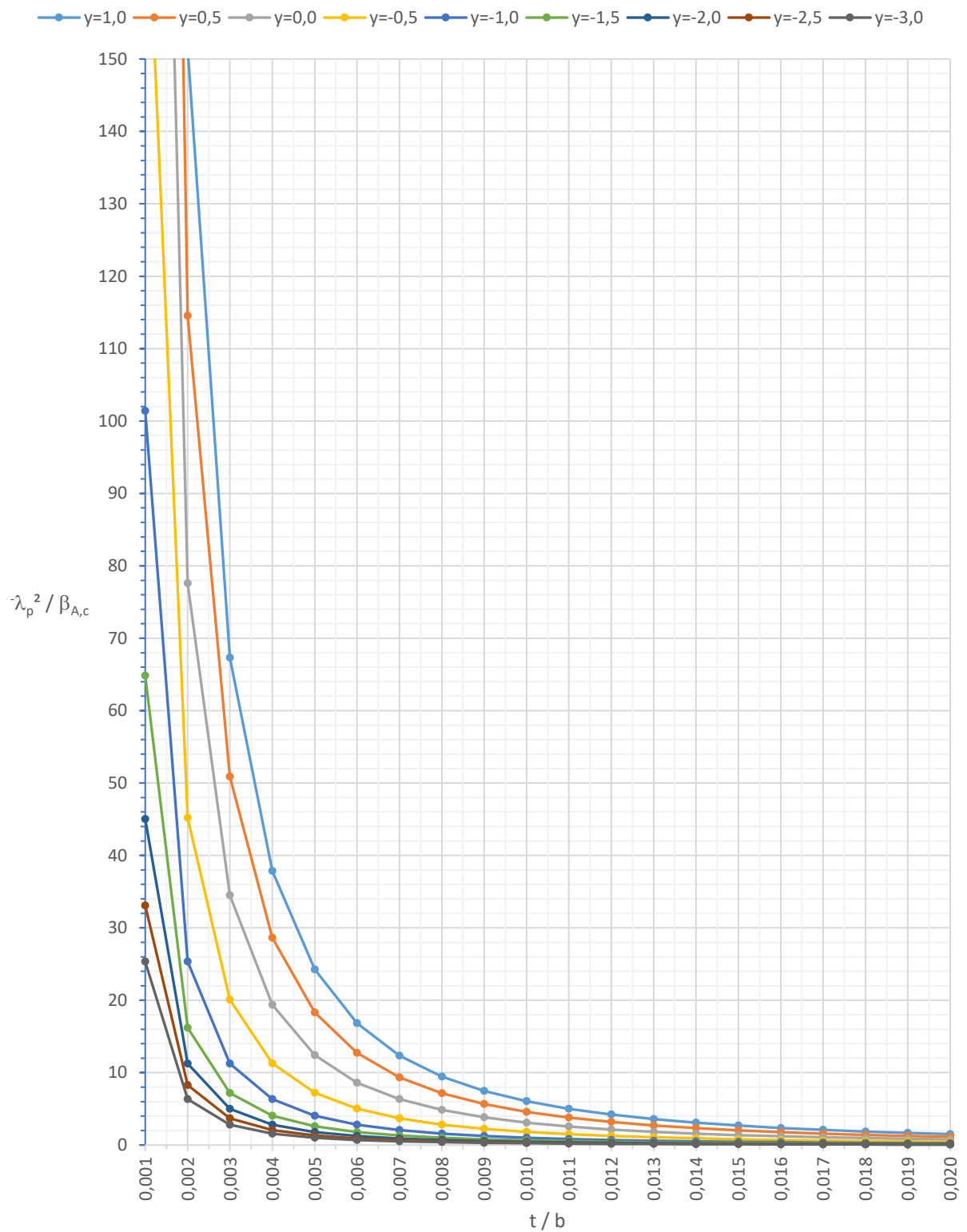
Verhältniswert $\lambda_p^2 / \beta_{A,c}$ für zweiseitig gestützte
druckbeanspruchte Querschnittsteile aus S420



Verhältniswert $\lambda_p^2 / \beta_{A,c}$ für zweiseitig gestützte
druckbeanspruchte Querschnittsteile aus S440



Verhältniswert $\lambda_p^2 / \beta_{A,c}$ für zweiseitig gestützte
druckbeanspruchte Querschnittsteile aus S460



Mit Hilfe dieser Diagramme kann der Verhältniswert $\frac{\lambda_p^2}{\beta_{A,c}}$ schnell bestimmt und die Ermittlung des Schlankheitsgrades einer äquivalenten orthotopen Platte λ_p vereinfacht werden.

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>