

Objektyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **105/106 (1935)**

Heft 11

PDF erstellt am: **20.05.2024**

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

### **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*  
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, [www.library.ethz.ch](http://www.library.ethz.ch)

<http://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: Photoelektrische Verkehrssicherung. Trinatriumphosphat zur Kesselwasserreinigung. Betriebsunfälle in England. Der Hafen von Haifa (Palästina). Die Wohnungsverhält-

nisse in U.S.A. Vom 12. Genfer Automobilsalon. Ein Schnellomnibus in Stromlinienform. Der 3. Schweizerische Verkehrskongress. — Nekrologe: Joseph Chuard. — Wettbewerbe: Kantonalbank-Filiale in Binningen (Basel). Gewerbliche Berufsschule Winterthur. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 105

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Verbandsorgane 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 Prandtls, 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 Kippplasten 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 Überlegungen: Wenn in einem Bauelement aus Baustahl 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 Überlegungen schon vor längerer Zeit zur Lösung

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>, Roš-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.

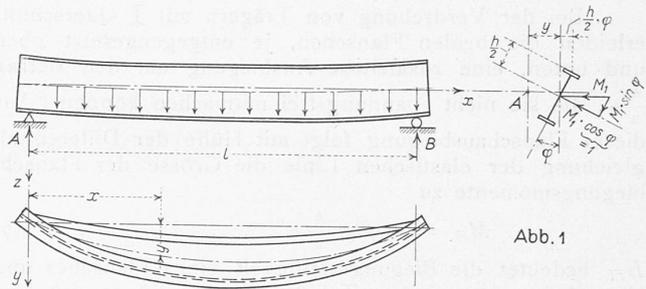


Abb. 1

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 äussern 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

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

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  $y_2 = \alpha y_1$  erreichen. Der Endwert  $y$  kann somit angeschrieben werden zu

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

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. Roš 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 aussermittigt gedrückten Stabes aus Baustahl. Der Stahlbau 1934.

<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 Chaussées 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).