

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 105/106 (1935)  
**Heft:** 11

## 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:** 15.01.2026

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

INHALT: Exzentrisches Kippen. — Arbeitsmarkt und Arbeitsbeschaffung für die technischen Berufe. — Ideenwettbewerb für ein neues Kantonsschul-Gebäude in Solothurn. — Verstärkung einer Eisenbetonkonstruktion. — Mitteilungen: Photo-elektrische Verkehrssicherung. Trinatriumphosphat zur Kesselwasserreinigung. Betriebsunfälle in England. Der Hafen von Haifa (Palästina). Die Wohnungsverhältnisse in U.S.A. Vom 12. Genfer Automobilsalon. Ein Schnellomnibus in Stromlinienform. Der 3. Schweizerische Verkehrskongress. — Nekrolog: Joseph Chuard. — Wettbewerbe: Kantonalfiliale in Binningen (Basel). Gewerbliche Berufsschule Winterthur. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortragskalender.

## Band 105

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. 11

## Exzentrisches Kippen.

Von Dr. sc. techn. FRITZ STÜSSI, Priv.-Doz. an der E.T.H., Zürich.

1. Mit Kipperscheinungen hat Prandtl<sup>1)</sup> die Vorgänge bezeichnet, die beim Unstabilwerden eines auf Biegung beanspruchten Balkens auftreten: unter der kritischen Belastung biegt der Balken bei gleichzeitiger Verdrehung seitlich aus und verliert seine Tragfähigkeit. Bei genügend schlanken Trägern tritt der Kippvorgang bei Beanspruchungen ein, die unter der Proportionalitätsgrenze liegen. Die Untersuchungen Prandtl's, die auf der mathematischen Lösung der Differentialgleichung des Kippproblems beruhen, beschränken sich auf einige einfache Belastungsfälle von Balken mit Rechteckquerschnitt. Eine Erweiterung dieser grundlegenden Arbeit auf Träger mit I-Querschnitt stammt von Timoshenko<sup>2)</sup>, der mit Erfolg Energiebetrachtungen zur Lösung dieses Stabilitätsproblems beigezogen hat. Bei beliebiger Belastung und Auflagerung des Balkens ist die Bestimmung der kritischen Belastung, ähnlich wie beim Verfahren von Vianello<sup>3)</sup> für Knickstäbe, durch den Vergleich von elastischen Formänderungskurven möglich, die mit den bekannten Mitteln der Baustatik einfach bestimmt werden können.<sup>4)</sup>

Alle diese Untersuchungen des Stabilitätsproblems von auf Biegung beanspruchten Trägern beruhen auf ähnlichen Voraussetzungen wie die Eulersche Lösung des Knickproblems: die ermittelten Kipplasten gelten bei vollständig geraden und unverdrehten Balken aus homogenem Material und bei genau in Hauptbiegungsebene wirkendem Kraftangriff. In Wirklichkeit sind diese Voraussetzungen nie absolut erfüllt. Es ist deshalb von theoretischem und praktischem Interesse zu untersuchen, um wieviel die kritische Belastung sich vermindert, wenn beispielsweise eine anfängliche seitliche Ausbiegung vorhanden ist. Dieses Problem sei, in Analogie zum exzentrischen Knicken, mit exzentrischem Kippen bezeichnet.

2. Die nachstehende Untersuchung beruht auf folgenden Ueberlegungen: Wenn in einem Bauelement aus Bau- stahl an einer Stelle die Fliessgrenze erreicht wird, so nehmen die Formänderungen bei nur wenig steigender Belastung stark zu. Das bedeutet bei Stabilitätsaufgaben, dass in diesem Moment die Tragfähigkeit annähernd erreicht ist. Wir ersetzen deshalb das Stabilitätsproblem durch eine Festigkeitsaufgabe, bei der die Grösse derjenigen Belastung bestimmt werden soll, unter der irgend eine Faser des Trägers die Fliessbeanspruchung erreicht. Es darf ferner ohne allzu grossen Fehler angenommen werden, dass sich der Träger bis zu diesem Moment elastisch verhält, der Baustoff somit einem nach Prandtl idealisierten Spannungsdehnungsdiagramm folgt, bei dem Proportionalitätsgrenze und Fliessgrenze zusammenfallen.

Es sei hier daran erinnert, dass die grundsätzlich gleichen Ueberlegungen schon vor längerer Zeit zur Lösung

<sup>1)</sup> L. Prandtl: Kipperscheinungen. Ein Fall von instabilem elastischem Gleichgewicht. Diss. München 1899.

<sup>2)</sup> S. Timoshenko: Einige Stabilitätsprobleme der Elastizitätstheorie. Zeitschrift für Mathematik und Physik 1910.

S. Timoshenko: Sur la Stabilité des Systèmes élastiques. Annales des Ponts et Chausées 1913.

S. Timoshenko: Stability of plate girders subjected to bending. Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau, Kongress Paris 1932, Vorbericht.

<sup>3)</sup> L. Vianello: Z. d. Ver. deutsch. Ing. 1898.

<sup>4)</sup> F. Stüssi: Die Stabilität des auf Biegung beanspruchten Trägers. Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau, Abhandlungen, 3. Band 1935 (erscheint demnächst).

des exzentrischen Knickens in Form der in dieser Zeitschrift von Koechlin<sup>5)</sup> veröffentlichten Kurven geführt haben. Es ist selbstverständlich, dass mit Erreichen der Fliessgrenze an einer Trägerstelle diejenige Grenzbelastung noch nicht vollständig erreicht ist, unter der gerade noch Gleichgewicht bestehen kann und die eigentlich erst das Versagen des Stabes charakterisiert. Dagegen zeigt der Vergleich der Koechlin'schen Kurven mit den den kritischen Gleichgewichtszustand erfassenden Kurven von Kármán<sup>6)</sup>, Roß-Brunner<sup>7)</sup> und Chwalla<sup>8)</sup>, dass für nicht allzu gedrungene Stäbe und bei kleiner anfänglicher Ausbiegung die Festigkeitskurven (Koechlin) sehr nahe an der tatsächlichen Grenzbelastung liegen. Der Schluss ist deshalb berechtigt, dass die hier abzuleitenden Festigkeitskurven für das exzentrische Kippen bei nicht zu kleiner Spannweite und kleinen anfänglichen Ausbiegungen mit guter Annäherung auch die Grenzbelastung des ausgebogenen Balkens darstellen.

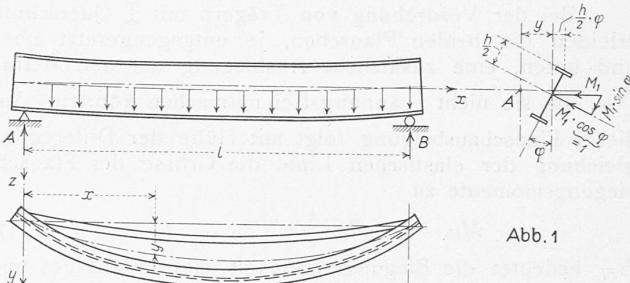


Abb. 1

3. Wir beschränken unsere Untersuchung auf den in Abb. 1 in verformtem Zustand skizzierten einfachen Balken mit konstantem I-Querschnitt mit in Balkenaxe angreifender Belastung. Infolge der als klein vorausgesetzten anfänglichen seitlichen Ausbiegung  $y_0$  verursacht die Belastung Torsionsmomente  $T$ , die eine Verdrehung  $\varphi$  der Balkenquerschnitte bewirken. Dadurch liefert das Biegemoment  $M_1$  der äusseren Kräfte eine Komponente

$$M_2 = M_1 \sin \varphi,$$

oder, da bei kleiner Ausbiegung auch die Verdrehung klein bleibt,

$$M_2 = M_1 \varphi \quad \dots \quad (1)$$

die die seitliche Ausbiegung  $y$  um den Betrag

$$y_1 = a y_0 \quad \dots \quad (2)$$

vergrössert. War die Form der Ausbiegung  $y_0$  passend gewählt, nämlich so, dass  $y_1$  zu  $y_0$  ähnlich verläuft, so muss die durch  $y_1$  verursachte Vergrösserung der Ausbiegung den Wert  $y_2 = a y_1$  erreichen. Der Endwert  $y$  kann somit angeschrieben werden zu

$$y = y_0 (1 + \alpha + \alpha^2 + \alpha^3 + \dots) = y_0 \frac{1}{1 - \alpha} \quad (3)$$

Das Tragwerk ist unstabil für  $\alpha = 1$ , weil dafür, auch bei sehr kleiner anfänglicher Ausbiegung  $y_0$ , der Endwert  $y$  sehr grosse Werte erreicht. Bei endlichen Werten von  $y_0$  treten infolge der Torsionsmomente  $T$  und der Biegemomente  $M_2$  zusätzliche Beanspruchungen auf, sodass die Fliessgrenze früher erreicht wird, als wenn nur das Hauptbiegemoment  $M_1$  wirksam wäre.

<sup>5)</sup> R. Koechlin: Berechnung eines auf exzentrischen Druck beanspruchten Stabes. „SBZ“ Band 33, S. 159\* und 171\*, Mai 1899.

<sup>6)</sup> Th. v. Kármán: V. D. I.-Forschungsheft Nr. 81, 1910.

<sup>7)</sup> M. Roß und J. Brunner: Die Knicksicherheit von an beiden Enden gelenkig gelagerten Stäben aus Konstruktionsstahl. T. K. V. S. B., Zürich 1926.

<sup>8)</sup> E. Chwalla: Theorie des aussermittig gedrückten Stabes aus Baustahl. Der Stahlbau 1934.