

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	91/92 (1928)
<b>Heft:</b>	9
<b>Artikel:</b>	Die Berechnung ankerloser gewölbter Böden von Druckbehältern auf Innendruck
<b>Autor:</b>	Höhn, E.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-42457">https://doi.org/10.5169/seals-42457</a>

### 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:** 22.02.2026

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

INHALT: Die Berechnung ankerloser gewölbter Böden von Druckbehältern auf Innendruck. — Arbeitsvorbereitung als Grundlage für einen wirtschaftlichen Baubetrieb. — Moderne amerikanische Landhäuser. — Baustahl mit Kupferzusatz. — Mitteilungen: Freileitungsmaste mit drehbaren Auslegern. Ausstellung der gewerblichen Fachschulen Bayerns im Kunstgewerbemuseum Zürich. Elektrizitätserzeugung in Deutschland im Jahre 1926. Ausstellung „Die Technische Stadt“ in Dresden.

Neuer Zweitaktmotor mit Ladegebläse. Schweizer Mustermesse. Der Deutsche Betonverein. — Wettbewerbe: Schulhaus im Gelbhaugarten in Schaffhausen. Schulhaus Balsthal. Schwimmbad Gstaad. Neubau für die Ersparniskasse Biel. — Literatur. — Schweizer. Verband für die Materialprüfungen der Technik. — Vereinsnachrichten: Technischer Verein Winterthur, Sektion des S. I. A. Section de Genève de la S. I. A. Vereinigung „Ehemaliger“ in Lyon. S. T. S.

## Die Berechnung ankerloser gewölbter Böden von Druckbehältern auf Innendruck.

Von E. HÖHN, Zürich,  
Oberingenieur des Schweizerischen Vereins von Dampfkesselbesitzern.

### I. GEOMETRIE DES MERIDIANS KORBBOGENFÖRMIGER BÖDEN.

Bevor man der Frage der Festigkeit der Böden näher tritt, ist es nötig, über die Geometrie der Erzeugenden im Klaren zu sein. In Betracht fallen Halbkreis, Ellipse und Korrbogen. Die geometrischen Verhältnisse der Ellipse sind bekannt; die des korrbogenförmigen Meridians soll hier zuerst einer Betrachtung unterzogen werden, soweit dies unserm Zweck dienlich ist, unter Beschränkung auf den Meridian, der sich aus zwei ungleichen Kreisbögen zusammensetzt.

Ein Korrbogen-Boden lässt sich im Schnitt in Abb. 1 erkennen. An der Uebergangsstelle des Kreisbogens mit  $r$  in jenen mit  $R$  muss die Tangente gemeinsam sein. Für Korrbogen und Ellipse ist das Tiefenverhältnis  $k = a : b$  kennzeichnend, für den Korrbogen außerdem das Krümmungsverhältnis  $r : R$ .

Innerhalb des Rechtecks  $a \times b$  kann nur ein Ellipsenbogen gezeichnet werden, dagegen sind unendlich viele Korrbögen denkbar, wobei der Krempenhalbmesser von  $0$  bis  $r$ , der Wölbungshalbmesser gleichzeitig von  $R = R_2$  bis  $R = \infty$  zunimmt. Für Böden ist der Korrbogen als Meridian der zweckmäßigste, bei dem der Krempenhalbmesser möglichst gross, der Wölbungshalbmesser möglichst klein wird, das Krümmungsverhältnis  $(r : R)$  somit einen Höchstwert annimmt; diesen herauszufinden ist unsere nächste Aufgabe.

Aus Abb. 1 folgen die allgemeinen Beziehungen

$$\sin \alpha = \frac{a - r}{R - r}, \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \quad (1) / (2)$$

$$b = R - (R - r) \cos \alpha \quad (3)$$

Diese Gleichungen werden vollständig angeschrieben, weil sich bei der Untersuchung der Böden nach ihrer äussern Form die Aufgabe, die Bodentiefe  $b$  zu berechnen, häufig einstellt. Ausser diesen gilt noch die Beziehung  $(a - r)^2 + (R - b)^2 = (R - r)^2$  (4) und hieraus ergeben sich

$$r = \frac{2bR - a^2 - b^2}{2(R - a)} \quad (5)$$

$$R = \frac{2ar - a^2 - b^2}{2(r - b)} \quad (6)$$

oder mit trigonometrischen Funktionen

$$r = \frac{b \sin \alpha + a \cos \alpha - a}{\sin \alpha + \cos \alpha - 1} \quad (7)$$

$$R = \frac{b \sin \alpha + a \cos \alpha - b}{\sin \alpha + \cos \alpha - 1} \quad (8)$$

$$\frac{r}{R} = \frac{\sin \alpha + k \cos \alpha - k}{\sin \alpha + k \cos \alpha - 1} \quad (9)$$

Die Funktion  $r : R$  ist durch eine Schar von Sinus-Kurven dargestellt (Abb. 3), die von einem Koordinaten-Anfangspunkt mit den Werten  $r : R = 0$  und  $\alpha = 0^\circ$  ausgehen. Jedes Wert von  $k$  ist ein Bogen beigeordnet; in Abb. 3 sind die Bögen für  $k = 2$  und  $k = 3$  eingezeichnet. Zu jedem Wert von  $r : R$  (Ordinaten, Abb. 3) gehören zwei Winkel  $\alpha$  (Abszissen) und zwei Stellungen des Vektors  $MF$  (Abb. 1). Wird der Differentialquotient der Gleichung  $(9) \frac{d(r/R)}{d\alpha} = 0$  gesetzt, so ergibt sich zunächst  $r = R = a$ , die Bedingung des Halbkugel-Bodens. Erinnert man sich daran, dass zu einem Extremum von  $f(x)$  ein Minimum

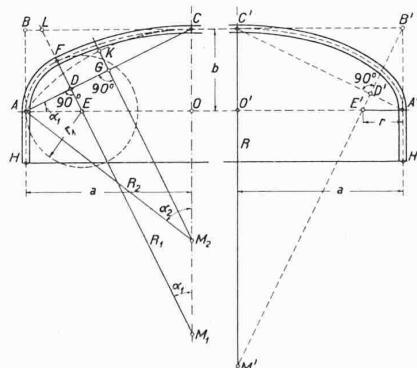


Abb. 1. Schnitt durch einen Korrbogen-Boden.

des Nenners  $\psi(a) = \sin a + k \cos a - 1$  entsprechen muss, und dass dabei  $\psi'(a) = -\psi''(a) > 0$ , so erhält man  $k = \cotg a$  . . . . . (10)

Dieser Bedingung entspricht die höchste Ordinate eines Bogens von Abb. 3. Man beachte das Verhältnis  $OA : OC = a : b = \cotg a_1$  im Dreieck  $AOC$  (Abb. 1). Der Gleichung (10) wird genügt, sofern  $\angle OAC = \angle CM_1F = a_1$ . Wächst somit im Dreieck  $OM_1E$  der Winkel  $\alpha$  von  $0$  bis  $a_1$ , d. h. bis der Vektor  $MF$  senkrecht zur Diagonalen  $AC$  zu stehen kommt, so wächst der Wert des Krümmungsverhältnisses  $r : R$  für einen bestimmten Wert von  $k$  von  $0$  bis zu einem Höchstwert, wobei  $k = \cotg a_1$ . Für die Anfangsstellung mit  $\alpha = 0$  (Abb. 3) ist  $r : R = 0$  wegen  $R = \infty$ , d. h.  $M_1F$  parallel zur Rotationsaxe in Abb. 1;  $r$  ist dann  $= b$ , Fall des flachen Bodens mit Krempe. Wächst gemäss Abb. 1 der Winkel  $\alpha$  über den Wert  $a_1$  hinaus, so nimmt, wie Abb. 3 zeigt, der Wert des Verhältnisses  $r : R$  wieder ab und verschwindet für  $\alpha = a_2$ , d. h. für die Stellung  $M_2A$  des Vektors; dabei wird  $r = 0$  (grösster Abszissenwert in Abb. 3), Fall des gewölbten Bodens ohne Krempe. Der Wert  $k$  aus Gl. (10) in Gl. (9) eingeführt gibt

$$\left(\frac{r}{R}\right)_{\max} = \frac{\sin^2 a_1 + \cos^2 a_1 - \cos a_1}{\sin^2 a_1 + \cos^2 a_1 - \sin a_1} = \frac{1 - \cos a_1}{1 - \sin a_1}$$

und wegen

$$\sin a_1 = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad \cos a_1 = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad . \quad (11)$$

$$\left(\frac{r}{R}\right)_{\max} = \frac{\sqrt{a^2 + b^2} - a}{\sqrt{a^2 + b^2} - b} = \frac{\sqrt{k^2 + 1} - k}{\sqrt{k^2 + 1} - 1} \quad . \quad (12)$$

Unter den unendlich vielen, bei gegebenem Tiefenverhältnis  $k$  möglichen Korrbogen-Böden genügt der zweckmässigste der Gleichung (12).

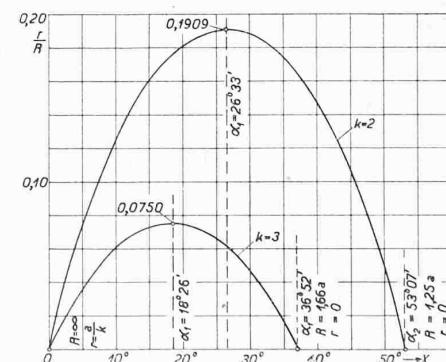


Abb. 2. Schnitt durch einen elliptischen Boden.

Abb. 3. Verhältnis von  $r : R$  des Korrbogens gemäss Gleichung (9) in Funktion des Winkels  $\alpha$ .

Werden in (7) und (8) die Gleichungen (11) berücksichtigt, so erhält man die Halbmesser dieses zweckmässigsten Korrbogens

$$r = \frac{a^2 + b^2 - a \sqrt{a^2 + b^2}}{a + b - \sqrt{a^2 + b^2}} = a \frac{k^2 + 1 - k \sqrt{k^2 + 1}}{k^2 + k - k \sqrt{k^2 + 1}} = ar_0 \quad (13)$$

$$R = \frac{a^2 + b^2 - b \sqrt{a^2 + b^2}}{a + b - \sqrt{a^2 + b^2}} = a \frac{k^2 + 1 - \sqrt{k^2 + 1}}{k^2 + k - k \sqrt{k^2 + 1}} = aR_0 \quad (14)$$

Die Gleichungen (5) bis (9) sind allgemein gültig, (11) bis (14) jedoch nur für den Fall von  $(r : R)_{\max}$ .

Die Konstruktion des Korbbogens mit  $(r : R)_{\max}$  erfolgt nach den Angaben der „Hütte“ (siehe Gewölbe), wonach die Winkel  $ACB$  und  $BAC$  zu halbieren sind; der Schnittpunkt ist  $F$ ; das Lot auf die Diagonale  $AC$  schneidet die Krümmungsmittelpunkte für  $r$  und  $R$  entsprechend heraus (Abb. 4).  $r$  und  $R$  können auch gemäß Gl. (13) und (14) unmittelbar berechnet werden.

Es ist noch zu beweisen, dass die Ordinate des Scheitelpunktes eines Bogens der Abb. 3 dessen Symmetriaxe bildet. Der Beweis kann an Hand von Abb. 1 geleistet werden. Winkel  $\alpha_2$  ist jener der Endstellung mit  $r = 0$  bezw.  $r : R = 0$  und der grössten Abszisse in Abb. 3. Der Strahl  $M_2K$ , der den Winkel  $\alpha_2$  hälftet, ist zum Strahl  $M_1F$  parallel gerichtet, die Winkel bei  $D$  und  $G$  sind rechte, daher  $\alpha_1 = \alpha_2/2$ . Der Winkel  $\alpha_2$  von Abb. 3 wird daher durch die Ordinate in  $\alpha_1$  halbiert. Diese Ausführungen dürften auch im Hinblick auf den Gewölbebau interessieren.

Abb. 4. Konstruktion des Korbogenes mit  $(r : F)_{\max}$ .

Dehnungsmessungen zeigen, dass bei elliptisch geformten Böden die Krempe weniger stark beansprucht wird als bei korbbogenförmigen, namentlich wenn bei den letztgenannten ein ungünstiges Verhältnis von  $r : R$  vorliegt, bei nämlicher Tiefe. Man sieht sich daher veranlasst, den Gründen hierfür nachzugehen. Der Krümmungshalbmesser der Ellipse wird ausgedrückt durch die Gleichung

$$\varrho = a^2 b^2 \left( \frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4} \right)^{3/2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

worin  $x$  und  $y$  die Mittelpunkt-Koordinaten sind. Diese Gleichung kann man für den Gebrauch noch wesentlich handlicher gestalten, wenn  $x$  auf  $a$  bezogen wird, dann ist

$$x = \xi a \quad 0 < \xi < 1 \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

wegen  $y = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} = b \sqrt{1 - \xi^2}$  erhält man

$$\begin{aligned}\varrho &= \frac{1}{ab} \left[ \xi^2(b^2 - a^2) + a^2 \right]^{\frac{3}{2}} \\ &= \frac{a}{k^2} \left[ \xi^2(1 - k^2) + k^2 \right]^{\frac{3}{2}} = a\varrho_0 \quad \dots \quad (17)\end{aligned}$$

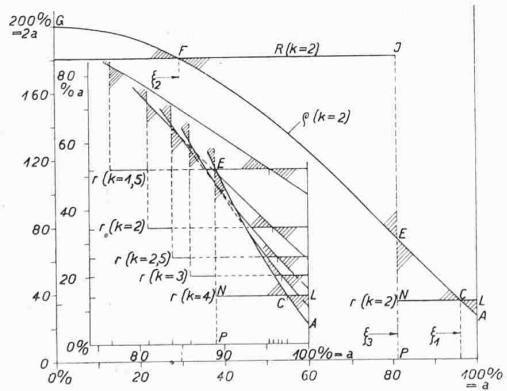


Abb. 5. Krümmungshalbmesser bei Korbbogen und Ellipse über zugehörigen Teilen der Halbaxe  $a$ .

Abb. 5 zeigt im Bogen  $AG$  den Verlauf des Krümmungshalbmessers seiner Grösse nach für eine Ellipse mit  $k = 2$ . Dabei ist die Länge  $a$  der Abszissenaxe in 100 % eingeteilt. Daneben sind die Krümmungsverhältnisse des Korbogens mit  $(r : R)_{\max}$  für das nämliche Tiefenverhältnis angegeben. Der kleine Krümmungshalbmesser  $\varrho'$  der Ellipse ist kleiner als der Krempenthalbmesser des oben gekennzeichneten Korbogens, der grosse Krümmungshalbmesser  $\varrho''$  grösser als der Wölbungshalbmesser, d. h.  $\varrho' < r$  und  $\varrho'' > R$ . Dieser bekannte Umstand hat dazu veranlasst, den Korbogen-Boden höher zu bewerten als den Ellipsen-

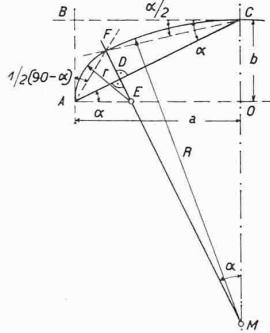


Abb. 4. Konstruktion des Korbbogens mit  $(r:F)_{\max}$ .

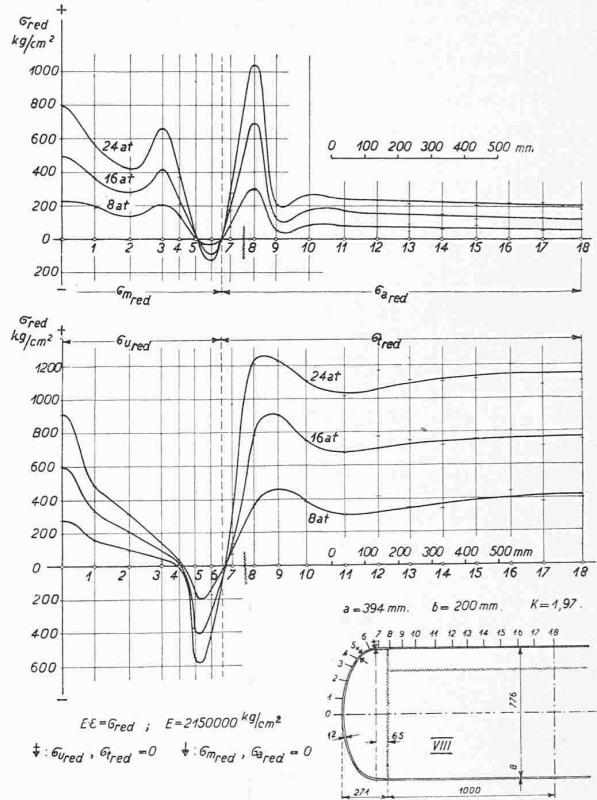


Abb. 9. Elliptischer Boden Nr. 2 (VIII) eines Probebehälters  $p = 24$  at.

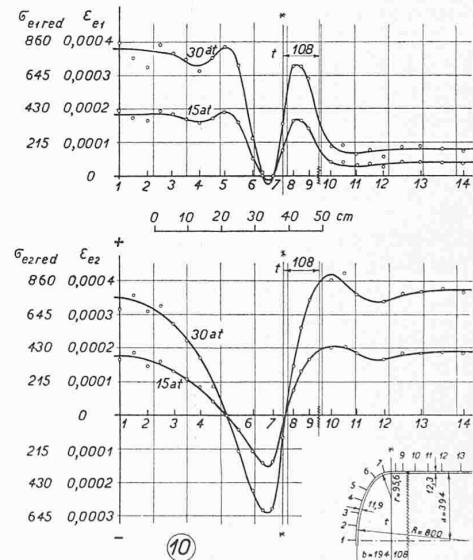


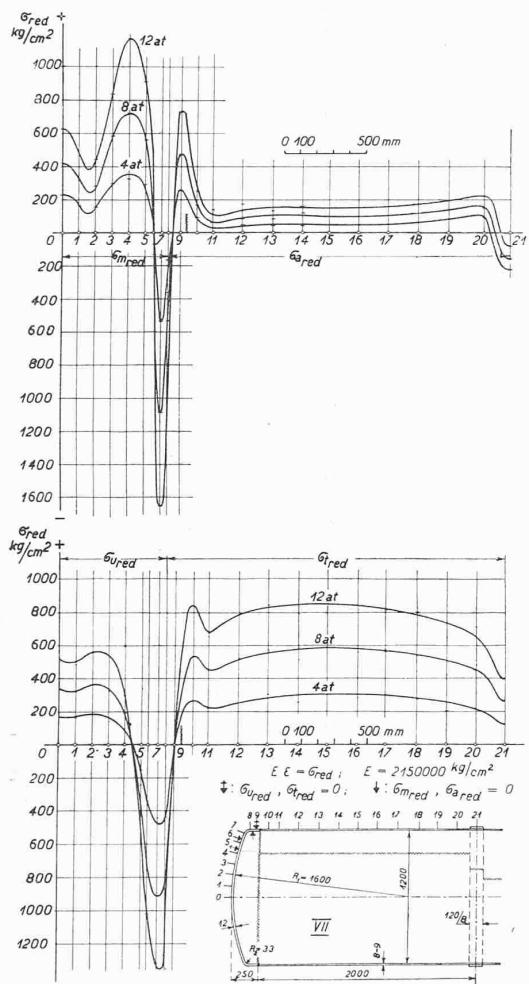
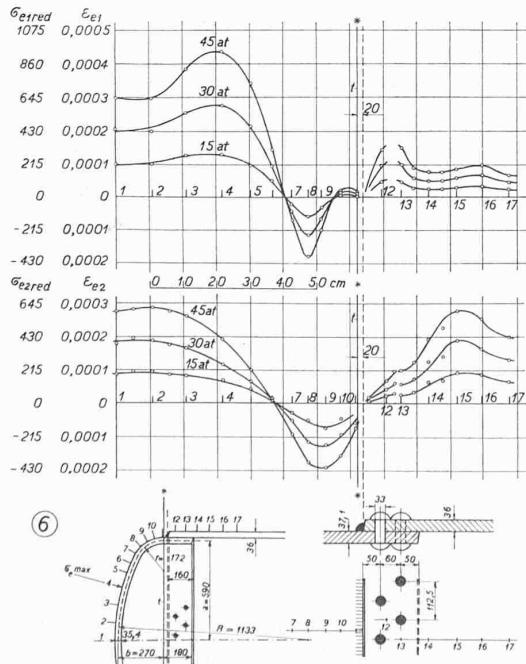
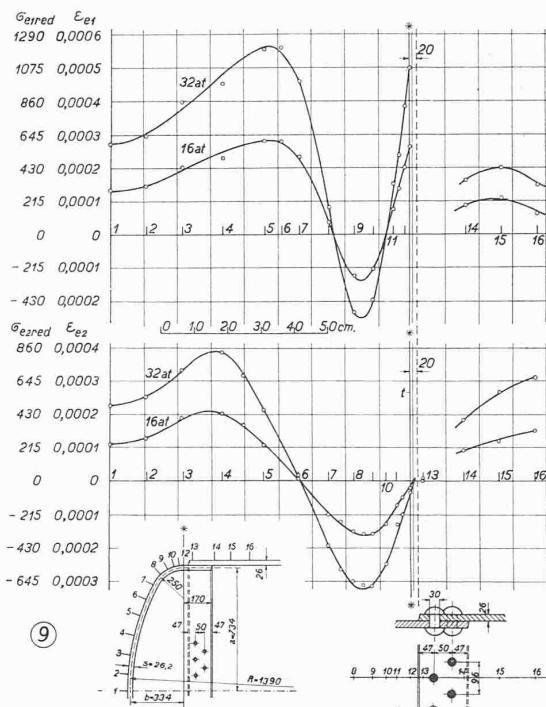
Abb. 7. Elliptischer Boden Nr. 10,  $p = 30$  at.

Boden, da es ja auf die Grösse der Krümmungen ankomme, namentlich aber auf die in der Krempe<sup>1)</sup>). Solche Annahmen hängen in der Luft, solange sie nicht durch Versuche abgeklärt sind.

Nun hat sich, wie wir weiterhin noch zeigen werden, herausgestellt, dass die Spannungshöchstwerte über der Krempe bei Korbogen-Böden näher an der Rotationsaxe liegen als die nämlichen bei elliptischen Böden. Mit Bezug auf Abb. 5 liegen diese Höchstwerte über Abszissen, die sich bis in den Raum zwischen  $N$  und  $C$  erstrecken. Auf dieser Stelle ist aber die Ellipse stärker gewölbt als der Korbogen. Dagegen kommt es nicht darauf an, dass der Ellipsen-Boden beim Anschluss an den Mantel schwächer gekrümmkt ist als der Korbogen mit  $(r : R)_{\max}$  und näm-

<sup>1)</sup> Ausführungen in „Z. des bayer. Rev. Vereins“, 1925, S. 237 u. 63.

MESSUNG DER OBERFLÄCHEN-SPANNUNGEN  
AN ANKERLOSEN, AUF INNENDRUCK BEANSPRUCHTEN  
GEWÖLBTEN BÖDEN VON DRUCKBEHÄLTERN.

Abb. 8. Korbogenförmiger Boden Nr. 1 (VII).  $p = 12$  at.Abb. 9. Korbogenförmiger Boden Nr. 6.  $p = 45$  at (Betriebsdruck 34 at).Abb. 10. Korbogenförmiger Boden Nr. 9.  $p = 32$  at (Betriebsdruck 17 at).

lichem  $k^1$ ). Wir fassen das Bisherige zusammen: Zu gegebenen Halbaxen  $a$  (halbe Bodenweite) und  $b$  (Bodentiefe) ist nur eine Ellipse, sind jedoch unendlich viele Korrbögen möglich. Unter diesen zeichnet sich ein Korrbogen dadurch aus, dass sein Krümmungsverhältnis  $r : R$ , das heißt das Verhältnis beider Krümmungshalbmesser, den Höchstwert erreicht; der Zusammenhang mit dem Tiefenverhältnis ( $k = a : b$ ) ist dann gegeben durch die Gleichung

$$\left( \frac{r}{R} \right)_{\max} = \frac{\sqrt{k^2 + 1} - k}{\sqrt{k^2 + 1} + k} \quad \dots \quad (12)$$

Nur dann ist der Strahl, der die Krümmungs-Mittelpunkte mit einander verbindet ( $M_1 F$ , Abb. 1), senkrecht zur Diagonalen im Rechteck  $a \times b$  gerichtet. Dieser Korrbogen kommt der Ellipse am nächsten. Beim elliptisch geformten Boden ist, wie hiervor ausgeführt und später noch bewiesen wird, die Spannungsverteilung günstiger als bei Korrbogen-Böden. Da diese häufige Verwendung in der Technik finden, so sind ihre Meridiane so zu konstruieren, dass sie von den elliptischen möglichst wenig abweichen.

## II. DEHNUNGEN UND SPANNUNGEN.

Im Auftrag des Schweizerischen Vereins von Dampfkesselbesitzern hat der Verfasser die Oberflächenspannungen an acht Korrbogen-Böden und zwei elliptisch geformten Böden gemessen. Für zwei elliptisch geformte und drei Korrbogen-Böden ist der Spannungsverlauf auf einem Meridian in den Abb. 6 und 10 angegeben. Der Index 1 bedeutet die Richtung des Meridians, der Index 2 die des Umfangs,  $i$  und  $e$  nehmen Bezug auf die innere und äußere Wandfläche. Die Masse in der umstehenden Tabelle sind bis zur halben Wanddicke genommen. Wie zu verfahren ist, um die Spannungen zu ermitteln und die Spannungspläne aufzuzeichnen, ist früher gezeigt worden<sup>2)</sup>.

Die Spannungspläne der elliptisch geformten Böden 2 und 10 (Abb. 6 und 7) in Vergleich gestellt mit denen der Korrbogen-Böden 1, 6 und 9 (Abb. 8 bis 10) lassen erkennen, dass bei jenen die höchsten Zugspannungen im Scheitel auftreten, bei den Korrbogen-Böden über der Wölbung, d. h. zwischen Scheitel und Krempe. Die Span-

<sup>1)</sup> Genauere Ausführungen hierüber in: Höhn, „Festigkeit der gewölbten Böden und der Zylinderschale“, 1927.

<sup>2)</sup> Höhn: Spannungszustand gewölbter Böden, „Z. V. D. I.“, S. 155.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Art von Boden und Rundlocht	Boden Nr.	$\rho$	$s$	$r$	$R$	$a$	$b$	$\frac{a}{b}$	$\frac{r}{R}$	$(\frac{r}{R})_{max}$	$\sigma'_B$	$\sigma_B$	$\frac{\sigma_B}{\sigma'_B}$	$\sigma_{W1 red}$	$\sigma_{W2 red}$	$\sigma_{H1}$	$\frac{\sigma_{W1}}{\sigma'_B}$
		at	cm	cm	cm	cm	cm			kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
Korbogen geschweisst	I (Abb. 8)	12	1,2	3,9	160,6	60,2	14,3	4,21	0,0243	0,0351	801	814	1,016	1185	368	1425	1,79
Korbogen genietet	6 (Abb. 9)	45(34)	3,55	17,25	113,3	59,0	27,0	2,18	0,152	0,155	718	876	1,22	930	408	1156	1,61
Korbogen genietet	9 (Abb. 10)	32(17)	2,62	25,0	139,0	73,4	35,9	2,04	0,1798	0,1814	849	768	0,904	1208	387	1455	1,71
Ellipse geschweisst	2 (Abb. 6)	24	1,0	(10,15)	(77,6)	39,4	20,0	1,97	(0,130)	(0,130)	931	1215	1,30	—	—	—	—
Ellipse geschweisst	10 (Abb. 7)	30	1,19	(9,56)	(80,0)	39,4	19,4	2,03	(0,120)	(0,120)	1008	1121	1,11	—	—	—	—

Zeichenerklärung.  $\rho$  Ueberdruck,  $s$  Wanddicke,  $r$  Krempen- und  $R$  Wölbungshalbmesser.  $a$  grosse und  $b$  kleine Halbaxe der Ellipse, auch auf den Korbogen anwendbar ( $b$  Bodentiefe). Alle Masse bis halbe Wanddicke genommen.  $\sigma'_B$  die für die Kugelwand berechnete Spannung (Membranspannung),  $\sigma_B$  die höchste im Bodenscheitel durch Messung festgestellte Spannung.  $\sigma_{W1 red}$  und  $\sigma_{W2 red}$  die reduzierten Spannungen in Meridian- und Ringrichtung in der Wölbung, Höchstwerte.  $\sigma_{W1}$  die Höchstspannung in der Wölbung, Meridianrichtung.

Bemerkungen: Die eingeklammerten Zahlen von Spalte 3 bedeuten den Betriebsdruck des betr. Kessels. Die eingeklammerten Masse von Spalte 5 und 6 sind durch Rechnung ermittelt. Die Zahlen von Spalte 11 sind aus der Gl. (12) ermittelt, der Spalte 10 entsprechen die vorhandenen Masse.

nung wird aus den reduzierten Spannungen der Pläne gerechnet gemäss den Gleichungen

$$\text{Meridian } \sigma_1 = \frac{\sigma_{1 red} + v \sigma_{2 red}}{1 - v^2} \quad \dots \quad (18)$$

$$\text{Umfang } \sigma_2 = \frac{\sigma_{2 red} + v \sigma_{1 red}}{1 - v^2} \quad \dots \quad (19)$$

Um für den Meridian den Spannungshöchstwert zu erhalten, ist die Stelle aufzusuchen, an der der Wert  $\Sigma(\sigma_{1 red} + v \sigma_{2 red})$  ein Maximum wird. Der reziproke Wert  $v$  des Poissonschen Koeffizienten  $m$  kann zu 0,3 angenommen werden.  $E = 2150000$ .

Es zeigte sich, dass das Spannungsmaximum über der Krempe bei den elliptisch geformten Böden geringer ist, als bei den korbogenförmigen; das geht insbesondere beim Vergleich der Spannungen der Ellipsenböden 2 und 10 mit dem Korbogen-Boden 6 hervor; für alle drei Böden ist das Tiefenverhältnis  $k = a : b$  angennähert das nämliche,  $\sim 2$ , der Vergleich erfolgt somit auf gleicher Grundlage.

Von den korbogenförmigen Böden mit nämlichen Tiefenverhältnis  $k$  haben sich jene als die widerstandsfähigsten erwiesen, deren Krümmungsverhältnis  $r : R$  sich dem maximalen nähert. Dies zeigt sich z. B. aus dem Verhalten der Böden 6 und 9. Die Werte für die Verhältnisse  $k$  und

$r : R$ , ermittelt aus den vorgefundenen Abmessungen, sind in der Tabelle angegeben, daneben auch der nach Gl. (12) berechnete Wert für  $(r : R)_{max}$ . Die Tabelle zeigt, dass der Wert  $r : R$  bei Boden 6 nur wenig von  $(r : R)_{max}$  abweicht; aus Abb. 9 ist zu erkennen, dass sich das Verhalten der reduzierten Spannungen, wie schon oben erwähnt, *jenem der elliptisch geformten Böden nähert*. Auch bei Boden 9 (Abb. 10) weicht der Wert von  $r : R$  von  $(r : R)_{max}$  etwas ab. Bei diesem Boden ist bemerkenswert, dass Wölbungs- und Krempenhalbmesser grösser sind, als die gemäss Gleichungen (13) und (14) gerechneten Werte (das Gegenteil ist sonst üblich). Auch dann weicht der Spannungsplan unvorteilhaft ab von dem eines elliptischen Bodens, und in Abb. 11 (folgt in nächster Nummer) nimmt der Punkt 9 eine höhere Lage ein, als Punkt 6.

Jedenfalls hat sich gezeigt, dass der Spannungsverlauf an einem Boden stark davon abhängt, wie der Meridian gekrümmkt ist, und dass die nach der Ellipse geformten Böden eine günstige Spannungsverteilung aufweisen.

Je flacher ein Boden gewölbt, desto höher die Spannungen, die in Krempe und Wölbung auftreten. Das Beispiel eines solchen Bodens bringt Abb. 8, für die  $k$  sogar  $= 4,21$  ist.  
(Schluss folgt.)

### Arbeitsvorbereitung als Grundlage für einen wirtschaftlichen Baubetrieb.

Von Dr. GEORG GARBOTZ, o. Prof. an der Techn. Hochschule Berlin.<sup>1)</sup>

Im ersten Vortrag<sup>2)</sup> haben wir eine betriebswirtschaftliche Ausbildung des Bauingenieurs und einheitliche Kalkulationsgrundlagen als Voraussetzung für die Aufnahme des Rationalisierungsgedankens im Baugewerbe kennen gelernt. Ich will hier nun kurz die Mittel und Wege schildern, deren sich die Rationalisierungs-Bestrebungen bedienen sollten, um den Wirtschaftlichkeitsgrad des Baugewerbes zu heben. Dabei muss ich mich bei der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit einer Auswahl befleissen, die wohl ein einigermassen zusammenhängendes Bild gibt, aber auf Vollständigkeit leider keinen Anspruch erheben kann.

Eines der wirksamsten Mittel, dessen sich auf allen industriellen Gebieten der Rationalisierungsgedanke zuerst bedient hat, ist die *Normung der Einzelteile*. Sie erst ermöglicht eine gewisse Massenfabrikation und damit die Anwendung wirtschaftlicher Herstellungsmethoden. Wie weitgehend auf diesem Wege schon vorgearbeitet worden

ist, bitte ich aus dem Beispiel der deutschen Normung zu ersehen, das ich erwähne, weil nach dem Bericht des Internationalen Arbeitsbureau in Genf, betitelt „l'Organisation Scientifique du Travail en Europe“ von Paul Devinat, die deutschen Ergebnisse vorerst die weitestgehenden zu sein scheinen. Eine grosse Anzahl von Normblättern auf dem Gebiete des Hoch- und Strassenbaues, der Kanalisation und Wasserversorgung, des Eisenbaues usw. hat hier die vorher bestehende unwirtschaftliche Vielzahl auf wenige Norm-Ausführungen beschränkt. Durch Vorschriften für Bauleistungen, Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen, und allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen, Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenbauwerken und normalisierte technische Baupolizei-Bestimmungen sind einerseits einheitliche Vertragsgrundlagen für die Beziehungen zwischen Auftraggeber und Bauunternehmer geschaffen worden; andererseits ist das Verhältnis von Bauausführenden zu den Aufsichtsbehörden geregelt worden. Ich denke vor allem auch neben der Normung von Bauteilen an die Vereinheitlichung der Betriebseinrichtungen, also an die so notwendige Beschränkung der Zahl der Werkzeuge, des Baubetriebes, wie

<sup>1)</sup> Vortrag im „Finanz- und Betriebswissenschaftlichen Kurs des S. I. A.“ im November 1927.

<sup>2)</sup> Siehe „S. B. Z.“, Seite 45 laufenden Bandes (28. Januar 1928).