

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	119/120 (1942)
<b>Heft:</b>	10
<b>Artikel:</b>	Versuche über die Knicksicherheit und die Grundschwingungszahl vollwandiger Dreigelenkbogen
<b>Autor:</b>	Kollbrunner, Curt F.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-52430">https://doi.org/10.5169/seals-52430</a>

### 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:** 04.02.2026

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

**INHALT:** Versuche über die Knicksicherheit und die Grundschnigenzahl vollwandiger Dreigelenkbogen. — Wettbewerb zur generellen Abklärung späterer Baumöglichkeiten an der Rittergasse in Basel. — Zur Achsschubaufnahme bei Höchstdruck-Kreiselpumpen. — Sulzer-Unterwasser-Elektropumpen. — Mitteilungen: Zur Gasentgiftung. Eisen-

bahn-Franko-Domizil-Dienst. Die Ingenieurausbildung in Italien. Rhonekraftwerk Génissiat. Einfamilienhäuser im Kanton Neuenburg. Bebauung des Gebietes der «Terreaux du Temple» in Genf. — Nekrolog: German Bestelmeyer. Jacques Wildermuth. — Literatur: Das Sprengen im Fels. — Neuigkeiten.

**Band 120**

Der S.I.A. ist für den Inhalt des redaktionellen Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung

Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich  
der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

**Nr. 10****Versuche über die Knicksicherheit und die Grundschnigenzahl vollwandiger Dreigelenkbogen**

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

**1. Einleitung.** Nach dem deutschen Normungsvorschlag DIN. E 4114<sup>1)</sup> 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  $\beta$  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<sup>2)</sup> und E. Chwalla sehr gut bestätigen<sup>3)4)5)</sup>, liegen meines Wissens über die Ausknickung von Dreigelenkbogen an neueren Versuchsserien nur die Versuche von E. Gaber<sup>6)</sup> vor. Da, wie früher gezeigt wurde<sup>3)</sup>, 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<sup>7)</sup>.

Das ebene Knickproblem des Dreigelenkbogens wurde schon mehrfach theoretisch behandelt<sup>8)</sup>. 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<sup>2)</sup>. Die von ihm auf dem bekannten Verfahren von L. Vianello<sup>9)</sup> aufgebaute Methode zur Berechnung der Knicklast vollwandiger Bogenträger und die gleichzeitig auf ähnliche Weise von ihm erstmals untersuchten Grundschnigenzahlen wurden für gleichmässig belastete eingespannte und

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> F. Stüssi: Aktuelle baustatistische Probleme der Konstruktionspraxis. Abschnitt über Knicklast und Grundschnigenzahl von Bogenträgern. Schweizerische Bauzeitung Bd. 106, 1935, Heft Nr. 12, S. 132.

<sup>3)</sup> C. F. Kollbrunner: Versuche über die Knicksicherheit und die Grundschnigenzahl vollwandiger Bogen. Bautechnik 1936, Heft 12.

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

<sup>5)</sup> E. Chwalla und C. F. Kollbrunner: Beiträge zum Knickproblem des Bogenträgers und des Rahmens. Stahlbau 1938, Heft 10, 11 und 12.

<sup>6)</sup> E. Gaber: Ueber die Knicksicherheit vollwandiger Bogen. Bautechnik 1934, Heft 49.

<sup>7)</sup> 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.

<sup>8)</sup> 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. Fritzsche, Bautechnik 3, 1925, S. 465.

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

Für kreisförmigen, in radialem 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.

<sup>9)</sup> «Z.VDI», 1898.

Zweigelenkbogen früher experimentell nachgeprüft, wobei gezeigt wurde, dass die rechnerische Vorausbestimmung von Knicklast und Grundschnigenzahl nach Stüssi in relativ einfacher Weise zuverlässig möglich ist<sup>3)</sup>. 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  $\alpha_k - f/l$ -Diagramm ( $H_k = \alpha_k \frac{E J}{l^2}$ ) 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 Grundschnigenzahl beim Pfeilverhältnis  $f/l = 0,2$  im  $v - P$ -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  $E = 220000 \text{ kg/cm}^2$  hatte. Zur Kontrolle des  $EJ$ -Wertes wurden Biegeversuche durchgeführt ( $EJ = 220 \text{ kg cm}^2$ ). Der Stahlbandquerschnitt konnte mit praktisch genügender Genauigkeit als gleichbleibend angenommen werden, die Streuungen waren kleiner als 2%. Die Bogen wurden in kaltem Zustand als symmetrisch-quadratische Parabeln geformt, d. h. Stützlinie und Bogenaxe wurden entsprechend der gleichmässig verteilten Belastung zusammenfallen gelassen. Als Gelenke wurden durchwegs Bolzen gelenke (Stahlwelle  $\varnothing = 0,4 \text{ cm}$ ) verwendet.

An Stelle der gleichmässig verteilten Belastung wurden elf in je 5 cm waagrechtem Abstand angebrachte gleich grosse Einzellasten  $P$  verwendet ( $P = \text{Eigengewicht des Stahlbandes} + \text{Gewicht der Aufhängevorrichtung der Last} + \text{Last}$ ). Dabei wurde das Gewicht des Scheitelpfostenes 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 durchgeföhrten 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 durchgeföhrten 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 grossen Fehlerquellen ergeben, sind bei den Bogen, bei denen Schwingungsversuche vorgenommen wurden, die Grundschnigenzahlen 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.

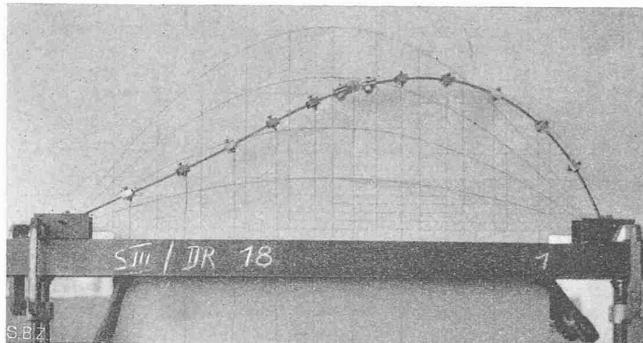


Abb. 3.  $\frac{f}{l} = 0,30 \quad P = P_k$  unsymmetrische Ausknickung, Bogenform unstabil

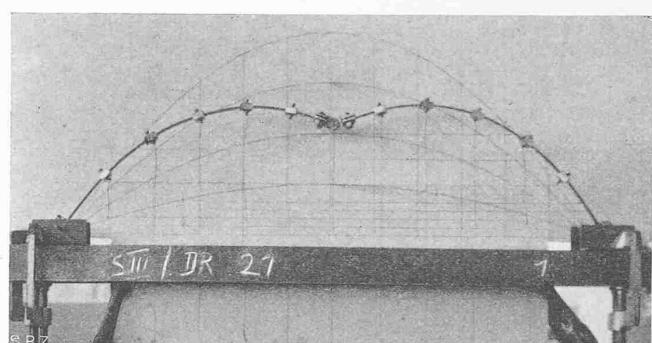


Abb. 4.  $\frac{f}{l} = 0,30 \quad P = P_k$  symmetrische Ausknickung unter Senkung des Scheitelgelenkes, Bogenform unstabil

Zur Erzeugung der *unsymmetrischen* Schwingungen wurden die Bogen durch eine lotrechte oder waagrechte Kraft im Viertelpunkt, und zur Erzeugung der *symmetrischen* Schwingungen durch eine lotrechte Kraft im Scheitelgelenk oder durch zwei zum Scheitelgelenk symmetrische lotrechte gleich grosse Kräfte aus ihrer Ruhelage herausgebracht. Die so aufgespeicherte potentielle Energie wird durch Entfernung der Kraft, oder der Kräfte, in kinetische Energie umgesetzt. Die Dauer der so entstehenden Schwingungen des Bogens um seine natürliche Gleichgewichtslage hängt bei ein und demselben Bogen dabei nur von der Grösse der Belastung ab. Für unsymmetrische Schwingungen bleibt dabei der Bogenscheitel (das Scheitelgelenk) senkrecht in Ruhe, die Bogenhälften senken und heben sich gegengleich, während das Scheitelgelenk bei symmetrischen Schwingungen vertikal mitschwingt. Mit wachsender Belastung werden die Schwingungen immer langsamer; wenn die Knicklast erreicht ist, ist die Schwingungsdauer unendlich gross, der Bogen kehrt nicht mehr in die ursprüngliche Lage zurück.

4. Versuchsergebnisse. Die Versuchsergebnisse sind aus Abb. 1 ( $H_k - f/l$ -Diagramm) ersichtlich. Dabei wurde der Horizontalabschub  $H_k$ , der der jeweils beobachteten Knicklast  $P_k$  zugeordnet ist, durch Auswertung der Einflusslinie, also nach der Theorie erster Ordnung, die auf den Einfluss der Verformung keine Rücksicht nimmt, berechnet. Alle Versuchsergebnisse liegen dabei etwas unterhalb der von F. Stüssi ermittelten theoretischen Werte und bestätigen diese somit, da infolge der unvermeidbaren Störungsfunktionen die experimentelle Knicklast stets etwas unterhalb der theoretischen liegen muss.

Bei Erreichung der Knicklast hatten die Bogen, die unsymmetrisch ausknickten, die Tendenz, sowohl nach rechts wie auch nach links aus der symmetrischen Form auszuknickken, dabei senkte sich die eine Bogenhälfte, während sich die andere hob. Die symmetrische Ausknickung vollzog sich entweder unter Senkung oder aber unter Hebung des Scheitelgelenkes. Bei der unsymmetrischen Ausknickung und der symmetrischen Ausknickung mit Senkung des Scheitelgelenkes wurde niemals eine nach der Ausknickung auftretende Gleichgewichtsfigur konstatiert, der Bogen kam immer erst im «durchgeschlagenen» Zustand wieder zur Ruhe. Die symmetrischen Knickfiguren, die sich bei Hebung des Scheitelgelenkes ausbildeten, waren mit einer Ausnahme aller Gleichgewichtsfiguren, d. h. der Bogen kam dabei wieder zur Ruhe.

Aus Tafel II sieht man, wieviele Bogen symmetrisch und wieviele unsymmetrisch ausknickten. Schreibt man dabei die zwei unsymmetrischen Ausknickungen bei  $f/l = 0,10$  und  $0,20$  äusseren Einflüssen zu, die nicht genau festgestellt werden konnten, und vernachlässigt man diese beiden Versuche, so ergibt sich, dass die Bogen mit  $f/l = 0,10$  und  $0,20$  symmetrisch und die Bogen mit  $f/l = 0,40$  alle unsymmetrisch ausknicken. Für das Pfeilverhältnis  $f/l = 0,30$  knickten 17 Bogen unsymmetrisch und 7 Bogen symmetrisch aus, ein Beweis, dass der Schnittpunkt der theoretischen Werte für unsymmetrisches und symmetrisches Ausknicken knapp unterhalb  $f/l = 0,30$  liegen muss.

Für das Pfeilverhältnis  $f/l = 0,30$  sind die drei verschiedenen Knickfiguren aus den Abb. 3 (unsymmetrische Ausknickung, Bogenform unstabil), Abb. 4 (symmetrische Ausknickung unter Senkung des Scheitelgelenkes, Bogenform unstabil) und Abb. 5 (symmetrische Ausknickung unter Hebung des Scheitelgelenkes, Bogenform stabil, Gleichgewichtsfigur) ersichtlich. Abb. 6 zeigt die unsymmetrische Ausknickung eines Bogens mit dem Pfeilverhältnis  $f/l = 0,40$ . Die Bogenform ist unstabil. Der Bogen kommt erst im «durchgeschlagenen» Zustand, der mit dem Knickvorgang selbst nichts mehr zu tun hat, wieder zur Ruhe.

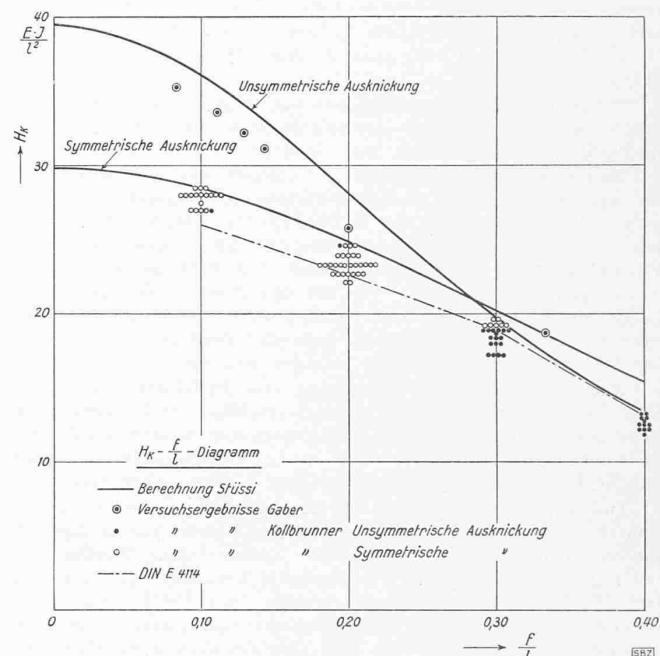


Abb. 1. Knickung vollwandiger Dreigelenkbogen  $H_k = a_k \cdot \frac{E J}{l^2}$

In Abb. 2 sind die nach Stüssi berechneten symmetrischen und unsymmetrischen Grundschwingungszahlen für das Pfeilverhältnis  $f/l = 0,20$  und die Versuchsergebnisse eingetragen. Theorie und Versuche stimmen auch hier sehr gut miteinander überein.

##### 5. Schlussfolgerungen.

1. Die von Gaber bestimmten Knicklasten liegen zu hoch. Seine Ergebnisse können durch zu grosse Reibung der von ihm verwendeten Schneidengelenke erklärt werden.

2. Der Vergleich der Theorie von F. Stüssi mit den Versuchsergebnissen zeigt, dass die rechnerische Vorausberechnung von Knicklast und Grundschatzungszahl von Dreigelenkbogen in relativ einfacher Weise zuverlässig möglich ist.

3. Mit praktisch genügender Genauigkeit kann ein Dreigelenkbogen von gleichbleibendem Querschnitt, der unter der Einwirkung einer gleichmässig verteilten Vollbelastung in seiner Ebene ausknickt, wie ein «Ersatzstab», der den selben Querschnitt wie der Bogen aufweist, die Knicklängen  $s_k = \beta s$  hat,

##### Tafel II

Bogenserie	Anzahl der Versuchsbogen		
	unsymmetrische Ausknickung	symmetrische Ausknickung	
		Hebung des Scheitelgelenkes	Senkung des Scheitelgelenkes
Serie I: $f/l = 0,10$	1	5	12
Serie II: $f/l = 0,20$	1*)	13	16
Serie III: $f/l = 0,30$	17	5	2
Serie IV: $f/l = 0,40$	12	0	0

\*) Bei zwei weiteren Versuchen wurden die Bogen künstlich am symmetrischen Ausknicken verhindert; sie knickten dabei bei grösserer Last unsymmetrisch aus (in Abb. 1 nicht eingetragen).

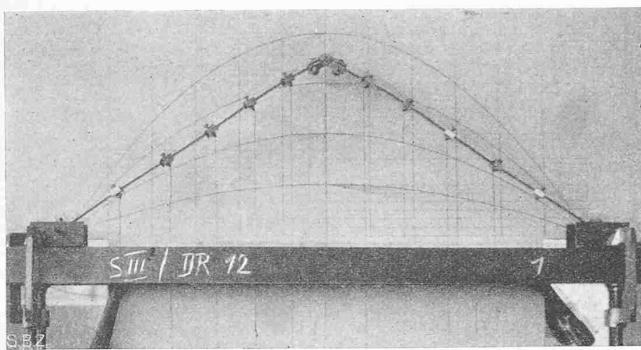


Abb. 5.  $\frac{f}{l} = 0,30$   $P = P_k$  symmetrische Ausknickung unter Hebung des Scheitelpunktes. Bogenform stabil. Gleichgewichtsfigur

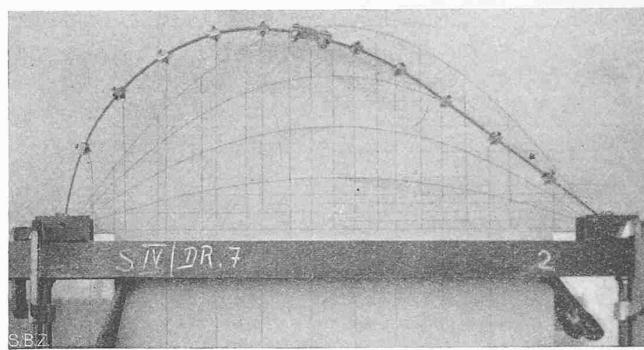


Abb. 6.  $\frac{f}{l} = 0,40$   $P = P_k$  unsymmetrische Ausknickung. Bogenform instabil

heisst, «über seine Aufnahme mit absoluter Stimmenmehrheit ballotiert». Kein Wunder also, dass «nur solche Männer aufgenommen werden, von denen eine Förderung des Vereins mit Gewissheit zu erwarten ist».

Unter den im Laufe des vergangenen Säkulum dem V. f. Ei. zugehörigen Mitgliedern finden wir Namen von historischem Rang und Klang, aus Deutschland neben einer Reihe amtierender Minister u. a. August Borsig (1804 bis 1854), den Begründer der gleichnamigen Lokomotivfabrik, Alfred Krupp (1812 bis 1887) und seinen Sohn Friedrich Alfred Krupp (1854 bis 1902), die Leiter der weltberühmten Gusstahlwerke in Essen, Werner Siemens (1816 bis 1892), den Konstrukteur der ersten elektrischen Eisenbahn; ferner aus Österreich Alois Negrelli (1799 bis 1858), den auch im schweizerischen Eisenbahnbau tätig gewesenen Ingenieur, und Carl Ritter von Ghega (1802 bis 1860), den genialen Erbauer der ersten Gebirgsbahn der Welt am Semmering. Auch die Schweiz hat im Laufe der Zeit mehrere prominente Eisenbahner in den V. f. Ei. delegiert. Nur wenige Wochen vor seinem Tode, am 14. November 1882, wurde Dr. Alfred Escher (1819 bis 1882) in Zürich, «dessen schöpferischer Tatkraft, dessen aufopferungsloser Hingabe und rastloser Energie die Gotthardbahn die Grossartigkeit ihrer Anlage, die schnelle Förderung und glückliche Vollendung ihrer Ausführung in erster Reihe verdankt» (vgl. die Sitzungsberichte des V. f. Ei., 1882, S. 188), zum Ehrenmitglied ernannt. In seinem Antwortschreiben vom 21. November 1882 — vierzehn Tage vor seinem Hinscheiden — bedankte sich Escher für die ihm erwiesene Ehre und das übersandte Diplom. Auf Escher folgten Edouard Dapples (1836 bis 1895), technischer Direktor im Eidg. Eisenbahndepartement und bernischer Grossrat, und als korrespondierende Mitglieder Adolf Guyer-Zeller (1839 bis 1899), der ebenso geniale wie rücksichtslose Förderer der Jungfraubahn, deren erstes Teilstück er ganz aus eigenen Mitteln erbaute, und der ehemalige Pfarrer Dr. Friedrich Wrubel (1855 bis 1907), sein Privatsekretär und Mitarbeiter, der noch 1897 mit einer hervorragenden Dissertation über die N. O. B. zum Dr. promovierte und in der Sitzung des V. f. Ei. vom 8. März 1898 einen vielbeachteten Vortrag über die Jungfraubahn hielt (abgedruckt in den Verhandlungen 1898, S. 68 ff.).

Diese in den Vereinssitzungen gehaltenen und diskutierten Vorträge stellen nach der technischen wie historischen Seite noch heute eine Fundgrube für den Eisenbahnfachmann dar. Nicht weniger als 830 Sitzungen mit insgesamt 1099 Vorträgen haben im Laufe des Säkulum stattgefunden. Leider sind Protokolle und Vorträge nur von 1853 bis 1913 im Druck erschienen, doch bilden sie auch so, zusammen mit den von 1878 bis 1913 alljährlich publizierten «Mitteilungen aus der Tagesliteratur des Eisenbahnwesens», ein standard work, das in keiner fachwissenschaftlichen Bibliothek fehlen sollte. Den ersten Vortrag hielt in der Sitzung vom 15. November 1842 der «Mechanicus» August Borsig über «die Konstruktion eines von ihm gefertigten und auf der Berlin-Stettiner-Eisenbahn benützten Lokomotivschornsteins, der das Funkenprühen verhindern soll». Hunderte weiterer, allen Gebieten des Eisenbahnbau und -Betriebes entnommener Vorträge folgten, von denen eine ganze Reihe sich auch mit schweizerischen Problemen und Projekten befasste, so am 14. Dezember 1869 und 8. Februar 1870 je ein Vortrag «Ueber die Lokalbahn des industriellen Jura», während am 16. November 1869 «die im Bau begriffene Rigibahn» und der Bodenseetrajekt behandelt wurden. Ueber die Gotthardbahn diskutierte man bereits in den Sitzungen vom 20. März 1866 und 12. April 1870, über «Die Scalettabahn von Landquart über Davos, Samaden und Maloja nach Chiavenna» am 14. Januar 1890, über den Bau des Simplontunnels berichtete Prof. K. Pressel am 12. Februar

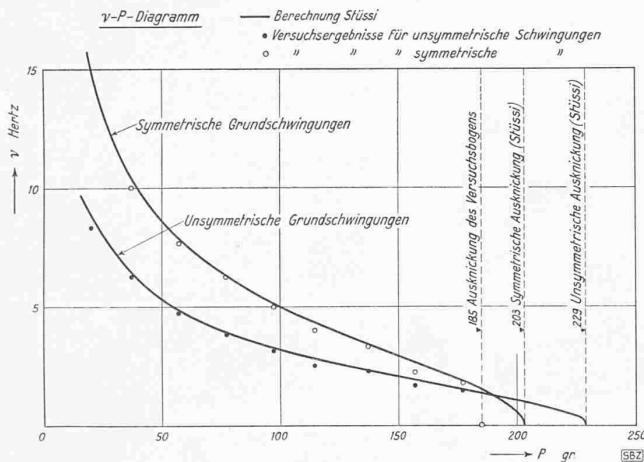


Abb. 2. Grundschwingungszahlen vollwandiger Dreigelenkbogen.

$$\frac{f}{l} = 0,20 \quad l = 60 \text{ cm} \quad EJ = 220 \text{ kg cm}^2 \quad P = \frac{q \cdot l}{12}$$

$$p = \frac{as}{l^4} \sqrt{\frac{E J g}{q}} \sqrt{1 - \frac{H}{H_k}} \quad \nu = \frac{p}{2\pi}$$

und um die gleiche Querschnittshauptaxe wie der Bogen ausknickt, berechnet werden (die in DIN E 4114 angegebenen  $\beta$ -Werte ergeben dabei für  $f/l = 0,10$  und  $0,20$  etwas zu kleine kritische Bogenschübe).

4. Für das Pfeilverhältnis  $f/l = 0,40$  knickt der Dreigelenkbogen unter der gleichen Belastung wie der Zweigelenkbogen unsymmetrisch aus. Für das Pfeilverhältnis  $f/l = 0,30$  knickt der Dreigelenkbogen unter der gleichen Belastung wie der Zweigelenkbogen aus. Die Ausknickung erfolgt dabei grösstenteils unsymmetrisch. Für die Pfeilverhältnisse  $f/l = 0,20$  und kleiner als  $0,20$  knickt der Dreigelenkbogen unter kleineren Laststufen als der Zweigelenkbogen aus. Die Ausknickung erfolgt symmetrisch, wobei das Scheitelpunktes eine lotrechte Verschiebung erfährt. (Ausknickung unter Senkung und unter Hebung des Scheitelpunktes.)

## Hundert Jahre Verein für Eisenbahnkunde

Unter den wissenschaftlichen Vereinen der Eisenbahnfachwelt nimmt der am 11. Oktober 1842 in Berlin gegründete Verein für Eisenbahnkunde (V. f. Ei.) eine der ersten Stellen ein, rein historisch genommen sogar die erste; denn die Institution of Civil Engineers in London, die Société des Ingénieurs civils in Paris und die American Society of Civil Engineers sind erst später gegründet worden. Seit einem vollen Jahrhundert dient also der V. f. Ei. der «wissenschaftlichen Fortbildung des Eisenbahnwesens», und es sind nicht die geringsten Namen der internationalen Fachwelt, die in seiner Stammrolle verzeichnet stehen. Als am 22. November 1842 die erste Generalversammlung stattfand, zählte der V. f. Ei. bereits 63 Mitglieder. Bis heute hat die Zahl der aufgenommenen Mitglieder 1761 erreicht (gegenwärtiger Stand 235 Mitglieder), was umso beachtlicher scheint, als der Verein zu keiner Zeit irgendwelchen Rekordziffern zustrebte, vielmehr die Aufnahme jeden neuen Mitgliedes von dem Vorschlag zweier bisheriger Mitglieder abhängig machte. Erst in der zweiten darauffolgenden Sitzung wird, wie es in den Statuten