

**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 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:** 04.04.2026

**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:

- $\alpha$  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;
- $\sigma_a$  die zulässige spezifische Inanspruchnahme auf Druck; endlich
- $\eta$  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, façonirte 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 insoferne *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  $\alpha$ , 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. Jutz* 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  $\sigma_a$  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  $\eta$  bekannt, so könnte auch die schliessliche Dimensionirung des betreffenden Constructionstheils anstandslos vor sich gehen.

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

<i>Laisle und Schübler</i> : 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  $\eta$  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 *Holzpfosten* mit einer Länge gleich der 18- bis 20fachen Querschnittsbreite fand *Bauschinger* bei Kugelagerung 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  $\eta$  überhaupt nicht die