

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 107/108 (1936)
Heft: 6

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: 23.02.2026

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

INHALT: Der Formänderungseinfluss beim versteiften Stabbogen. — Das «Z-Verfahren» als neuer Beitrag zur Abwasser-Reinigung. — Mutationen zur Stromrückgewinnung bei Nutzbremse. — Unerlaubte Architekten-Reklameschriften. — Nebenarbeit von Staats-Angestellten im Bauwesen. — Ueber Warenhäuser. — Mitteilungen: Arbeitsmöglichkeiten für Techniker auf den Philippinen. Ueberströmstück und Wirkungsgrad bei mehrstufigen Kreiselpumpen. «Ablegereife» von Drahtseilen. Dieseldram-

men. Drehfedernde Kupplungen. Strassenbahn und Autobus. Dammbruch in U.S.A. Keine Arbeitsmöglichkeiten für technisches Personal in Abessinien. Die Olympiade-Bauten in Berlin. Ausbau der Alpenstrassen. Subventionen an Hochbau-Renovationsarbeiten. — Wettbewerbe: Neumbauung des Hauptplatzes der Hauptstadt Quito in Ecuador. — Nekrologe: Louis Blériot. — Literatur. — Einführungskurs über Abwasserreinigung. — Mitteilungen der Vereine.

Band 108

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. 6

Der Formänderungseinfluss beim versteiften Stabbogen.

Von Dr. sc. techn. FRITZ STÜSSI, Privatdozent an der E. T. H., Zürich.

1. Es ist seit längerer Zeit bekannt, dass bei verankerten Hängebrücken die elastischen Formänderungen, d. h. die Durchbiegungen, eine Entlastung des Versteifungsträgers bewirken. Diese Abweichungen gegenüber den Ergebnissen der technischen Elastizitätslehre, die die Kräfte am unverformten System wirkend annimmt, sind dort oft so gross, dass die Anwendung der noch häufig als üblich bezeichneten Berechnungsweise einer unverformbaren Materialverschwendung gleichkommt oder überhaupt eine vernünftige Bauausführung verunmöglicht würde. Bei Bogenträgern zeigen die Fehler der Elastizitätslehre entgegengesetztes Vorzeichen, da hier eine Vergrösserung der Bogenmomente infolge der Systemverformungen eintritt, was mit einer Abnahme der Tragwerksicherheit gleichbedeutend ist. In dieser Beziehung besteht ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Tragwerken mit aufgehobenem Horizontalschub, bei denen diese Formänderungseinflüsse nicht bestehen, und eigentlichen Bogen- und Hängebrücken.

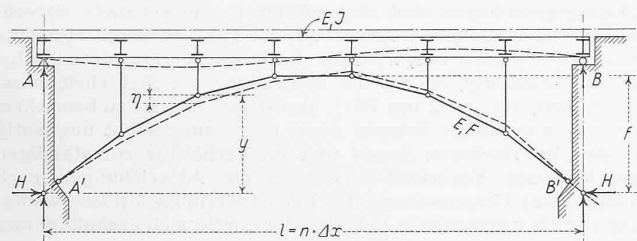


Abb. 1

Der versteifte Stabbogen (Abb. 1) nimmt unter den Bogenträgern insofern eine besondere Stellung ein, als sich hier diese Formänderungseinflüsse besonders einfach berechnen lassen. Dies deshalb, weil als massgebende Formänderungen hier die lotrechten Durchbiegungen des Versteifungsträgers auftreten, während bei gewöhnlichen Bogenträgern die Verschiebungsrichtung nicht von vornherein gegeben ist, sodass dort genau genommen mit zwei Verschiebungskomponenten zu rechnen ist. Der versteifte Stabbogen wird gerade in unsern Verhältnissen oft die zweckmässige Lösung darstellen. Da aber die Durchbiegungsvorschrift unserer neuen Verordnung (S.I.A.-Norm 112) bei üblicher Berechnung nach der Elastizitätslehre nicht genügt, um die Einflüsse der Formänderungen auf die Tragwerksicherheit genügend klein zu halten, scheint die Angabe einer einfachen Methode zur genaueren Berechnung dieser Tragwerksform gerechtfertigt.

2. Wir setzen einen gelenkigen Stabbogen voraus, auf den der Versteifungsträger mit Pendelstützen abgestützt sei. Ueberzählige Grösse X sei der Horizontalschub H des Stabbogens. Bezeichnen wir das Moment der äussern Belastung im einfachen Balken A—B (Grundsystem) mit M_0 , so beträgt das Biegemoment M im wirklichen Tragwerk

$$M = M_0 - H \cdot (y - \eta), \quad (1)$$

wo η zunächst die Durchbiegung des Stabbogens bezeichnet. Da die elastischen Verkürzungen der Stützen vernachlässigbar klein sind, sind in den Knotenpunkten die Durchbiegungen η von Stabbogen und Versteifungsträger gleich gross. Wenn wir uns nun auch die Biegelinie η des Versteifungsträgers polygonal, bestimmt durch die Durchbiegungen in den Knotenpunkten, vorstellen, so liefert uns die Differentialgleichung der elastischen Linie für den Versteifungsträger die Beziehung

$$M = -E J \eta'' = M_0 - H \cdot (y - \eta). \quad (2)$$

Den polygonalen Verlauf der Durchbiegungen können wir uns auch so entstanden denken, dass die Verformungen (Winkeländerungen) des Versteifungsträgers in den Knotenpunkten konzentriert angenommen werden. Dieser gedachte Versteifungsträger sei als Ersatzträger bezeichnet.

Gleichung 2 ist identisch mit der Differentialgleichung des Ersatzträgers, wenn dieser ausser durch die Momente M_0 und

— $H \cdot y$ durch eine gedachte axiale Druckkraft $N = H$ belastet ist, wobei N nur die Momente $N \cdot \eta$, aber keine Längsspannungen $N : F$ erzeugt.¹⁾ Für einen bestimmten Festwert von N können wir die Durchbiegungen η in die beiden Anteile infolge M_0 und — $H \cdot y$ zerlegen:

$$\eta = \eta_0 - H \cdot \eta_{H=1} \quad (3)$$

Für jeden Anteil M_k gilt die Differentialgleichung

$$M_k + N \cdot \eta_k = -E J \cdot \eta_k'' \quad (4)$$

Die Lösung dieser Gleichung liefert die Durchbiegungsanteile η_k . Ein einfaches baustatisches Lösungsverfahren für derartige lineare inhomogene Differentialgleichungen zweiter Ordnung wurde an anderer Stelle angegeben.²⁾ Darnach kann die Differentialgleichung ersetzt werden durch ein System von dreigliedrigen Gleichungen, deren Auflösung ja jedem Statiker geläufig ist. Für den hier vorliegenden Fall lässt sich mit den Abkürzungen

$$U = \frac{6 E J_c}{\Delta x^2}, \quad i_m = \frac{J_c}{J_m}$$

und unter der wohl stets die Steifigkeitsverhältnisse genügend genau erfassenden Annahme feldweise konstanten Trägheitsmoments für jeden Knotenpunkt m die Gleichung anschreiben:

$$\left. \begin{aligned} & -\eta_{m-1} (U + i_m \cdot N) + \eta_m \cdot 2 (U - (i_m + i_{m+1}) N) \\ & -\eta_{m+1} (U + i_{m+1} \cdot N) \\ & = i_m (M_{m-1} + 2 M_m) + i_{m+1} (2 M_m + M_{m+1}) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Die Randbedingungen lauten: $\eta_A = 0, \eta_B = 0$. Die Feldweiten Δx werden entsprechend den Querträgerabständen gewählt; sie sind also bei Anordnung von Zwischenquerträgern kleiner als die Pfostenabstände. Damit sind die Durchbiegungsanteile η_k infolge der Momentenanteile M_k bestimmbar.

Wir haben noch die Elastizitätsbedingung zur Bestimmung des überzähligen Horizontalschubes H aufzustellen. Sie lautet, dass der Abstand der beiden Auflagergelenkpunkte A' und B' sich nicht ändert. In Abb. 2 ist ein Stabbogenfeld in ursprünglichem Zustand und nach eingetretener Verformung skizziert. Daraus können wir die geometrischen Beziehungen

$$\begin{aligned} (\Delta x + \Delta \xi)^2 + (\Delta y - \Delta \eta)^2 &= (s + \Delta s)^2 \\ \Delta x^2 + \Delta y^2 &= s^2 \end{aligned}$$

ablesen.³⁾ Unter Vernachlässigung der kleinen Grössen $\Delta \xi$ gegen Δx , $\Delta \eta$ gegen Δy und Δs gegen s erhalten wir durch Subtraktion

$$\Delta x \cdot \Delta \xi - \Delta y \cdot \Delta \eta = s \cdot \Delta s$$

oder

$$\Delta \xi = \Delta y \cdot \frac{\Delta \eta}{\Delta x} + s \cdot \frac{\Delta s}{\Delta x} \quad (6)$$

Die Stabverkürzung Δs setzt sich aus der Zusammendrückung infolge der Längskraft $S = H : \cos \alpha$ und aus dem Einfluss der Temperaturänderung zusammen:

¹⁾ Eine ähnliche Umdeutung der Differentialgleichung finden wir bei S. Timoshenko: «Suspension bridges with a continuous stiffening truss», Abhandlungen I. V. B. H. 2. Band, 1933/34, bei der Berechnung von Hängebrücken. Dagegen wird erst durch die gedankliche Trennung von H und dem gedachten Festwert N eine Zerlegung in Teileinflüsse und damit eine zur üblichen Theorie statisch unbestimmter Tragwerke analoge Berechnung möglich.

²⁾ F. Stüssi: «Baustatische Methoden». «SBZ» Bd. 107, S. 277, 20. Juni 1936. S. auch: F. Stüssi: «Die Stabilität des auf Biegung beanspruchten Trägers», Abhandlungen I. V. B. H. 3. Band 1935.

³⁾ Diese Ableitung der Elastizitätsbedingung stimmt, abgesehen von der Zerlegung in Teildurchbiegungen η , mit einer auch bei der genaueren Berechnung von Hängebrücken verwendeten Form überein. Siehe Hans Bleich: «Die Berechnung verankerter Hängebrücken», Wien, Springer, 1935. Uebrigens erlaubt auch bei Hängebrücken die Trennung von N und H eine Vereinfachung der genaueren Berechnung, s. F. Stüssi: «Zur Berechnung verankerter Hängebrücken» Abhandlungen I. V. B. H., 4. Band 1936.