Die Ausbeutung von durch einseitigen, gleichmässig verteilten Druck beanspruchten Blechen im elastischen und plastischen Bereich

Autor(en): **Kollbrunner, C.F.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **65 (1947)**

Heft 8

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-55833

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.e-periodica.ch

65. Jahrgang Nachdruck von Bild oder Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 8

Die Ausbeulung von durch einseitigen, gleichmässig verteilten Druck beanspruchten Blechen im elastischen und plastischen Bereich

Von Ing. Dr. sc. techn. C. F. KOLLBRUNNER, Direktor der A.-G. Conrad Zschokke, Stahlbau, Döttingen DK: 624.075.4

Zur Vervollständigung der am *Institut für Baustatik an der E. T. H.* durchgeführten Stabilitätsversuche über das Ausknicken zentrisch und exzentrisch belasteter Rechteckstäbe[1]) und das Ausbeulen der auf Druck beanspruchten freistehenden Winkel[2]) wurden im gleichen Institut grosse Versuchsreihen über die Ausbeulung von auf gleichmässig verteilten Druck beanspruchten Platten im elastischen und plastischen Bereich durchgeführt[3]). Die erste diesbezügliche zusammenfassende Veröffentlichung über 359 Versuche, die von der Technischen Kommission des Verbandes Schweizerischer Brükkenbau- und Stahlhochbauunternehmungen (T. K. V. S. B.) herausgegeben wurde, behandelt diesen einfachsten Fall der Ausbeulung von Blechen[4]). Damit das Problem der Plattenausbeulung noch weiter abgeklärt werden kann, müssen noch folgende Versuchsreihen durchgeführt werden:

1. Platten an den Rändern b durch ungleichmässigen Druck beansprucht (Bild 1 b)
2. Platten an den Rändern b durch reine Biegung beansprucht (Bild 1 c)
3. Platten durch Schub beansprucht (Bild 1 d)

und eventuell:

4. Platten an den Rändern b und a durch gleichmässig verteilten Druck beansprucht (Bild 1 e)
5. Platten an den Rändern b und a durch ungleichmässigen Druck beansprucht (Bild 1 f)

Erst wenn diese Versuchsreihen, die mit einer neuen Festigkeitsmaschine am Institut für Baustatik der E. T. H. durchgeführt werden, beendigt sind (die T. K. V. S. B. rechnet dabei mit einer Dauer von etwa $1^1/_2$ Jahren), sollen einfache Versuche mit verschiedenen Aussteifungen durchgeführt werden. Anschliessend daran sind Blechträger mit verschiedenartig angeordneten Aussteifungen versuchstechnisch zu kontrollieren, damit als Schlussergebnis dem Konstrukteur einfache Anleitungen für die Berechnung und Anordnung der Aussteifungen gegeben werden können.

Heute ist es noch ein weiter Weg vom bis jetzt versuchstechnisch behandelten einfachsten Ausbeulproblem bis zur gewünschten Berechnung der ökonomischsten und dabei absolut sicheren Blechaussteifung, ein Weg, der sicherlich noch viele Hindernisse aufweisen wird, der jedoch mit Arbeit, gutem Willen, einwandfreien Versuchen und klarer theoretischer Behandlung zum ersehnten Ziel, der Erkenntnis des Wahren, Besten und Zweckmässigsten führen wird.

Untersucht man eine Platte, die an den Rändern b gelenkig gelagert ist und an den Rändern a die in Bild 2 angegebenen Randbedingungen erfüllen kann, so erhält man, sofern die Ränder b durch gleichmässig verteilten Druck beansprucht werden, für orthogonal anisotrope Platten folgende theoretische Ausbeulformel[5]):

$$(1)\quad \sigma_K = p\,\frac{\pi^2 E}{12\,(1-\overline{m}^2)}\left(\frac{\delta}{b}\right)^2 \tau^* + q\,\frac{\pi^2 E}{12\,(1-\overline{m}^2)}\left(\frac{\delta a}{b^2}\right)^2 \frac{1}{n^2} + \frac{\pi^2 E}{12\,(1-\overline{m}^2)}\left(\frac{\delta}{a}\right)^2 n^2 \tau$$

Darin bedeuten:

E Elastizitätsmodul

$\overline{m}$ Querkürzungsverhältnis (kann für Stahl und die vorliegenden Fälle zu 0,3 angenommen werden)

b Breite, a Länge, δ Dicke des Bleches

n Anzahl der Halbwellen

τ Knickzahl. Für Rechteckquerschnitte $\tau = \dfrac{4\,\frac{E'}{E}}{\left(1+\sqrt{\frac{E'}{E}}\right)^2}$

τ^* Knickzahl für das Glied, für welches beide Plattenrichtungen von Einfluss sind; $\tau < \tau^* < 1$

E' Veränderlicher Elastizitätsmodul über der Proportionalitätsgrenze: $E' = \dfrac{d\sigma}{d\varepsilon}$

Die Koeffizienten p und q bestimmen sich aus den Randbedingungen zu:

Fall I	$p = 0{,}000$	$q = 0{,}000$
Fall II	$p = 0{,}425$	$q = 0{,}000$
Fall III	$p = 0{,}570$	$q = 0{,}125$
Fall IV	$p = 2{,}000$	$q = 1{,}000$
Fall V	$p = 2{,}500$	$q = 5{,}000$
Fall VI	$p = 2{,}270$	$q = 2{,}450$

Dabei wurde bei der Aufstellung der Gleichung (1) angenommen, dass die Ränder b frei drehbar gelagert sind, so dass die Platten um diese Ränder frei wippen können. Dies ist jedoch weder in der Praxis noch bei den durchgeführten Versuchen vollkommen der Fall. Bei den Versuchen wurden die Ränder b durch Pressplatten, ohne Einschaltung eines Gelenkes, gedrückt, und in der Praxis ist ebenfalls kein Gelenk vorhanden. Berücksichtigt man diesen Umstand mit den Koeffizienten K_1 und K_2 und führt man für τ^* den durch die Versuche ermittelten Wert $\dfrac{\tau+\sqrt{\tau}}{2}$ ein, so geht Gleichung (1) über in

$$(2)\quad \sigma_K = p\,\frac{\pi^2 E}{12\,(1-\overline{m}^2)}\left(\frac{\delta}{b}\right)^2 \frac{\tau+\sqrt{\tau}}{2} + K_1 q\,\frac{\pi^2 E}{12\,(1-\overline{m}^2)}\left(\frac{\delta a}{b^2}\right)^2 \frac{1}{n^2} + K_2\,\frac{\pi^2 E}{12\,(1-\overline{m}^2)}\left(\frac{\delta}{a}\right)^2 n^2 \tau$$

Dabei sind die Korrektionsfaktoren $K_1 = \dfrac{1}{K_2}$

[1]) *C. F. Kollbrunner:* Zentrischer und exzentrischer Druck von an beiden Enden gelenkig gelagerten Rechteckstäben aus Avional M und Baustahl. «Der Stahlbau» 1938, Hefte 4, 5 und 6.

[2]) *C. F. Kollbrunner:* Das Ausbeulen des auf Druck beanspruchten freistehenden Winkels. Mitteilung Nr. 4 aus dem Institut für Baustatik an der E. T. H., Zürich 1935. A.-G. Gebr. Leemann & Co.

[3]) *C. F. Kollbrunner:* Stabilität der auf Druck beanspruchten Platten im elastischen und plastischen Bereich. Abhandlungen der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau, Bd. VII. Zürich 1944, A.-G. Gebr. Leemann & Co.

C. F. Kollbrunner: Wybrzuszenie plyt pod wplywem cisnienia równomiernie rozlozonego w granicach sprezystosci i niesprezystosci materialu. Prace naukowé, Czlonkôw Polskiej Komisji Norm Buduwlanych. Polskie Archiwum Techniczne w Szwajcarii, Zeszyt 2, 1944.

[4]) *C. F. Kollbrunner:* Das Ausbeulen der auf einseitigen, gleichmässig verteilten Druck beanspruchten Platten im elastischen und plastischen Bereich (Versuchsbericht). Mitteilung Nr. 17 aus dem Institut für Baustatik an der E. T. H. Zürich 1946, A.-G. Gebr. Leemann & Co.

[5]) Ueber alle Einzelheiten wird auf die in Fussnote 4 angegebene Veröffentlichung verwiesen.

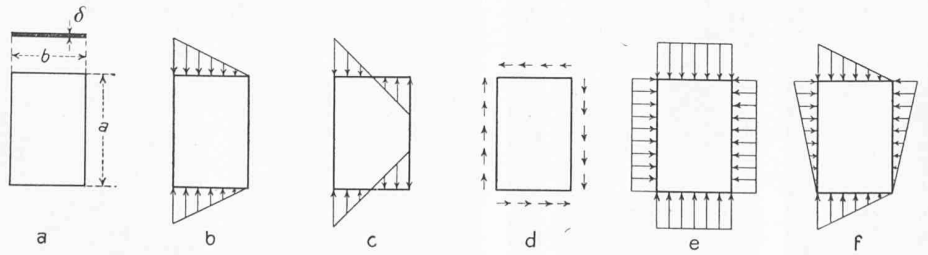

Bild 1

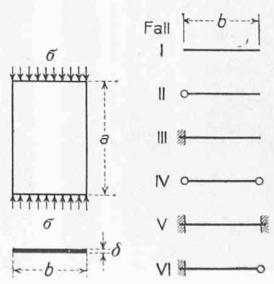

Bild 2

Tabelle 1: Minimale kritische Ausbeulspannungen

Fall	Elastischer Bereich min σ_K	Plastischer Bereich min σ_K
III	$1{,}154 \cdot E \cdot \left(\frac{\delta}{b}\right)^2$	$0{,}9038 \cdot E \cdot \left(\frac{\delta}{b}\right)^2 \cdot \sqrt{\tau}\,[0{,}992 + 0{,}285\sqrt{\tau}]$
IV	$3{,}615 \cdot E \cdot \left(\frac{\delta}{b}\right)^2$	$0{,}9038 \cdot E \cdot \left(\frac{\delta}{b}\right)^2 \cdot \sqrt{\tau}\,[3{,}000 + \sqrt{\tau}]$
V	$6{,}301 \cdot E \cdot \left(\frac{\delta}{b}\right)^2$	$0{,}9038 \cdot E \cdot \left(\frac{\delta}{b}\right)^2 \cdot \sqrt{\tau}\,[5{,}722 + 1{,}25\sqrt{\tau}]$
VI	$4{,}881 \cdot E \cdot \left(\frac{\delta}{b}\right)^2$	$0{,}9038 \cdot E \cdot \left(\frac{\delta}{b}\right)^2 \cdot \sqrt{\tau}\,[4{,}265 + 1{,}135\sqrt{\tau}]$

Fall II: $K_2 = 1{,}5$ (für den elastischen und plastischen Bereich)

Fall III bis VI: $K_2 = 1{,}0$ (für den elastischen Bereich)
$K_2 = 1{,}2$ (für den plastischen Bereich)

Während für den Fall II, in welchem nur immer *eine* Halbwelle ausgebildet wird, σ_K nach Gleichung (2) bestimmt werden muss, genügt für die Fälle III bis VI die Bestimmung der minimalen kritischen Ausbeulspannung

$$(3) \qquad \min \sigma_K = \frac{\pi^2 E \sqrt{\tau}}{12\,(1 - \overline{m}^2)} \left(\frac{\delta}{b}\right)^2 \left[p\,\frac{1 + \sqrt{\tau}}{2} + 2\sqrt{q}\right]$$

Dabei sind α_0 und α' nach Bild 3

$$(4) \qquad \alpha_0 = n\sqrt{K_2}\,\sqrt[4]{\frac{\tau}{q}}$$

$$(5) \qquad \alpha' = \sqrt{K_2}\,\sqrt[4]{\frac{\tau}{q}}\,\sqrt{n\,(n+1)}$$

Mit $\overline{m} = 0{,}3$ und durch Einführung der Koeffizienten p und q erhält man aus Gleichung (3) die in Tabelle 1 angegebenen Werte. Für den Fall II ergibt sich dabei folgende Gleichung mit $K_2 = 1{,}5$:

$$(6) \qquad \sigma_K = \left\{1{,}3557\left(\frac{b}{a}\right)^2 \tau + 0{,}384\,\frac{\tau + \sqrt{\tau}}{2}\right\} E \left(\frac{\delta}{b}\right)^2$$

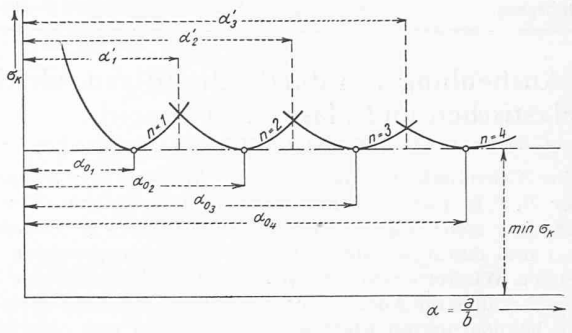

Bild 3

Damit sind dem Konstrukteur für durch einseitigen gleichmässig verteilten Druck beanspruchte Platten einfache Formeln gegeben, mit denen er leicht die kritische Ausbeulspannung bestimmen kann.

Im Gegensatz zum elastischen Bereich mit $\tau = 1$, für den die Gleichung (1) mit den Formeln von *Bleich*[6]) (orthogonale anisotrope Platte) und *Chwalla*[7]) (orthogonale isotrope Platte) übereinstimmt, wo ohne weiteres die minimale kritische Ausbeulspannung der Fälle III bis VI oder für den Fall II die kritische Ausbeulspannung bestimmt werden kann, ist die Berechnung dieser Spannungen im plastischen Bereich insofern komplizierter, als die Knickzahl τ eine durch die τ-Linie bestimmte Funktion von σ_K ist. Hier genügt bei guter Schätzung von τ eine dreimalige Wiederholung der Rechnung[5]). Wie aus Bild 4 hervorgeht, haben die Versuche eindeutig bewiesen, dass sich die Platten orthogonal *anisotrop* verhalten. Bild 5 zeigt einen Versuch, bei dem die Kanten a beiderseits fest eingespannt waren (Fall V). Die Platte beulte in sechs Halbwellen aus.

[6]) *F. Bleich:* Theorie und Berechnung der eisernen Brücken, Berlin 1924, S. 216. Verlag von Julius Springer.

[7]) *E. Chwalla:* Das allgemeine Stabilitätsproblem der gedrückten, durch Randwinkel verstärkten Platte. «Ingenieur-Archiv», V. Band, 1934, S. 54.

Neue Methoden für die Bestimmung der Zementfeinheit

DK: 660.955.3

Von F. GUYE, Ingenieur-Chemiker, S. I. A., Leiter der Prüfungs- und Forschungsanstalt der Zementfabrik Holderbank-Wildegg A.-G.

I. Allgemeines

Die Mahlfeinheit der hydraulischen Bindemittel beeinflusst nicht nur die Festigkeiten des daraus angefertigten Mörtels und Betons, sondern auch sein Schwinden, seine Hydratationswärme, Wasserdurchlässigkeit, Wasserlöslichkeit, Frostbeständigkeit und weitere seiner Eigenschaften. Sie bildet also für den Zement einen grundlegenden Qualitätsbegriff. Eine sorgfältige und genaue Feinheitsbestimmung ist deshalb von grosser Wichtigkeit [1] [1]).

[1]) Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluss des Aufsatzes.

Bei der fortschreitenden technischen Entwicklung der Zementherstellung genügt heute die bis jetzt gebräuchliche Siebmethode nicht mehr. Tatsächlich gleiten beim normalen Sieb von 4900 Maschen pro cm² (Maschenweite 88 μ) mehr als 90 % des Materials durch die Maschen und gerade darunter befinden sich die aktiven Teilchen des Zementes.

Anderseits können bei der Siebung die Prüfergebnisse merkliche Unterschiede aufweisen, je nachdem ob das Sieben von Hand oder mit der Maschine erfolgt und je nach der Art der verwendeten Siebgewebe.

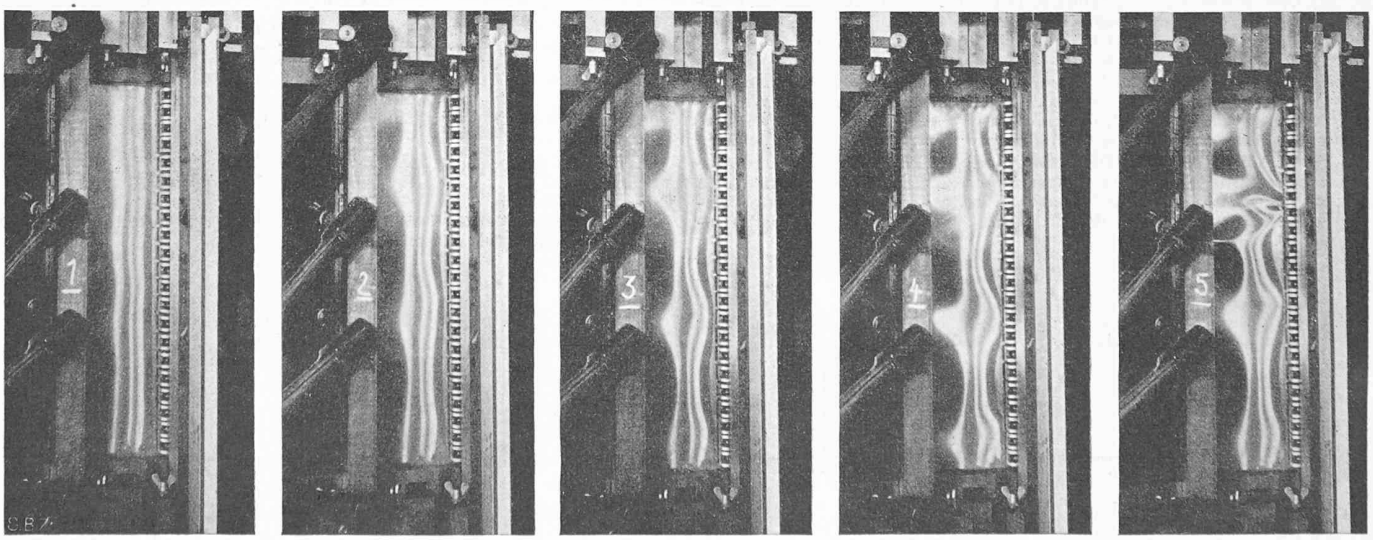

Bild 5. Kanten a beidseits fest eingespannt. Fall V: $b = 9{,}4$ cm, $a = 40{,}0$ cm, $d = 0{,}1$ cm. Ausbeulung in sechs Wellen