

Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **123/124 (1944)**

Heft 21

PDF erstellt am: **21.09.2024**

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.

INHALT: Knickstabilität. — Das neue Tiefkühl-Lagerhaus der Brauerei Hürlimann AG., Zürich. — Wohnhaus «Moncucchetto» der Familie A. C. L., Lugano. — Photo- und Katasterpläne mit photogrammetrisch erstellten Höhenkurven. — Mitteilungen: Probleme der Orts-

planung. Massivbaracken. — Wettbewerbe: Erweiterung des Kunsthause Zürich. Kirchgemeindehaus Langenthal. — Nekrologe: Fritz Zimmermann. Adolf Bräm. — Literatur. Mitteilungen der Vereine.

Band 123

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. 21

Knickstabilität

Von Ing. Dr. J. BRUNNER, EMPA, Zürich

[Die vorliegende Abhandlung ist gedacht als einleitendes Kapitel einer grösseren Schrift: «Die Knickstabilität der technisch wichtigsten Baustoffe» die von der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt herausgegeben werden wird.]

Die mangelnde Knicksicherheit von auf Druck beanspruchten Konstruktionsgliedern hat sich im Ingenieurbauwesen oft verhängnisvoll ausgewirkt. Dreiviertel aller Einstürze im Eisenbrückenbau, im Holz- und Eisenhochbau sind auf ungenügende Knicksicherheit zurückzuführen. Der Knickgefahr ausgesetzten Baugliedern ist daher die grösste Sorgfalt bei der Berechnung und konstruktiven Durchbildung zuzuwenden. Insbesondere muss dem die Knicksicherheit vermindern Einfluss des exzentrischen Kraftangriffes die gebührende Beachtung zuteil werden.

Die Frage der Knickstabilität hatte die Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (Zürich) schon unter ihrem ersten Direktor, Prof. L. von Tetmajer ganz besonderes Interesse gewidmet, wie die Veröffentlichungen aus den Jahren 1889/1901 beweisen. Auf Grund der gross angelegten Versuche wurden die bekannten Knickformeln aufgestellt, die in ihrem empirischen Bereich heute noch volle Anerkennung geniessen.

Die Versuche über Knickfestigkeit wurden in den Jahren 1925/1940 wieder aufgenommen und dabei vor allem der Frage des exzentrischen Knickens Aufmerksamkeit geschenkt, wie denn überhaupt in diesen Jahren an den Internat. Brückenbau-Kongressen diese Fragen mehrfach behandelt wurden. Es ergab sich die Möglichkeit, die Knickfestigkeit wie beim zentrischen Lastangriff auch bei exzentrischem Lastangriff aus dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm abzuleiten, was z. B. für Baustoff mit neuen Eigenschaften (hochwertiger Baustahl, Si-Stahl, Gusstahl, Leichtmetalle, Holz verschiedener Qualität, Beton verschiedener Qualität usw.) von Wichtigkeit ist. Es können die Knickspannungslinien theoretisch abgeleitet werden. Die Versuchsreihen dienen dann zur praktischen Ueberprüfung der Theorien. Die physikalisch richtige Erfassung des Knickproblems gestattet auch statisch verwickeltere Verhältnisse zu behandeln. So wurden untersucht: Knicken bei nach beiden Hauptaxen exzentrischem Lastangriff, Knicken bei exzentrischem Lastangriff in einer Hauptaxe und Knickrichtung nach der andern Hauptaxe, Knicken bei gleichzeitig wirkender Seitenlast; Einfluss der Querschnittform. Auch an die Frage der gegliederten Stäbe und der Rahmenstäbe wurde herantreten und die Theorie durch Versuche überprüft¹⁾.

Das Wesen des Knickens

In den Knickerscheinungen erkennen wir ein Stabilitätsproblem, das sich nicht auf das Erreichen einer durch das Material gegebenen, bestimmten Spannung zurückführen lässt; nicht das Auftreten einer gewissen Randfaser Spannung, etwa der Proportionalitätsgrenze, der Fließgrenze oder der Bruchgrenze führt den Knickzustand herbei, sondern das Eintreten der instabilen Gleichgewichtslage des Stabes für die äussern belastenden Kräfte und die innern elastischen Reaktionskräfte (bei einer virtuellen Ausbiegung). Ein sehr schlanker Stab knickt schon weit vor dem Erreichen der Proportionalitätsgrenze aus, ein sehr gedrängter Stab überwindet die Fließgrenze. Die zulässige Belastung bei Knickerscheinungen ist also herzuleiten aus der kritischen Belastung, die die Instabilität erzeugt. Erst aus der Knicklast kann sekundär, unter Einsetzen eines Sicherheitsfaktors eine zulässige Beanspruchung rechnerisch hergeleitet werden.

Wir bemerken hier, dass der Baustatik eben zwei Kriterien dienen: Einerseits muss das von äussern und innern Kräften gebildete Gleichgewicht stabil sein, andererseits dürfen die zu definierenden Spannungen gewisse vom Baustoff abhängige Grenzen nicht überschreiten. Entsprechend gliedert sich die ganze Festigkeitslehre in eine «Stabilitätstheorie» und eine «Spannungstheorie» (Handbuch Schleicher). Für sehr gedrängte Stäbe geht, wie wir unten bemerken, das Stabilitätsproblem in ein Spannungs-

(Druckfestigkeits)-Problem über. Das Stabilitätsproblem bietet aber das umfassende Kriterium, in dem erweiterten Sinne, dass auch das Zerreißen oder Zerdrücken einer Faser Unstabilität hervorrufen kann.

Zur Orientierung wollen wir an dieser Stelle den allgemeineren Begriff der Stabilität, wie ihn die allgemeine Physik lehrt, in Betracht ziehen. Den einfachsten Fall der drei Gleichgewichtslagen zeigt ein körperliches Pendel, je nachdem es oberhalb oder unterhalb des Schwerpunktes oder in diesem selbst aufgehängt ist. Analoge Beispiele ergeben Körperketten, die Schiffstabilität, die Standfestigkeit von Stützmauern usw.

Die Statik kennt zur Charakterisierung der Stabilität das *energetische Mass* (positive und negative Arbeit, die bei einer virtuellen Bewegung in Erscheinung tritt), das *dynamische Mass* (die Grösse einer bestimmten Kraft oder Belastung, die Bewegung erzeugt). Auf einen festen, unelastischen Körper, z. B. eine Stützmauer angewendet, zeigen sich folgende Verhältnisse (Abbildung 1): Das energetische Mass der Standfestigkeit ist hier $M_{krit} = G(r-h)$. Im vorliegenden Fall ist für eine Bewegung positive Arbeit zu leisten. Der Standsicherheitsgrad beträgt:

$$n = \frac{M_{krit}}{M_{vorh}}$$

Das dynamische Mass der Standfestigkeit ist $P_{krit} = \frac{Gb}{h}$.

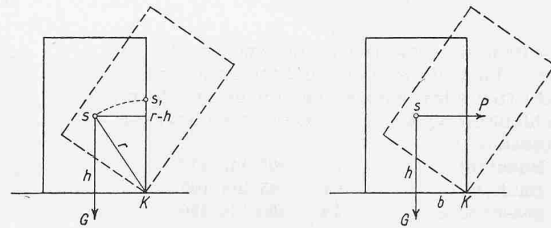


Abb. 1. Energetisches $G(r-h)$ und dynamisches P Mass der Standfestigkeit

P_{krit} verursacht eine Bewegung. Der Standsicherheitsgrad beträgt:

$$n = \frac{P_{krit}}{P_{vorh}}$$

Der Fall der elastischen Stabilität (es hat sich hier das Wort «Stabilität» statt «Standfestigkeit» in die Literatur eingebürgert) tritt in Erscheinung beim Knicken eines Stabes. Ein gelenkig gelagerter, mit P belasteter Stab ist, sofern er eine gewisse Länge nicht überschreitet, im stabilen Gleichgewicht und wird nicht ausknicken. (Wir *variieren* hier gedanklich die Länge des Stabes und behalten P bei, um die Spannung $\sigma = \frac{P}{F}$

konstant zu halten und zu zeigen, dass nicht die Spannung für die Stabilität massgebend ist). Ueberschreitet der Stab aber diese Länge l_k bei der Last P , so knickt er aus. Das energetische Mass der Stabilität erweist, dass von dieser Länge l_k ab die elastische Energie, die einer Ausbiegung des Stabes entspricht, kleiner ist als die potentielle Energie, herrührend von der mit der Ausbiegung verbundenen Senkung des belastenden Gewichtes. In der Folge benutzen wir aber in dem vorliegenden Bericht nur das «dynamische Mass» der Stabilität durch Bestimmung der Kraft P , bei der eine Bewegung, ein Ausweichen des Stabes (von konstanter Länge) eintreten, d. h. die stabile Lage in eine instabile übergehen würde. Es wird also die Knickkraft P_k bestimmt. Wir legen hier die grundsätzlichen Verhältnisse etwas schematisiert dar, um erst später auf die Verfeinerungen einzugehen.

Stellen wir uns einen vorerst sehr schlanken Stab vor, und geben ihm eine virtuelle Ausbiegung, z. B. durch eine störende Seitenkraft, so erfolgt nach deren Wegnahme wieder eine Rückkehr in die gerade Lage, solange die belastende Kraft P kleiner bleibt als die kritische Last P_k und wenn in keinem Stab-Element die Proportionalitätsgrenze überschritten wurde; eine wenigstens teilweise Rückkehr, wenn eine Ueberschreitung vorkam. Das dem Ausbiegen entgegenwirkende innere Reaktionsmoment aus den Elastizitätskräften — dessen quantitative Bestimmung wir später geben werden — wächst stärker an als

¹⁾ Vergl.: M. Roß und J. Brunner. Die Knicksicherheit von an beiden Enden gelenkig gelagerten Stäben aus Konstruktionsstahl.

M. Roß. Abhandlung im Bericht der Internat. Tagung für Brücken- und Hochbau, Wien 1928. — Abhandlung im Kongressbericht der Internat. Tagung für Brücken- und Hochbau, Paris 1932.