Knicken nach DIN 18800 Neu.
–
Das κ-Verfahren.

Dipl.-Ing. Björnstjerne Zindler, M.Sc.

https://www.Zenithpoint.de

Erstellt: 11. Mai 2012 – Letzte Revision: 15. Januar 2023

Inhaltsverzeichnis

Literatur

[001] DIN18800-Ausgabe November 1990.

[Dipa] Dipl.-Ing. Björnstjerne Zindler, M.Sc. Das Omega-Verfahren nach DIN4114.

[Dipb] Dipl.-Ing. Björnstjerne Zindler, M.Sc. Nachweisverfahren nach DIN18800.

---

1 Das Kappa-Verfahren nach DIN 18800 Neu

Aufbauend auf [Dipb] soll ein Profil, beschrieben in [Dipa] auf Biegeknicken mittels des Kappa-Verfahrens nach [001] nachgewiesen werden. Kappa-Verfahren

Das Kappa-Verfahren ist ein Ersatzstabverfahren nach der Methode Elastisch-Plastisch [Dipb].[1]

Grundlage des Nachweises ist die Erfüllung der Bedingung von DIN18800, Teil 2, (§304).

$$\frac{N}{\kappa \cdot N_{pl,d}} \leq 1$$

[1] siehe auch „Nachweisverfahren nach DIN18800“

2 Bemessung

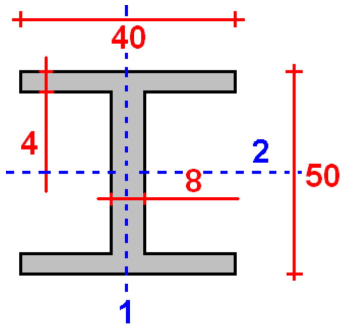
2.1 Ermittlung von $N_{pl,d}$ - Normalkraft im vollplastischen Zustand

Bemessung

Für die Ermittlung von $N_{pl,d}$ steht folgende Berechnungsgrundlage zur Verfügung:

$$N_{pl,d} = \sigma_{R,d} \cdot A = f_{y,d} \cdot A = \frac{f_{y,k}}{\gamma_m} \cdot A$$

Wobei A die Querschnittsfläche des Trägers darstellt, $\sigma_{R,d}$ die Grenznormalspannung[2], $f_{y,k}$ die Streckgrenze des verwendeten Baustahls[3] und γ_m der Sicherheitsbeiwert für Widerstände[4].



$$A = 2 \cdot 40 \cdot 4 + (50 - 2 \cdot 4) \cdot 8 = 656\text{mm}^2$$

$\Rightarrow$

$$N_{pl,d} = \frac{240}{1,1} \cdot 656 = 143,13\text{KN}$$

Bemessung

Die Trägheitsmomente sind berechenbar über:

$$I_1 = (I_{z-z} =)\, 2 \cdot \frac{40^3 \cdot 4}{12} + \frac{8^3 \cdot (50 - 2 \cdot 4)}{12} = 44.459\text{mm}^4 = I_{\min}$$

Und:

$$I_2 = (I_{y-y} =)\, 2 \cdot \frac{40 \cdot 4^3 + 40 \cdot 4 \cdot \left(\frac{50}{2} - \frac{4}{2}\right)}{12} + \frac{8 \cdot (50 - 2 \cdot 4)^3}{12} = 50.432\text{mm}^4 = I_{\max}$$

Der dazugehörige Trägheitsradius beträgt:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{44.459}{2 \cdot 40 \cdot 4 + (50 - 2 \cdot 4) \cdot 8}} = 8,23\text{mm}$$

Für den angenommenen Knickfall 2 nach Euler (gelenkig, gelenkig) ergibt sich eine Knicklänge s_k aus der gewählten Stablänge $l = 500$mm von:

$$s_k = \frac{l}{1} = \frac{500}{1} = 500\text{mm}$$

Die Schlankheit λ kann berechnet werden:

$$\lambda = (\lambda_K =)\, \frac{s_k}{i_{\min}} = \frac{500}{8,23} = 60,75$$

[2] nach DIN18800, Teil 1, (§746)
[3] nach DIN18800, Teil 1, Tabelle 1
[4] nach DIN18800, Teil 1, (§720)

2.2 Ermittlung von κ - Voraussetzungen

Zur Ermittlung von κ sind mehrere Schritte notwendig mit der Ermittlung weiterer Beiwerte.

2.2.1 Der bezogene Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_K$

Nach DIN18800, Teil 2, (§110) gilt für $\bar{\lambda}_K$:

$$\bar{\lambda}_K = \frac{\lambda_K}{\lambda_a}$$

Der Wert von λ_K ist bekannt:

$$\lambda_K = 60,75$$

Für den Wert von λ_a, dem Bezugsschlankheitsgrad steht[5] eine Berechnungsgrundlage zur Verfügung:

$$\lambda_a = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,k}}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210.000}{240}} = 92,93$$

Mit E dem Elastizitätsmodul[6]. Damit ist $\bar{\lambda}_K$ ermittelt.

$$\bar{\lambda}_K = \frac{60,75}{92,93} = 0,654 > 0,2$$

Da $\bar{\lambda}_K > 0,2$ gilt, ist der Parameter α notwendig[7], sowie die Hilfskonstante k[8].

[5] nach DIN18800, Teil 2, (§110)
[6] nach DIN18800, Teil 1, Tabelle 1
[7] nach DIN18800, Teil 2, Tabelle 4
[8] nach DIN18800, Teil 2, (Gl. 4b)

2.2.2 Der Parameter α

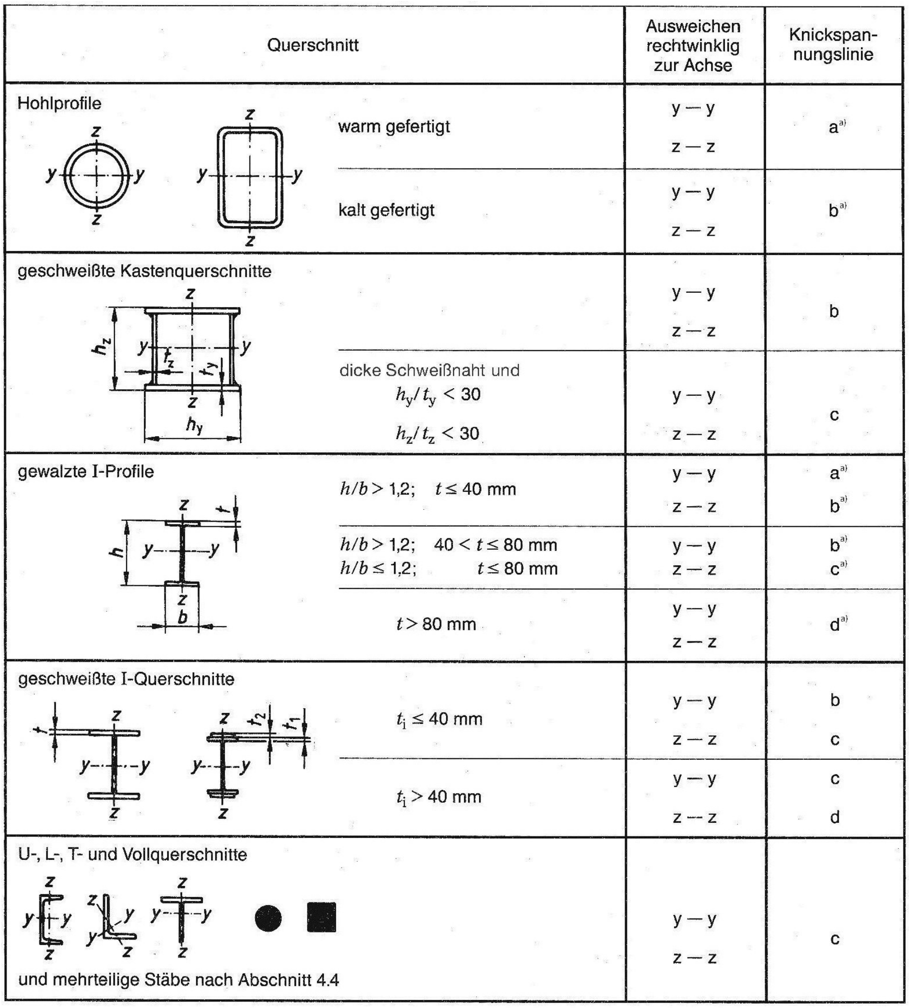
Für den Parameter α werden einige Querschnittsdaten benötigt[9]:

$$\frac{h}{b} = \frac{50}{40} = 1,25 > 1,2$$

Und:

$$t = 4 \leq 40$$

Mit einer weichen Achse um $z - z$ entspricht das[10] der Knickspannungskennlinie b.



Querschnitt		Ausweichen rechtwinklig zur Achse	Knickspannungslinie
Hohlprofile	warm gefertigt	y — y z — z	a[a)]
	kalt gefertigt	y — y z — z	b[a)]
geschweißte Kastenquerschnitte		y — y z — z	b
	dicke Schweißnaht und $h_y/t_y < 30$ $h_z/t_z < 30$	y — y z — z	c
gewalzte I-Profile	$h/b > 1{,}2$; $t \leq 40$ mm	y — y z — z	a[a)] b[a)]
	$h/b > 1{,}2$; $40 < t \leq 80$ mm $h/b \leq 1{,}2$; $t \leq 80$ mm	y — y z — z	b[a)] c[a)]
	$t > 80$ mm	y — y z — z	d[a)]
geschweißte I-Querschnitte	$t_i \leq 40$ mm	y — y z — z	b c
	$t_i > 40$ mm	y — y z — z	c d
U-, L-, T- und Vollquerschnitte und mehrteilige Stäbe nach Abschnitt 4.4		y — y z — z	c

Zuordnung der Querschnitte zu den Knickspannungslinien

Nach DIN18800, Teil 2, Tabelle 4 ist der Parameter α festgelegt.

Knickspannungslinie	a_0	a	b	c	d
α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Parameter α zur Berechnung des Abminderungsfaktors κ.

$\Rightarrow$

$$\alpha = 0,34$$

[9] entnommen [Dipa]

[10] nach DIN18800, Teil 2, Tabelle 5

2.2.3 Die Hilfskonstante k

Jetzt ist[11] die Hilfskonstante k ermittelbar.[12]

$$k = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda}_K - 0,2\right) + \bar{\lambda}_K^2\right] = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + 0,34 \cdot (0,654 - 0,2) + 0,654^2\right] = 0,791$$

[11] aus DIN18800, Teil 2, (Gl. 4b)

[12] Die Hilfskonstante k ist eine nach unten geöffnete Parabel mit dem Scheitelpunkt:

$$P_S\left(\frac{\alpha}{2}, \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{5} + \frac{\alpha^2}{4}\right)\right)$$

Zwei markante Punkte sind bekannt.

$$k\left(\bar{\lambda}_K, \alpha\right) = \frac{5-\alpha}{10} + \frac{\alpha}{2} \cdot \bar{\lambda}_K + \frac{1}{2} \cdot \bar{\lambda}_K^2$$

$\Rightarrow$

$$k\left(0, \alpha\right) = \frac{5-\alpha}{10}$$

Sowie:

$$0 = \frac{5-\alpha}{10} + \frac{\alpha}{2} \cdot \bar{\lambda}_K + \frac{1}{2} \cdot \bar{\lambda}_K^2$$

$\Rightarrow$

$$\alpha = 5 \cdot \frac{\bar{\lambda}_K^2 - 1}{5 \cdot \bar{\lambda}_K - 1} \qquad \bar{\lambda}_K = \frac{\alpha}{2} \pm \frac{1}{10} \cdot \sqrt{25 \cdot \alpha^2 - 20 \cdot \alpha + 100}$$

Für $\alpha = 0$:

$$\bar{\lambda}_K = 1$$

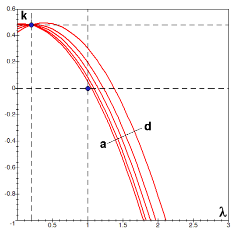
Für $\bar{\lambda}_K = 0$:

$$\alpha = 5$$

Eine Singularität existiert bei $\bar{\lambda}_K = \frac{1}{5}$.

$$k\left(\frac{1}{5}, \alpha\right) = \frac{12}{25}$$

Grafisch dargestellt:

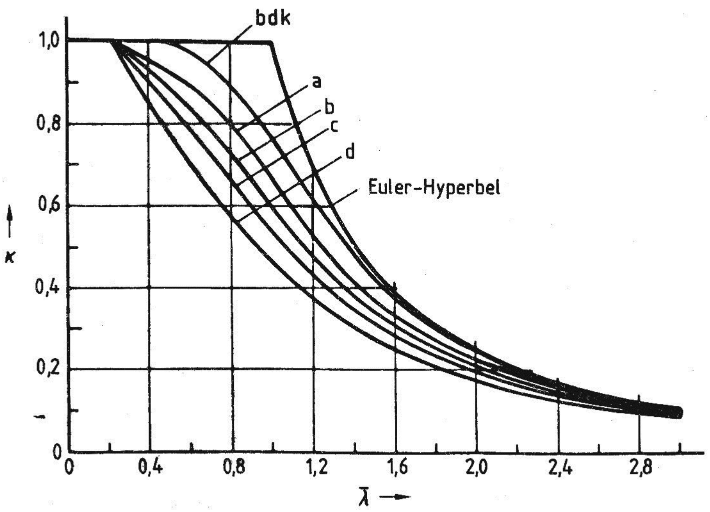


2.3 Ermittlung von κ - Berechnung

Nun steht der Berechnung des Wertes κ nichts mehr im Wege.

$$\kappa = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \bar{\lambda}_K^2}} = \frac{1}{0,791 + \sqrt{0,791^2 - 0,654^2}} = 0,81$$

Eine grafische Kontrolle ist möglich[13].[14]



Abminderungsfaktoren κ für Biegeknicken
(Knickspannungslinien a, b, c, d)
und κ_M für Biegedrillknicken (bdk) mit $n = 2,5$.

[13] über DIN18800, Teil 2, Bild 10

[14] Die Berechnungsgrundlagen von κ lassen sich zusammenfassen.

$$\kappa\left(\bar{\lambda}_K, \alpha\right) = \frac{2}{\bar{\lambda}_K^2 + \alpha \cdot \lambda_K + \frac{5-\alpha}{5} + \sqrt{\left(\bar{\lambda}_K^2 + \alpha \cdot \lambda_K + \frac{5-\alpha}{5}\right)^2 - 4 \cdot \bar{\lambda}_K^2}}$$

Diese Funktion besitzt folgende Eigenschaften.

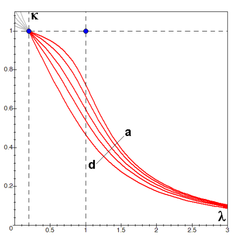
$$\kappa\left(0, \alpha\right) = \frac{10}{10 - 2 \cdot \alpha} \qquad \kappa\left(+\infty, \alpha\right) = 0$$

$$\kappa\left(\bar{\lambda}_K, 0\right) = \bar{\lambda}_K^{-2} \propto \lambda_K^{-2} \propto \lambda_a^2 \qquad \kappa\left(\bar{\lambda}_K, +\infty\right) = 0$$

Eine Singularität existiert bei $\bar{\lambda}_K = \frac{1}{5}$.

$$\kappa\left(\frac{1}{5}, \alpha\right) = 1$$

Grafisch dargestellt.



3 Nachweis

Aus [Dipa] ist die einwirkende Kraft gegeben mit $N = 120$KN. Nachweis

$$\frac{120}{0,81 \cdot 143,13} = 1,04 \approx 1$$

Damit ist der Nachweis erfüllt. Der Knickstab ist voll ausgelastet.

4 Anhang

Anhang

4.1 Anhang a: Die Knickspannungslinien nach DIN 18800 Neu

$\bar{\lambda}_k$	χ für Knickspannungslinie			
	a	**b**	**c**	**d**
0,2	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,953	0,926	0,897	0,850
0,6	0,890	0,837	0,785	0,710
0,8	0,796	0,724	0,662	0,580
1,0	0,666	0,597	0,540	0,467
1,2	0,530	0,478	0,434	0,376
1,4	0,418	0,382	0,349	0,306
1,6	0,333	0,308	0,284	0,251
1,8	0,270	0,252	0,235	0,209
2,0	0,223	0,209	0,196	0,177
2,2	0,187	0,176	0,166	0,151
2,4	0,159	0,151	0,142	0,130
2,6	0,136	0,130	0,123	0,113
2,8	0,118	0,113	0,108	0,100
3,0	0,104	0,099	0,095	0,088

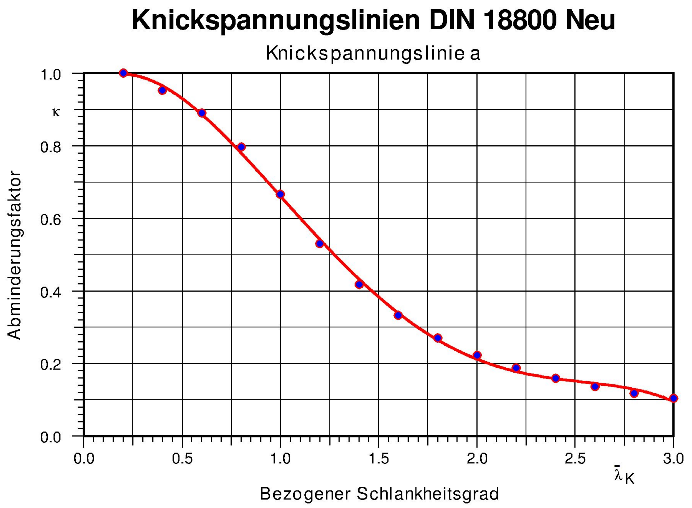
Abminderungsfaktoren χ der Europäischen Knickspannungslinien

4.2 Anhang b: Die Regressionspolynome der Knickspannungslinien DIN 18800 Neu

- **Knickspannungslinie a**

$$\kappa_a \approx 0,9635 + \frac{\overline{\lambda}_K}{2,6685} - \frac{\overline{\lambda}_K^2}{0,9418^2} + \frac{\overline{\lambda}_K^3}{1,2402^3} - \frac{\overline{\lambda}_K^4}{1,9170^4}$$

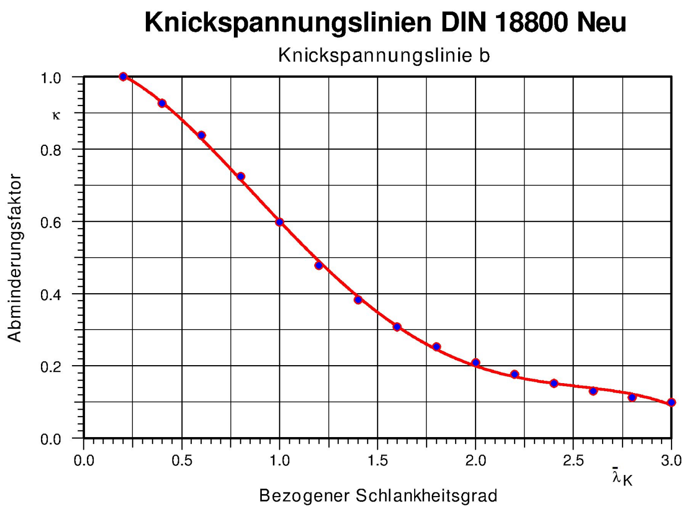
$\Rightarrow$



- **Knickspannungslinie b**

$$\kappa_b \approx 1,0364 - \frac{\overline{\lambda}_K}{25,0772} - \frac{\overline{\lambda}_K^2}{1,1827^2} + \frac{\overline{\lambda}_K^3}{1,3895^3} - \frac{\overline{\lambda}_K^4}{2,0641^4}$$

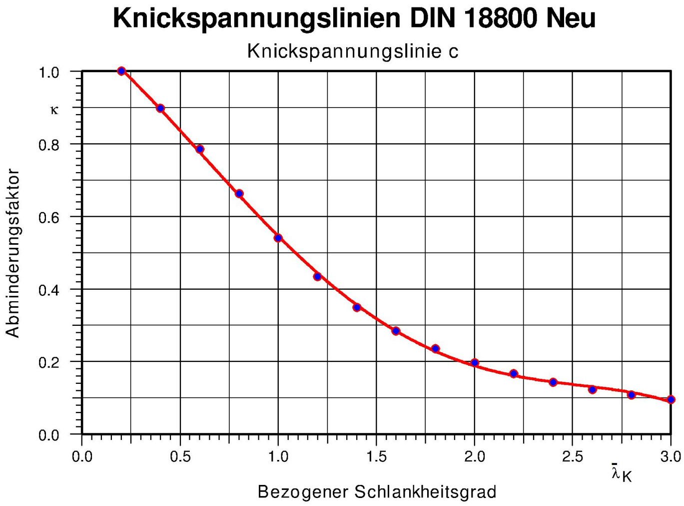
$\Rightarrow$



- **Knickspannungslinie c**

$$\kappa_c \approx 1,0989 - \frac{\overline{\lambda}_K}{2,4341} - \frac{\overline{\lambda}_K^2}{1,7233^2} + \frac{\overline{\lambda}_K^3}{1,6303^3} - \frac{\overline{\lambda}_K^4}{2,2837^4}$$

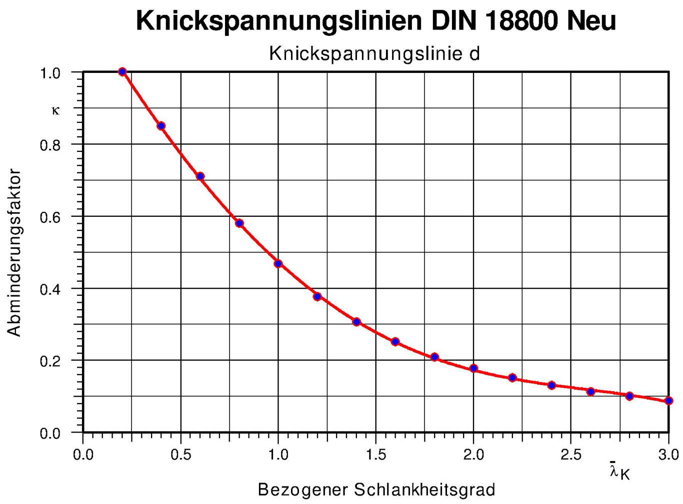
$\Rightarrow$



- **Knickspannungslinie d**

$$\kappa_d \approx 1,1789 - \frac{\overline{\lambda}_K}{1,0995} + \frac{\overline{\lambda}_K^2}{2,3558^2} + \frac{\overline{\lambda}_K^3}{3,1041^3} - \frac{\overline{\lambda}_K^4}{3,0883^4}$$

$\Rightarrow$



Für $\overline{\lambda}_K \to 3$ treten größere Abweichungen auf!

$\LaTeX\,2_\varepsilon$