Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 119/120 (1942)
Heft: 10

Inhaltsverzeichnis

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INHALT: Versuche über die Knicksicherheit und die Grundschwingungszahl vollwandiger Dreigelenkbogen. — Wettbewerb zur generellen Abklärung späterer Baumöglichkeiten an der Rittergasse in Basel. — Zur Achsschubaufnahme bei Höchstdruck-Kreiselpumpen. — Sulzer-Unterwasser-Elektropumpen. — Mitteilungen: Zur Gasentgiftung. Eisenbahn-Franko-Domizil-Dienst. Die Ingenieurausbildung in Italien. Rhonekraftwerk Génissiat. Einfamilienhäuser im Kanton Neuenburg. Bebauung des Gebietes der «Terreaux du Temple» in Genf. — Nekrologe: German Bestelmeyer. Jacques Wildermuth. — Literatur: Das Sprengen im Fels. — Neuigkeiten.

Band 120 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 10

Versuche über die Knicksicherheit und die Grundschwingungszahl vollwandiger Dreigelenkbogen

Von Dr. sc. techn. CURT F. KOLLBRUNNER, Ing., Zürich

1. Einleitung. Nach dem deutschen Normungsvorschlag DIN. E 4114[1]) beträgt der kritische Bogenschub H_k eines symmetrischen Parabelbogens, der einen konstanten Querschnitt hat und unter der Einwirkung einer lotrechten gleichmässig verteilten Vollbelastung in seiner Ebene ausknickt

$$H_k = \frac{\pi^2 E J}{(\beta s)^2}$$

wobei s die halbe Bogenlänge und β ein Beiwert ist. Dabei ist nach DIN. E 4114 für Dreigelenkbogen mit den Pfeilverhältnissen $f/l = 0{,}05$ bis $0{,}3$, $\beta = 1{,}20$, und mit dem Pfeilverhältnis $f/l = 0{,}4$ ist $\beta = 1{,}30$.

Während über das Ausknicken von eingespannten und Zweigelenkbogen schon früher umfangreiche Reihen von Versuchen durchgeführt wurden, die die Theorien von F. Stüssi[2]) und E. Chwalla sehr gut bestätigen[3])[4])[5]), liegen meines Wissens über die Ausknickung von Dreigelenkbogen an neueren Versuchsserien nur die Versuche von E. Gaber[6]) vor. Da, wie früher gezeigt wurde[3]), die Gaber'schen Versuche mit eingespannten und Zweigelenkbogen stets oberhalb den von F. Stüssi theoretisch ermittelten Werten liegen, was bei den Zweigelenkbogen durch zu grosse Reibung der verwendeten Schneidengelenke erklärt werden kann, war anzunehmen, dass auch beim Dreigelenkbogen durch Gaber zu grosse Werte erhalten wurden.

Zur experimentellen Abklärung des Problems wurden im Sommer 1939 systematische Modellversuche mit lotrecht belasteten Dreigelenkbogen in Angriff genommen. Wegen des Kriegsausbruches im September 1939 mussten diese Arbeiten nach Durchführung von sechs Vorversuchen unterbrochen werden[7]).

Das ebene Knickproblem des Dreigelenkbogens wurde schon mehrfach theoretisch behandelt[8]). Dabei stammt die einzige für den vorliegenden Fall (Bogenform: Quadratische Parabel von beliebigem Pfeilverhältnis; Querschnitt konstant; gleichmässig verteilte lotrechte Belastung) richtige, und für beliebige veränderliche Verteilung von Belastung und Steifigkeit anwendbare Theorie von F. Stüssi[2]). Die von ihm auf dem bekannten Verfahren von L. Vianello[9]) aufgebaute Methode zur Berechnung der Knicklast vollwandiger Bogenträger und die gleichzeitig auf ähnliche Weise von ihm erstmals untersuchten Grundschwingungszahlen wurden für gleichmässig belastete eingespannte und Zweigelenkbogen früher experimentell nachgeprüft, wobei gezeigt wurde, dass die rechnerische Vorausbestimmung von Knicklast und Grundschwingungszahl nach Stüssi in relativ einfacher Weise zuverlässig möglich ist[3]). Dabei wurden von F. Stüssi aber nicht nur die eingespannten und die Zweigelenkbogen, sondern auch die Dreigelenkbogen theoretisch abgeklärt, wobei allerdings beizufügen ist, dass das α_k - f/l - Diagramm $\left(H_k = \alpha_k \frac{E J}{l^2}\right)$ nur für die eingespannten und die Zweigelenkbogen aufgezeichnet wurde, d. h. dass nur für diese beiden Bogenarten die rechnerische Auswertung der Theorie erfolgte. Diesem Umstand ist es offenbar auch zuzuschreiben, dass die Theorie von F. Stüssi für die Ausknickung der Dreigelenkbogen in DIN. E 4114 nicht erwähnt wird. Die von F. Stüssi mir zur Verfügung gestellten Werte sind für die Ausknickung im H_k - f/l - Diagramm (Abb. 1) und für die Grundschwingungszahl beim Pfeilverhältnis $f/l = 0{,}2$ im ν - P - Diagramm (Abb. 2) aufgetragen.

2. Versuchsanordnung. Die Versuche wurden an symmetrischen Dreigelenkbogen (quadratische Parabeln) mit einem horizontalen Gelenkabstand von 60 cm und den folgenden Pfeilverhältnissen durchgeführt:

$$f/l = 0{,}10,\ 0{,}20,\ 0{,}30,\ 0{,}40$$

Als Material wurde gehärtetes Stahlband von 1,2 cm Breite und 0,1 cm Dicke verwendet, das einen Elastizitätsmodul von $E = 2\,200\,000$ kg/cm² hatte. Zur Kontrolle des EJ-Wertes wurden Biegeversuche durchgeführt ($EJ = 220$ kg cm²). Der Stahlbandquerschnitt konnte mit praktisch genügender Genauigkeit als gleichbleibend angenommen werden, die Streuungen waren kleiner als 2 %. Die Bogen wurden in kaltem Zustande als symmetrisch-quadratische Parabeln geformt, d. h. Stützlinie und Bogenaxe wurden entsprechend der gleichmässig verteilten Belastung zusammenfallen gelassen. Als Gelenke wurden durchwegs Bolzengelenke (Stahlwelle $\varnothing = 0{,}4$ cm) verwendet.

An Stelle der gleichmässig verteilten Belastung wurden elf in je 5 cm waagrechtem Abstand angebrachte gleich grosse Einzellasten P verwendet (P = Eigengewicht des Stahlbandes + Gewicht der Aufhängevorrichtung der Last + Last). Dabei wurde das Gewicht des Scheitelgelenkes durch gleiche Belastung der übrigen Lastangriffstellen von Anfang an berücksichtigt. Als Belastungsgewichte wurden 50 g bis 10 g-Gewichte verwendet; die Feinbelastung wurde mit Kugellagerkugeln durchgeführt.

3. Versuchsdurchführung. Nach einer grösseren Anzahl von Vorversuchen, die teilweise schon im Jahr 1939 angestellt wurden, sind in den Monaten März bis Mai 1942 die in der Tafel I angegebenen Versuche durchgeführt worden.

Tafel I

Versuchsserie	Anzahl der durchgeführten Versuche
Serie I: $f/l = 0{,}10$	18
Serie II: $f/l = 0{,}20$	32
Serie III: $f/l = 0{,}30$	24
Serie IV: $f/l = 0{,}40$	12
Gesamtzahl der durchgeführten Versuche	86

Die Belastung wurde je in rd. 20 Belastungsstufen aufgebracht, dabei anfänglich die Last schnell gesteigert, gegen die kritische Belastung hin jedoch nur noch grammweise fortgeschritten. Die, durch unvermeidbare Unregelmässigkeiten bei der Bogenformgebung verursachten, kleinen sichtbaren Abweichungen der Bogenaxe von der zum Bogenscheitel symmetrischen Form wurden durch kleine Zusatzgewichte rückgängig gemacht, sodass die Bogenaxe unter allen vorkritischen Belastungsstufen eine zum Bogenscheitel symmetrische Form aufwies.

Da Oszillographablesungen infolge des mitschwingenden Ausgleichsgewichtes bei diesen kleinen Bogenmodellen zu grosse Fehlerquellen ergeben, sind bei den Bogen, bei denen Schwingungsversuche vorgenommen wurden, die Grundschwingungen durch Zeitmessungen bestimmt worden. Sofern die Schwingungen dabei nicht vorher gedämpft wurden, hat man die Zeit für je 10 ganze Schwingungen auf $^1/_{10}$ Sekunde genau gemessen.

[1]) DIN. E 4114. Knick- und Beulvorschrift für Stahlbau nebst Erläuterungen zur Begründung des Normalblattentwurfes. (1. Teil, Abschnitte A, I bis A, III) von *E. Chwalla*, und Erläuterungen zur Bemessung von Knickstäben (1. Teil, Abschnitte A, I bis A, III) von *W. Gehler*.

[2]) *F. Stüssi:* Aktuelle baustatische Probleme der Konstruktionspraxis. Abschnitt über Knicklast und Grundschwingungszahl von Bogenträgern. Schweizerische Bauzeitung Bd. 106, 1935, Heft Nr. 12, S. 132.

[3]) *C. F. Kollbrunner:* Versuche über die Knicksicherheit und die Grundschwingungszahl vollwandiger Bogen. Bautechnik 1936, Heft 12.

[4]) *E. Chwalla* und *C. F. Kollbrunner:* Ueber das Ausknicken symmetrischer Bogenträger unter symmetrisch verteilten Belastungen. Stahlbau 1937, Heft 15 und 17/18.

[5]) *E. Chwalla* und *C. F. Kollbrunner:* Beiträge zum Knickproblem des Bogenträgers und des Rahmens. Stahlbau 1938, Heft 10, 11 und 12.

[6]) *E. Gaber:* Ueber die Knicksicherheit vollwandiger Bogen. Bautechnik 1934, Heft 49.

[7]) DIN. E 4114. Knick- und Beulvorschriften für Stahlbau. Erläuterungen zur Begründung des Normalblattentwurfes (2. Teil, Abschnitte IV und B) von *E. Chwalla*, S. 4. Die hier besprochenen Versuche wurden von mir auf Veranlassung von Prof. Dr. Ing. E. Chwalla, Techn. Hochschule Brünn, durchgeführt.

[8]) Für gleichbleibenden Querschnitt und «Stützlinienbelastung» unter der Voraussetzung *kleiner* Pfeilverhältnisse:

R. Mayer: Die Knickfestigkeit. Verlag von J. Springer, Berlin 1921, S. 149.

F. Bleich: Theorie und Berechnung der eisernen Brücken. Verlag von J. Springer, Berlin 1924, S. 213.

J. Fritsche, Bautechnik 3, 1925, S. 465.

F. Dischinger, Bautechnik 12, 1934, S. 739.

Für kreisförmigen, in radialer Richtung gleichmässig belasteten Dreigelenkbogen:

A. Nasarow: Zur Frage der Knicksicherheit eines Bogens. Bautechnik 1936, Heft 7, S. 114.

W. Fuchssteiner: Beitrag zur Knickfestigkeit des Dreigelenkbogens. Stahlbau 1935, Heft 15, S. 118.

Für Dreigelenkbogen mit stetig veränderlichem Querschnitt:

F. Dischinger: Bauingenieur 18, 1937, S. 508; Bauing. 20, 1939, S. 290.

[9]) «Z.VDI», 1898.