

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 9/10 (1887)
Heft: 16

Inhaltsverzeichnis

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.05.2025

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

INHALT: Zur Theorie der Knickungsfestigkeit. Von Professor L. Tetmajer in Zürich. — Preisbewerbung für eine neue Tonhalle in Zürich. III. — Patentliste. — Miscellanea: Lithanod-Secundär-Batterien. Schmalspurbahnen. Personenwagen-Beleuchtung auf den Eisenbahnen Deutschlands. Am neuen Frankfurter Opernhaus. Birsigthalbahn. —

Concurrenzen: Neue Tonhalle in Zürich. Näfeler Denkmal. Ständehaus in Rostock. — Vereinsnachrichten. Stellenvermittlung.

Hiezu eine Lichtdrucktafel: Preisbewerbung für eine neue Tonhalle in Zürich. Entwürfe von Arch. Eugen Meyer in Paris und von Arch. W. Martin in Riesbach (Zürich).

Zur Theorie der Knickungsfestigkeit.

Von Prof. L. Tetmajer in Zürich.

Zur Berechnung der Abmessungen rückwirkend beanspruchter Bauconstructionen mit entsprechend ausgeprägter Längenausdehnung dienen derzeit vorwiegend zwei, von einander völlig verschiedene Formeln. Die eine, die Euler'sche Formel

$$\sigma_k = \frac{\alpha \varepsilon}{n} \frac{J}{F l^2} = \frac{\alpha \varepsilon}{n} \left(\frac{k}{l} \right)^2$$

ist als die theoretische Knickungsformel bekannt und durch Integration der Differentialgleichung der elastischen Linie des rückwirkend beanspruchten Balkens erhältlich. Die andere, vielfach angewandte Knickungsformel, ist eine empirische und soll zuerst von Gordon, nach andern Quellen durch Schwarz in Stuttgart (1854) aufgestellt worden sein. Rankine hat dieselbe aufgegriffen, unwesentlich modificirt und in seinem „Manual of Civil Engineering“ (1862) wiedergegeben; in der modificirten Form ist die Schwarz-Gordon'sche Knickungsgleichung als die Rankine'sche Formel bekannt. Wir wollen dieselbe fortan als die Schwarz-Rankine'sche Knickungsformel benennen und in der Form:

$$\sigma_k = \frac{\sigma_a}{1 + \eta \frac{l^2 F}{J}} = \frac{\sigma_a}{1 + \eta \left(\frac{l}{k} \right)^2}$$

schreiben. Bekanntlich bezeichnet in vorstehenden Ausdrücken:

- α eine, von der Einspannungsart des Stabes abhängige Constante;
- n den gewählten Sicherheitsgrad;
- l die Stablänge;
- k den kleinsten Trägheitshalbmesser ($k^2 F = J$);
- J das kleinste Trägheitsmoment der Querschnittsfläche für ihre Schweraxe;
- σ_a die zulässige spezifische Inanspruchnahme auf Druck; endlich
- η den Erfahrungscoefficienten (Knickungscoefficient).

Die Brauchbarkeit der Euler'schen Formel zur Bestimmung der Dimensionen rückwirkend beanspruchter Bauconstructionstheile ist vielfach angezweifelt worden. Allerdings musste schon Hodgkinson, um die Ergebnisse seiner Festigkeitsversuche in eine algebraische Form zu kleiden, von der Euler'schen Formel abweichen. In seiner Geschichte der techn. Mechanik (1885) sagt Prof. Rühlmann unter anderem: „Für die Anwendung im Gebiete der Technik hat die Euler'sche Regel nur wenig Werth“. Prof. Lang in Riga spricht ihr jede Bedeutung rundweg ab; er sagt: „... mit der Euler'schen Formel lässt sich in der Praxis nichts anfangen“ ... „und sie sollte daher aus den Formelsammlungen für den practischen Constructeur ganz verschwinden“ (1883).

Dass in dieser Allgemeinheit das Urtheil der genannten Herrn nicht ganz zutrifft, geht schon aus den einschlägigen Darstellungen des Hrn. Zimmermann, Centr.-Blatt der Bauverwaltungen, 1886, klar hervor. Prof. Bauschinger's experimentelle Untersuchungen der Knickungsfestigkeit, vergl. das 15. Heft seiner lehrreichen Mittheilungen, haben neuerdings bestätigt, dass zunächst für das zwischen Spitzen gelagerte, an den Enden also thunlichst bewegliche, fagonirte Schmiedeeisen die Versuchsergebnisse überhaupt nur mit der Euler'schen Formel befriedigend übereinstimmen.

Auch die im eidg. Festigkeitsinstitute an Holz und dem schmiedbaren Eisen ausgeführten Knickungsversuche bestätigen insofern Bauschinger's Befund, als sowohl das Schweiss- wie auch das Flussschmiedeeisen bei Spitzenlagerung und Spannungen der Stäbe, die nicht allzunah

an der Elasticitätsgrenze der Druckfestigkeit des Materials liegen, eine in der That überraschende Uebereinstimmung der Euler'schen Formel ergaben. Bei Holz stimmen die Versuchsergebnisse mit der Rechnung nach Euler's Formel weniger gut, bei Stein selbst unter Anwendung eines mittleren Elasticitätsmoduls gar nicht überein.

Der Euler'schen Knickungsformel kann somit der Vorwurf gemacht werden, dass sie nicht für alle Baustoffe, mit welchen füglich der ausführende Techniker zu arbeiten hat, verwendbar sei, und dass sie für das elastische, schmiedbare Eisen bei entsprechend kurzen Stäben, also bei Stäben, deren Knickungskräfte in die Nähe der Elasticitätsgrenze des Materials fallen, zu grosse Zahlenwerthe liefert. Eine weitere, übrigens allen Knickungsformeln gemeinsam anhaftende Schwäche der Euler'schen Formel liegt in der Beurtheilung des Werthverhältnisses von α , sowie in der Wahl des anzuwendenden Sicherheitsgrades n . Prof. Culmann wählte mit Vorliebe $n = \pi^2$; andere Constructeure arbeiten mit $n = 5$ bis 10; Prof. O. Jutze wählte bei Bearbeitung seines trefflichen Albums der deutschen Normalprofile $n = 5$ u. s. w.

Die ausgedehnte Anwendung, deren sich die empirische Formel von Schwarz-Rankine erfreut, möchte der Hauptsache nach in ihrer practischen Verwendbarkeit zur Dimensionirung rückwirkend beanspruchter Bauconstructionstheile zu suchen sein. Die zulässige Inanspruchnahme des Materials auf Druck σ_a ist stets mit hinreichender Sicherheit bekannt; der Nenner:

$$1 + \eta \left(\frac{l}{k} \right)^2 = m$$

stellt die Grösse der Abminderung der zulässigen Druckspannung wegen Knickungsgefahr dar und wäre in diesem Ausdrucke der Erfahrungscoefficient η bekannt, so könnte auch die schliessliche Dimensionirung des betreffenden Constructionstheils anstandslos vor sich gehen.

Bisher wurde η als ein vom Materiale abhängiger, somit für ein und dasselbe Material constanter Erfahrungscoefficient angesehen und behandelt. So nehmen beispielsweise

Laissle und Schübler: für Schmiedeeisen: $\eta = 0,00008$

„ Gusseisen : „ = 0,00025

„ Holz : „ = 0,00016 an.

Ingenieur Scharowski verwendet in seinem Musterbuche für Eisenconstruktionen

für Schmiedeeisen: $\eta = 0,0001$,

„ Gusseisen : „ = 0,0002.

Aehnliche Zahlenwerthe legt Herr Ingenieur Lauter den Berechnungen seiner Brückenconstruktionen zu Grunde.

Prof. Bauschinger hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass bei gusseisernen Säulen die Art des Gusses Einfluss auf den Erfahrungscoefficienten η übt. Bauschinger konnte wiederholt an Versuchen feststellen, dass bei Berechnung von Säulen der üblichen Länge:

bei stehendem Guss: $\eta = 0,00022$,

„ liegendem „ $\eta = 0,00060$

zu wählen sei.

Für Holzpfeiler mit einer Länge gleich der 18- bis 20fachen Querschnittsbreite fand Bauschinger bei Kugellagerung der Probekörper:

$$\eta = 0,000060,$$

ein Werth, welcher sich mit dem von uns gefundenen (im Mittel aus 29 Versuchen: 0,000068) befriedigend deckt.

Die im Jahre 1882/83 im eidg. Festigkeitsinstitute an Holzprismen mit unterschiedlichen Längen ausgeführten Knickungsversuche haben unzweifelhaft dargethan, und sind durch alle späteren Versuche bestätigt, dass von einer Constanz des Knickungscoefficienten η überhaupt nicht die