

# Über Kipperscheinungen

Autor(en): **Stüssi, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2849>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Über Kipperscheinungen.

Sur les phénomènes de déversement.

The Phenomena of Buckling.

Privatdozent Dr. F. Stüssi,  
Beratender Ingenieur, Zürich.

Während über die Stabilitätsprobleme des Knickens und Ausbeulens heute umfangreiche Untersuchungen vorliegen, ist die Theorie der Kipperscheinungen, zu Unrecht, eher vernachlässigt worden. Man hat sich in der Konstruktionspraxis bis heute über den Mangel an einfachen Bemessungsregeln bei der Stabilitätsuntersuchung von auf Biegung beanspruchten Trägern meistens dadurch hinweggeholfen, daß man den gedrückten Flansch als von den übrigen Trägerteilen losgelösten Knickstab aufgefaßt hat. Im folgenden soll der Zusammenhang dieser Auffassung mit der vollständigen Lösung der Kippaufgabe bei Trägern mit I-Querschnitt<sup>1</sup> gezeigt werden. Ich wähle dazu als Beispiel den einfachsten Fall eines durch ein konstantes Biegemoment belasteten einfachen Balkens mit konstantem I-Querschnitt. Wenn wir die Flanschbiegung zunächst unberücksichtigt lassen, d. h. das Kippmoment wie für einen Balken mit Rechteckquerschnitt bestimmen, so erhalten wir den Wert

$$M_{0, kr} = \pi \cdot \frac{\sqrt{B_2 \cdot C}}{l}, \quad (1)$$

wobei  $B_2 = EJ_y$  die seitliche Biegesteifigkeit und  $C = GJ_d$  die Verdrehungssteifigkeit bedeuten. Der in der Regel unbedeutende Einfluß der lotrechten Durchbiegung sei vernachlässigt.

Betrachten wir nun den losgelösten Druckflansch, so stellt das Produkt seiner Eulerschen Knicklast  $P_E$  mit dem Flanschabstand  $h$  das kritische Moment des Trägers nach der erwähnten üblichen Auffassung dar:

$$M_{Fl, kr} = P_E \cdot h = \frac{\pi^2 \cdot B_2 \cdot h}{2l^2}, \quad (2)$$

da ja die Biegesteifigkeit eines Flansches der halben seitlichen Biegesteifigkeit des Trägers gleichgesetzt werden kann.

<sup>1</sup> S. Timoshenko: Sur la Stabilité des Systèmes élastiques. Annales des Ponts et Chaussées 1913. — S. Timoshenko: Stability of plate girders subjected to bending. Vorbericht zum Pariser Kongreß 1932 der I.V.B.H. — F. Stüssi: Die Stabilität des auf Biegung beanspruchten Trägers. Abhandlungen der I.V.B.H., 3. Bd. 1935. — F. Stüssi: Exzentrisches Kippen. Schweizerische Bauzeitung, Bd. 105, 1935.

Das Kippmoment des I-Trägers beträgt nach *Timoshenko*:

$$M_{kr} = \pi \frac{\sqrt{B_2 \cdot C}}{l} \cdot \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{a^2}} \quad (3)$$

wobei die Abkürzung  $a^2$  die Bedeutung

$$a^2 = \frac{4 C l^2}{B_2 h^2}$$

besitzt. Führen wir nun den Wert dieser Abkürzung in Gl. (3) ein, so finden wir den durch ein rechtwinkliges Dreieck (Fig. 1) dargestellten einfachen Zusammenhang zwischen den drei betrachteten Werten des Kippmomentes:

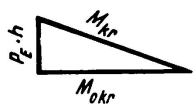


Fig. 1. 
$$M_{kr} = \sqrt{M_{o,kr}^2 + (P_E \cdot h)^2} \quad (4)$$

Um die zahlenmäßige Bedeutung der beiden Komponenten zu veranschaulichen, sind in Fig. 2 die kritischen Randspannungen für ein I NP 16 aufgetragen. Im ganzen elastischen Bereich ist  $M_{kr}$  nur wenig größer als  $M_{o,kr}$ . Die Knicklast des Druckflansches besitzt somit nur einen sehr untergeordneten Einfluß auf den Wert des Kippmomentes. Die übliche Bemessungsweise, die die Tragfähigkeit des Balkens nur von der Knicklast des Druckflansches aus beurteilt, ist somit unzutreffend, weil sie einen untergeordneten Teileinfluß als allein maßgebend ansieht. Von der Zuverlässigkeit der vollständigen Lösung des Problems dürften

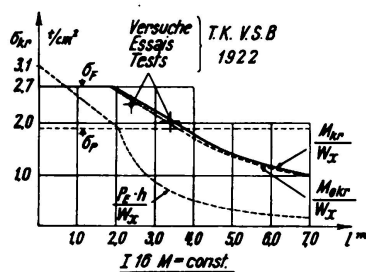


Fig. 2.

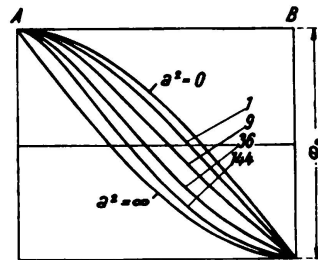


Fig. 3.

die in Fig. 2 eingetragenen Versuchspunkte, die unserm Belastungsfall entsprechen und die einem unveröffentlichten Bericht der T.K.V.S.B. (Technische Kommission des Verbandes Schweizerischer Brückenbau- und Eisenhochbau-Fabriken)<sup>2</sup> entnommen sind, überzeugen.

Der durch das rechtwinklige Dreieck dargestellte einfache Zusammenhang zwischen dem Kippmoment des Rechteckbalkens und der Knicklast des Druckflansches ist eine Folge davon, daß im betrachteten Belastungsfall die Formänderungskurven für Knicken und für Kippen beide Sinuskurven, also von gleicher Form sind. Ich habe als Beispiel für einen Fall, bei dem diese Übereinstimmung in der Form der Ausbiegungs- oder Lösungskurven nicht möglich ist, die durch ein konstantes Biegemoment belastete Konsole untersucht. Die

<sup>2</sup> T.K.V.S.B.: Biegeversuche im Mai 1922 an der E.M.P.A., Zürich: 1. Seitliches Knicken des gedrückten Gurtes von I-Eisen. Versuche Nr. 1 und 5.

beiden Formänderungen bei beginnender Unstabilität aus Kippen und Knicken beeinflussen sich gegenseitig, sodaß die Verdrehungskurve  $\varphi$  je nach den Abmessungsverhältnissen eine andere Form annimmt. Die Kurvenform ist in Fig. 3 für verschiedene Werte der Abkürzung  $a^2$  dargestellt, wobei  $a^2 = 0$  dem Knickproblem (Verdrehungssteifigkeit  $C = 0$ ) und  $a^2 = \infty$  (Flanschsteifigkeit  $= 0$ ) dem Kippen bei Rechteckquerschnitt entspricht. Da die gegenseitige Beeinflussung der beiden Grenzkurven für jeden Teileinfluß mit einer willkürlichen Festhaltung, also mit einer Vergrößerung der Steifigkeit, gleichbedeutend ist, muß das Kippmoment des I-Trägers hier größer sein, als die Hypotenuse des mit den Katheten

$$M_{0, \text{kr}} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\sqrt{B_2 \cdot C}}{l}$$

und

$$P_E \cdot h = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{B_2 \cdot h}{2 \cdot l^2} = \frac{\pi^2}{4 a} \cdot \frac{\sqrt{B_2 \cdot C}}{l}$$

gebildeten rechtwinkligen Dreieckes. Aber auch hier ist der Einfluß der Knicklast des Druckflansches bei den praktisch vorkommenden Verhältnissen nur ein untergeordneter (Fig. 4).

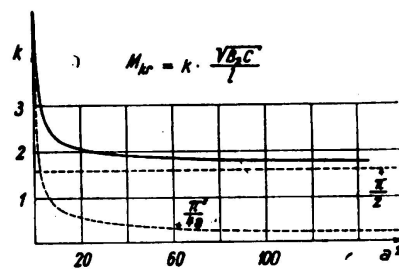


Fig. 4.

Die Zuverlässigkeit der heute auch in einfacher Form vorliegenden Untersuchungen über die Kipperscheinungen dürften es rechtfertigen, daß auch in der Konstruktionspraxis dieser wichtigen Gruppe von Stabilitätsproblemen die ihnen zukommende Beachtung auf zutreffender Grundlage geschenkt wird.