

Beispiel 1

Einachsige Biegung mit Druck

Kragstütze mit aufgesetztem Koppelträger

Aufgabenstellung

Anhand der in Bild 1.1 dargestellten Stütze wird die Beanspruchung „Einachsige Biegung mit Druck“ untersucht. Hierbei soll gezeigt werden, dass für die Analyse dieses ebenen Beanspruchungsfalls auch die einfachste Variante der Theorie II. Ordnung ausreicht. Weiteres s. Kurzkommentar am Ende dieses Beispiels.

Zu ermitteln sind die Kraft-Verformungskurve für die seitliche Verschiebung w_2 des Zwischengelenks, ferner einige weitere statische Größen (s. Tab. 1.2).

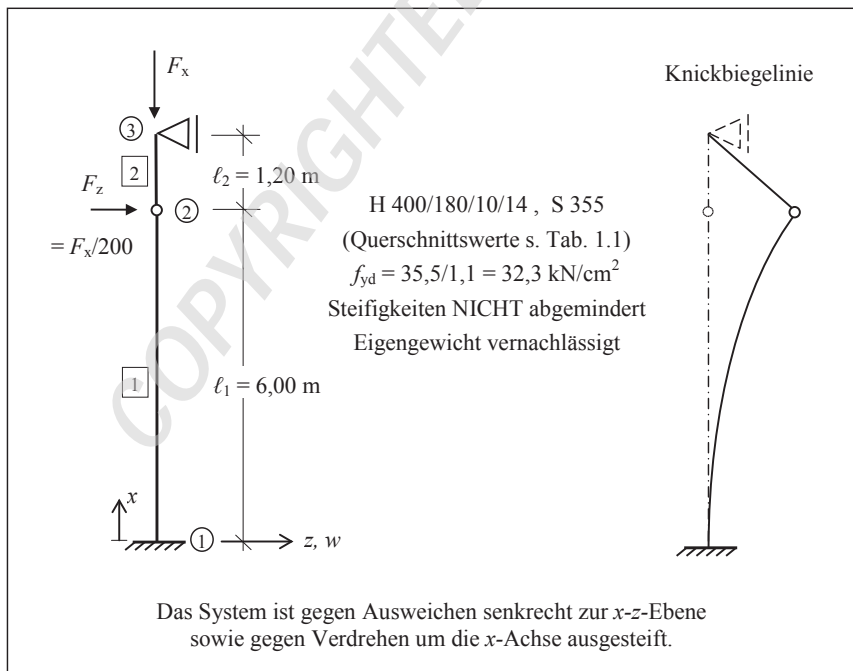


Bild 1.1 System und Belastung; Knickbiegeline

Ergebnisse

Die Zahlenwerte einiger statischer Größen sind in Tab. 1.2 zusammengestellt. Die Abweichungen der Th.II.O. (Tab. 1.2, Sp. 5) sind unter baupraktischen Aspekten vernachlässigbar gering.

Die Kraft-Verschiebungskurve für das Zwischengelenk zeigt Bild 1.2. Die Kurven nach der exakten Berechnung und nach Th.II.O. sind fast deckungsgleich. Für $F_x = 620$, $F_z = 3,1$ kN (markierter Punkt auf der Kurve) ist die plastische Tragfähigkeit des Querschnitts erreicht (M_y - N -Interaktion an der Einspannung).

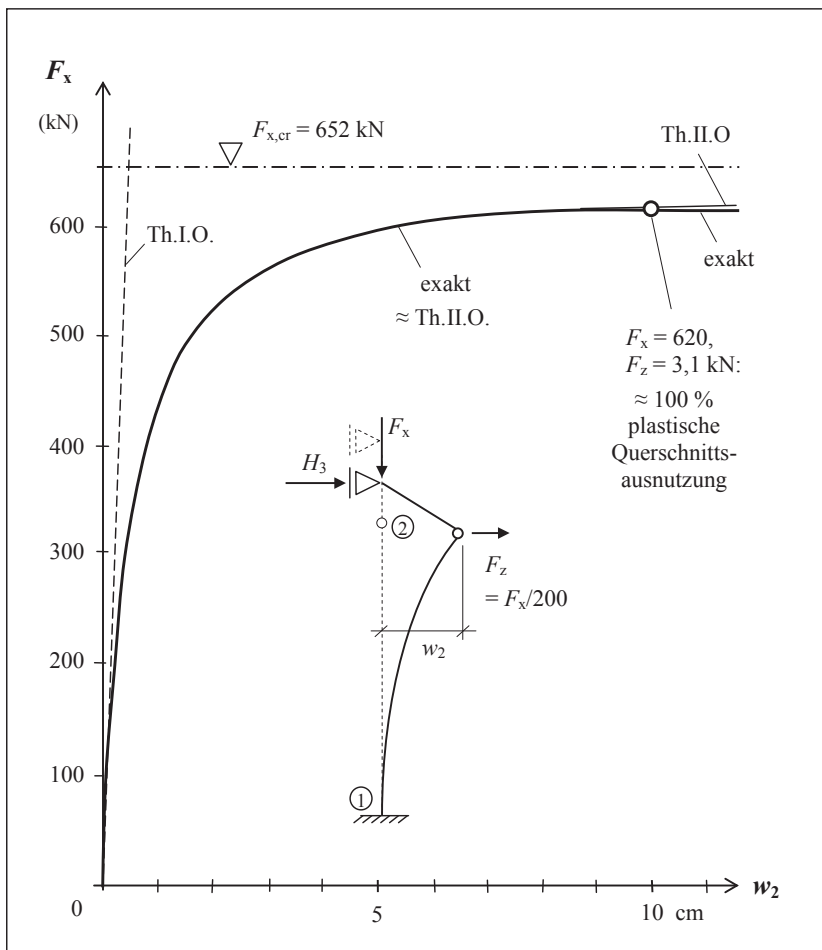


Bild 1.2 Kraft-Verformungskurve für das Zwischengelenk

Tab. 1.2 Statische Größen; Fehler der Th.II.O.

			1	2	3	4	5
	F_x / F_z	Theorie	w_2	M_{y1}	φ_{y2} (Stab 2)	H_3 (Stab 2)	Fehler ²⁾ (Th.II.O.)
	(kN)		(cm)	(kNm)	(mrad)	(kN)	
a	100 / 0,50	Th.I.O.	0,0743	-3,00	0,619	0	
1		exakt ≈ Th.II.O. ¹⁾	0,0878	-3,53	0,731	0,0731	≈ 0 %
b							
2			500 / 2,50	1,60	-63,0	13,3	
3	550 / 2,75		2,63	-103	21,9	12,0	
a	600 / 3,00	exakt	5,73	-224	47,7	28,6	≈ -1 %
4		Th.II.O. ¹⁾	5,67	-222	47,2	28,3	
a	610 / 3,05	exakt	7,31	-286	61,0	37,2	≈ -2 %
5		Th.II.O. ¹⁾	7,15	-280	59,5	36,3	
a	620 / 3,10	exakt	10,2	-397	84,7	52,5	≈ -6 %
6		Th.II.O. ¹⁾	9,58	-375	79,7	49,4	
1) Alle Versionen der Th.II.O. (s. Tab. II/2.4)							
2) Wahrer relativer Fehler							

Baustatische Relevanz

Die Sicherheit gegen BK in der hier untersuchten Beanspruchungsebene ist für den auf der Kurve markierten Punkt ($F_x = 620$, $F_z = 3,1$ kN) gegeben, jedoch mit $\alpha_{cr} = 1,05$ sehr gering. Für das Gebrauchslastniveau ($F_x \approx 400$ bis 460 kN) liegt die maximale Durchbiegung mit $w_2 < 1,2$ cm in der Größenordnung von $\ell_1/500$. Die baupraktische Relevanz ist somit gegeben (einschränkende Anmerkung s. nachfolgender Kurzkomentar).

Kurzkomentar

An diesem Beispiel wird gezeigt, dass auch die einfachste der Varianten der Theorie II. Ordnung, die Th.II.O.-1 (s. Tab. II/2.4, Z. 1) in der Regel ausreicht, wenn *ausschließlich* eine ebene Beanspruchung (einachsige Biegung ohne oder mit Druck) vorliegt (Ausnahme: durchschlaggefährdete Systeme; s. Beispiel 2).

Um diese Erkenntnis möglichst allgemeingültig zu untermauern, wurde das besonders empfindliche System mit aufgesetzter kurzer Koppelstütze gewählt. Ferner wurde die horizontale „Störlast“ mit $F_z = F_x/200$ gegenüber den z. B. gemäß den Stahlbaunormen zu berücksichtigenden Ersatzlasten sehr gering angesetzt, um mit der Kraft-Verschiebungskurve möglichst dicht an die horizontale Asymptote ($F_{z,cr} = 652 \text{ kN}$) der Th.II.O. heranzukommen. Selbst unter diesen ungünstigen Umständen steigen die Fehler der Th.II.O. nicht über 6 %, sind also unproblematisch. Allerdings ist anzumerken, dass die Ergebnisse der Th.II.O. – anders als in Bild II/2.5a – auf der unsicheren Seite liegen. Dies hängt mit dem komplexen Verhalten des vorliegenden Systems bei sehr großen Verformungen zusammen; Genaueres hierzu s. [48].