

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 115/116 (1940)
Heft: 1

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: 18.02.2026

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

INHALT: Verbesserte Formänderungstheorie verankerter Hängebrücken und Stabbogen. — Schweiz. Verein von Dampfkessel-Besitzern. — Schul- und Vereinshaus des Kaufmännischen Vereins Basel. — Mitteilungen: 5 m-Spiegelteleskop des Mount Wilson. Gebäudeblitzschutz. Vier-

master-Fischerschöner «Argus» mit Dieselhilfsmotoren. Stalllüftung. Ortpfähle aus Rüttelbeton. Naturgas in U.S.A. Die «Mechanisierung» der Kriegführung. — Wettbewerbe: Schulhaus in Genthod. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 116

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. 1

Verbesserte Formänderungstheorie verankerter Hängebrücken und Stabbogen

Von Prof. Dr. F. STÜSSI, E. T. H. und Dipl. Ing. ERNST AMSTUTZ, Zürich

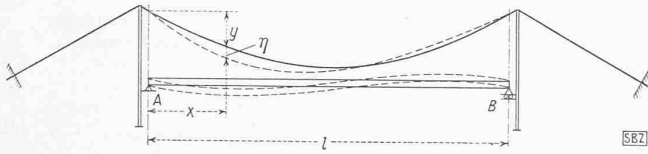


Abb. 1. Hängebrücke

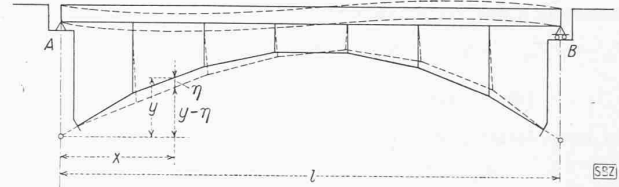


Abb. 2. Versteifter Stabbogen

I. Allgemeines

Der Sicherheitsgrad hat sowohl die Mängel des Materials wie auch des statischen Nachweises zu decken. Wollen wir ihn im Interesse der Wirtschaftlichkeit verkleinern, so müssen wir nicht nur einen zuverlässigen Baustoff, sondern auch eine zuverlässige statische Untersuchung verlangen. Dem Statiker fällt also die Aufgabe zu, die Wirkungsweise der geplanten Tragwerke möglichst wirklichkeitsgetreu vorauszusagen. Die Frage gewinnt besonders beim Baustoff Stahl an Bedeutung, wo infolge der homogenen Materialeigenschaften der zu wählende Sicherheitsgrad massgebend von der Sorge um eine wirklichkeitsgetreue Erfassung des Spannungs- und Verformungsbildes beeinflusst werden muss.

Bei der Ueberprüfung einer statischen Theorie müssen wir in erster Linie die grundlegenden Annahmen einer kritischen Beleuchtung unterziehen. Diese müssen im allgemeinen, um die mathematische Behandlung des Problems nicht zu sehr zu erschweren, möglichst einfach beschaffen sein und entsprechen daher oft nur angenähert der Wirklichkeit. Eine solche Annahme ist die in der Elastizitätslehre übliche Vereinfachung, die Kräfte am System des unverformten Tragwerkes angreifen zu lassen. Von dieser Voraussetzung musste erstmals bei Untersuchung von Knickproblemen abgegangen werden, da ja hier gerade die Formänderung allein den gefährlichen Spannungs- bzw. Verformungszustand erzeugt. Der Formänderungseinfluss wurde in der Folge noch bei Hängebrücken (wo er zu Materialersparnissen führt) berücksichtigt. Er ist natürlich sinngemäss auch bei Bogenbrücken einzuführen, damit die effektive Sicherheit die Forderungen nicht unterschreitet. Im letzten Falle kann der Formänderungseinfluss auf einfache Weise aus der Knickbelastung abgeschätzt werden¹⁾.

In zweiter Linie ist eine Theorie auf mathematische Fehler und unzulässige Vernachlässigungen zu untersuchen. Es ist das Ziel dieser Abhandlung, Fehler der bis anhin üblichen Formänderungstheorie der Hängebrücken und Stabbogen aufzudecken und zu korrigieren.

In der Elastizitätstheorie 1. Ordnung (ohne Formänderungseinfluss) ergeben sich die Versteifungsträger-Momente bei der Hängebrücke und beim Stabbogen zu

$$M = M_0 - H y \quad \dots \quad (1)$$

M_0 ist das Moment des einfachen Balkens AB. Ausgehend von dieser Gleichgewichtsbedingung ist in den bisherigen Veröffentlichungen der Formänderungseinfluss lediglich dadurch berücksichtigt worden, dass zur Bogenordinate y noch die vertikale Durchbiegung η zugezählt wurde. Für die Hängebrücke ergab sich daher (Abb. 1)

$$M = M_0 - H (y + \eta) \quad \dots \quad (2)$$

und für den Stabbogen (Abb. 2)

$$M = M_0 - H (y - \eta) \quad \dots \quad (3)$$

Wollen wir die Untersuchung genauer durchführen, so ist es notwendig, auf die primären Kraftwirkungen zwischen Bogen oder Kabel und Versteifungsträger, das sind die Ständer- und Hängestangenbelastungen, zurückzugreifen. Diese betragen nach der bisherigen Theorie bei der Hängebrücke

$$v = -H (y'' + \eta'') \quad \dots \quad (4)$$

beim Stabbogen

$$v = -H (y'' - \eta'') \quad \dots \quad (5)$$

Dass in Wirklichkeit auch die horizontalen Verschiebungen der Kabel oder Bogenpunkte einen Einfluss auf die Reaktion v haben müssen, geht aus zwei Ueberlegungen hervor:

Erstens sind die Belastungen v Ablenkungskräfte des Seilzuges bzw. des Bogendruckes, und als solche von der örtlichen Aenderung der Kabel- oder Bogenkrümmung und damit auch von den Horizontalverschiebungen ξ abhängig.

Zweitens stellen sich die Hängestangen und Ständer infolge der horizontalen Kabel- und Bogenverschiebungen schief und üben damit auf Kabel und Bogen auch horizontale Belastungen aus. Die hieraus resultierenden örtlichen Aenderungen des Horizontalzuges bzw. Schubes müssen sich, auch wenn sie an sich klein sind, auf die Versteifungsträgermomente wesentlich bemerkbar machen, da diese als kleine Differenzen grosser Momente erhalten werden.

Diese beiden Einflüsse wollen wir im Folgenden zahlenmässig am Knickproblem des Stabbogens und am Formänderungsproblem verankerter Hängebrücken zu erfassen suchen. Es ist verständlich, dass die erste Aufgabe einfacher zu lösen sein wird als die zweite; denn das Knickproblem ist mathematisch durch eine homogene, das Formänderungsproblem aber durch eine inhomogene Differentialgleichung darzustellen. Zudem fassen wir beim Knickproblem unendlich kleine Formänderungen ins Auge, sodass wir unendlich kleine Glieder höherer Ordnung korrekterweise vernachlässigen können, während beim Formänderungseinfluss zwar kleine, aber doch endlich grosse Verformungen zu berücksichtigen sind, sodass allfällige Vernachlässigungen nur zahlenmässig gerechtfertigt werden können. Es ist also zweckmässig, die beiden Probleme trotz ihrer nahen Verwandtschaft getrennt zu untersuchen, umso mehr als wir dann beim Stabbogen die Unstetigkeiten aus der meist weiten Ständerteilung durch Rechnen mit Differenzen berücksichtigen können, während sich bei den Hängebrücken mit der meist engen Austeilung der Hängestangen die Differentialrechnung als zweckmässiger erweist.

II. Ausknicken von Stabbögen

Wir untersuchen das Gleichgewicht am verformten Bogenausschnitt der Abb. 3. Der Knoten m des Stabbogens werde durch den aufstehenden Ständer mit den Komponenten $V_m + \Delta V_m$ und W_m belastet, worin ΔV_m und W_m aus den Formänderungen entstehen.

Das Gleichgewicht in horizontaler Richtung fordert:

$$H_{m+1} - H_{m-1} = W_m \quad \dots \quad (6)$$

Vertikal ist das Gleichgewicht erfüllt für:

$$V_m + \Delta V_m = -H_{m+1} \tan \varphi_{m+1} + H_{m-1} \tan \varphi_{m-1} = \Delta (H \tan \varphi) \quad (7)$$

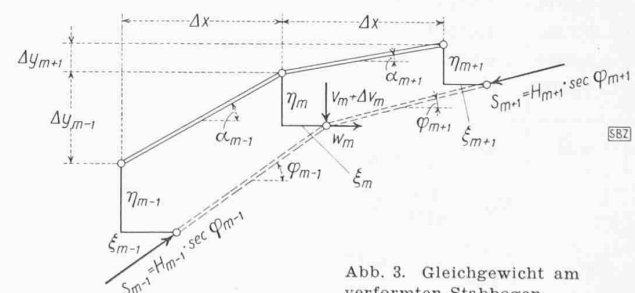


Abb. 3. Gleichgewicht am verformten Stabbogen

¹⁾ F. Stüssi: Aktuelle baustatische Probleme der Konstruktionspraxis. «SBZ», Bd. 106, S. 119* und 132* (September 1935).