

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	67 (1949)
<b>Heft:</b>	15
<b>Artikel:</b>	Einfluss der sekundären Biegung und der inneren Pressungen auf die Lebensdauer von Stahldraht-Litzenseilen mit Hanfseele
<b>Autor:</b>	Wyss, Th.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-84037">https://doi.org/10.5169/seals-84037</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:** 13.01.2026

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

zu. Beim Wettbewerb für das Polytechnikum 1858 erwarb er den dritten, Semper den ersten Preis. 1859 erbaute Stadler die Halle für das Winkelried-Denkmal in Stans (— man denke, dass damals Cézanne bereits zwanzig Jahre alt war, um die ganze Kompliziertheit der historischen Situation zu sehen!), 1865 folgt die paritätische Kirche Glarus, 1866 das Haus der Museumsgesellschaft am Limmatquai in Zürich, und als Frucht seiner letzten grossen Reise nach Palästina 1868

die Evangelische Kirche zu Nazareth, für die er die Pläne der dortigen Gemeinde schenkte.

Eine kunstgeschichtliche Grösse ist Ferdinand Stadler nicht gewesen, wohl aber ein würdiger Repräsentant einer Zeit, die heute zu den am wenigsten bekannten und geschätzten der ganzen Kunstgeschichte gehört, und so mag diese Zusammenstellung seiner Werke und die Episode des Zürcher Bundespalastes manchen Lesern der SBZ neu sein. P. M.

## Einfluss der sekundären Biegung und der inneren Pressungen auf die Lebensdauer von Stahldraht-Litzenseilen mit Hanfseele

DK 625.927

Von Prof. Dr. TH. WYSS, EMPA, Zürich

### 4. Die Maximalpressung $p_0$ auf den Draht im elastischen Bereich

Die Formel von Hertz für die maximale Druckspannung  $p_0$  am Berührungsrand lautet<sup>4)</sup>:

$$(17) \quad p_0 = \frac{3\sqrt[3]{P_0 [\Sigma \varrho E]^2}}{4\pi\mu\nu}$$

Hierbei ist

$P_0$  die örtliche Druckkraft auf den Draht,  
 $\Sigma \varrho = \varrho_1 + \varrho_2 + \varrho_3 + \varrho_4$  die Summe der Hauptkrümmungen,  
 $\frac{1}{E} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right\}$

$\mu\nu$  ein Hilfswert, der abhängig ist vom Hilfswinkel  $\tau$ .

Als  $E$  für Stahl und Stahlguss wird eingesetzt 20000 kg/mm<sup>2</sup>. Im vorliegenden Fall wird nach Bild 10:

$$(18) \quad \Sigma \varrho = \frac{1}{R_{11}} + \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{21}} + \frac{1}{R_{22}} = \frac{1}{R_{12}} \left\{ 1 + \frac{R_{12}}{R_{11}} + \frac{R_{12}}{R_{21}} + \frac{R_{12}}{R_{22}} \right\}$$

$$(18 a) \quad = \frac{1}{R_{12}} \left\{ 1 + \frac{1}{o} + \frac{1}{n} + \frac{1}{m} \right\} = \frac{M}{R_{12}}$$

$$(19) \quad \cos \tau =$$

$$= \frac{1}{\Sigma \varrho} \sqrt{(o_{11} - o_{12})^2 + 2(o_{11} - o_{12})(o_{21} - o_{22}) \cos 2\omega + (o_{21} - o_{22})^2}$$

Hierbei ist:

a. am Berührungsrand zwischen Seil und Scheibe, Bild 10 d  
 $R_{11}$  der Krümmungsradius der Mittellinie des Drahtes, ange-

nähert auch Krümmungsradius der Scheitellinie des Drahtes  
 $R_{12}$  der Krümmungsradius des Drahtes im Querschnitt =  $\delta/2$ ,

$R_{21}$  der Laufradius der Scheibe oder Rolle,

$R_{22}$  der Radius der Rille,

$\omega$  der Schnittwinkel zwischen Draht und Lauflinie am Grund der Scheibe, auf Bild 15 mit  $\varphi$  bezeichnet

b. am Berührungsrand zweier Litzen, mit Bild 10 b

$R_{11}$  der Krümmungsradius der Mittellinie des Drahtes von Litze 1, näherungsweise auch der Scheitellinie,

$R_{12} = \delta/2$  des Drahtquerschnittes von Litze 1,

$R_{21}$  der Krümmungsradius der Mittellinie des Drahtes von Litze 2,

$R_{22} = \delta/2$  des Drahtquerschnittes von Litze 2,

$\omega$  der Schnittwinkel der beiden sich berührenden Drähte.

Der Wert  $\mu\nu$  ergibt sich aus  $\cos \tau$  mit Hilfe der Kurve Bild 11. Daraus folgt:

<sup>4)</sup> Siehe z. B. M. ten Bosch, Vorlesungen über Maschinenelemente. J. Springer, Berlin 1940, S. 279.

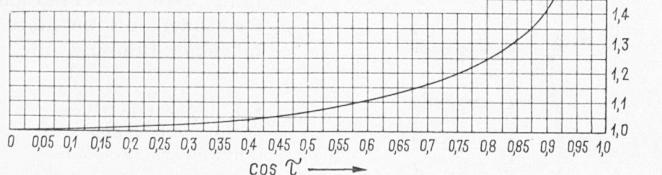


Bild 11. Zur Ermittlung der Flächenpressung: Zusammenhang zwischen  $\cos \tau'$  und  $\mu\nu$

c. am Berührungsrand zwischen Seil und Scheibe aus Stahlguss

a. Für Kreuzschlagseile gilt:

$$(18 c) \quad o = \frac{R_{11}}{R_{12}} < \frac{2r'}{\delta} = \frac{d_l - \delta}{\delta \sin^2 \alpha'} \text{ positiv}$$

wobei  $r'$  nach Gl. (9 c) bestimmt wird. Ferner ist:

$$(18 d) \quad m = \frac{R_{22}}{R_{12}} \text{ negativ}$$

$$(18 e) \quad n = \frac{R_{21}}{R_{12}} = \frac{D}{\delta} \text{ positiv}$$

$$\omega \sim 0, \cos 2\omega \sim 1,0$$

Unter Berücksichtigung der Vorzeichen wird

$$(18 f) \quad M = \left\{ 1 + \frac{1}{o} + \frac{1}{n} - \frac{1}{m} \right\}$$

$$(18 g) \quad \cos \tau = \left\{ \frac{1 - \frac{1}{o} - \frac{1}{n} - \frac{1}{m}}{M} \right\}$$

$$(20) \quad p_0 = - \frac{176}{\mu\nu} \left( \frac{M}{R_{12}} \right)^{2/3} P_0^{1/3}$$

oder, da  $R_{12} = \delta/2$  der Aussendrähte

$$(20 a) \quad p_0 = - \frac{280}{\mu\nu} \left( \frac{M}{\delta} \right)^{2/3} P_0^{1/3}$$

Als Beispiel sollen folgende Zahlenwerte angenommen werden:

für Laufrollen:  $\mu\nu \sim 1,5 \quad M \sim 0,94$

für Tragscheiben:  $\mu\nu \sim 1,6 \quad M \sim 0,92$

Um einen Vergleichswert zu erhalten, werden in Gl. (20 a) folgende Werte eingesetzt:

$\mu\nu = 1,6, M = 0,93$ . Alsdann folgt im Mittel:

$$(20 b) \quad p_0 = - 166 \sqrt[3]{\frac{P_0}{\delta^2}}$$

Nach Releaux kommt für  $P_0$  bei enger Scheibenrolle Gl. (4 a) in Betracht.

b. Bei Gleichschlagseilen weisen  $o, m$  und  $n$  gleiche Vorzeichen auf wie bei den Kreuzschlagseilen, nur wird  $\omega \sim 27^\circ$  und  $2 \cos 2\omega \sim 1,2$ ; demnach gilt:

$$M = \left\{ 1 + \frac{1}{o} + \frac{1}{n} - \frac{1}{m} \right\}$$

$$\cos \tau =$$

$$= \frac{1}{M} \sqrt{\left(1 - \frac{1}{o}\right)^2 - 1,2 \left(1 - \frac{1}{o}\right) \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right) + \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right)^2}$$

Für Stahlgussrollen und  $R_{12} = \delta/2$  wird

$$(21) \quad p_0 = - \frac{280}{\mu\nu} \left( \frac{M}{\delta} \right)^{2/3} P_0^{1/3}$$

Als Beispiel soll dienen

für Laufrollen:  $\mu\nu \sim 1,7 \quad M \sim 0,94$

für Tragscheiben:  $\mu\nu \sim 2,2 \quad M \sim 0,92$

Bei einem Mittelwert  $\mu\nu \sim 2,0; M \sim 0,93$  wird

$$(21 a) \quad p_0 = - 133 \sqrt[3]{\frac{P_0}{\delta^2}}$$

Man sieht daraus, dass bei Gleichschlagseilen geringere Oberflächenpressungen auftreten als bei Kreuzschlagseilen.  $P_0$  ergibt sich nach Gl. (4 a).

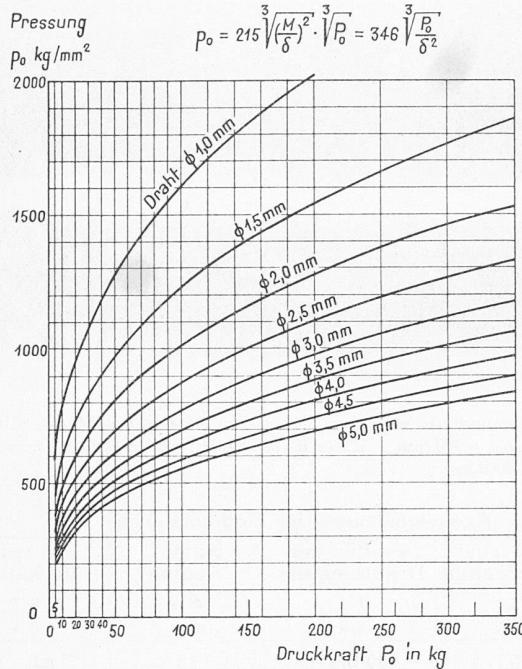


Bild 12. Zusammenhang zwischen Druckkraft  $P_0$  und grösster Pressung  $p_0$  bei zwei sich berührenden Litzen

#### d) Am Berührungs punkt zweier Litzen

Hier werden für Kreuzschlag-, wie für Gleichschlagseile nach Bild 10 b o, m und n positiv und  $\omega \sim 30^\circ$ . Aus Symmetriegründen folgt

$$(22) \quad M = 2 \left\{ 1 + \frac{1}{o} \right\}$$

$$(23) \quad \cos \tau = \frac{1 - \frac{1}{o}}{1 + \frac{1}{o}} \sqrt{\frac{1 + \cos 2\omega}{2}} = \frac{1 - \frac{1}{o}}{1 + \frac{1}{o}} \cos \omega$$

Bei Litzenseilen liegt  $1/o = R_{12}/R_{11}$  zwischen  $1/20$  und  $1/50$  und  $M$  zwischen 2,04 und 2,10. Je nach dem Schnittwinkel  $\omega$  der sich kreuzenden Drähte von Litze 1 und 2 liegt  $\mu\nu$  zwischen 1,20 und 1,40, und ist im Mittel 1,3. Durch Einsetzen der Werte  $M = 2,04$  und  $\mu\nu = 1,3$  in Gl. (20a) wird die Pressung zwischen zwei sich berührenden Litzen

$$(24) \quad p_0 = -346 \sqrt{\frac{P_0}{\delta^2}}$$

Für  $P_0$  kommt nach Releaux Gl. (16) in Betracht. Bild 12 zeigt die Zusammenhänge zwischen  $P_0$ ,  $\delta$  und  $p_0$ . Mit  $P_0$  kann  $p_0$  direkt abgelesen werden.

Der Vergleich der Druckspannungen  $p_0$  für Berührungs punkte zwischen zwei Litzen, sowie zwischen Seil und Rolle, bzw. Seil und Scheibe zeigt, dass diejenigen zwischen zwei Litzen ganz wesentlich überwiegen; siehe Gl. (20b), (21a) und (24), sowie Tabellen 6 und 7.

#### 5. Die Haupt- und Vergleichsspannungen im Zentrum der Druckfläche

##### a. Hauptspannungen

Im elastischen Bereich ergeben sie sich aus den Gleichungen<sup>5)</sup>

$$(25a) \quad \sigma_1 = \frac{2 + e m}{m(1+e)} p_0 \quad \text{Längsspannung}$$

$$(25b) \quad \sigma_2 = \frac{2e + m}{m(1+e)} p_0 \quad \text{Querspannung}$$

$$(25c) \quad \sigma_3 = -\frac{3P_0}{2\pi ab} = p_0 \quad \text{Vertikalspannung}$$

Hierin bedeuten:

$P_0$  den Pressdruck einer Aussenkraft in kg,  
 $e$  das Verhältnis der Ellipsenachsen  $b/a$  der Eindruckfläche,  
 $m$  die Poisson'sche Zahl  $\sim 10/3$ ,  
 $p_0$  die Pressung im Zentrum der Eindruckfläche in  $\text{kg/mm}^2$ .

<sup>5)</sup> Vgl. ten Bosch, Vorlesungen über Maschinenelemente. J. Springer, Berlin 1940, S. 281.

Wie aus den Gl. (25) hervorgeht, sind die Hauptspannungen  $\sigma_1$  und  $\sigma_2$  wesentlich abhängig vom Verhältnis  $b/a$ , was auch aus Tabelle 1 hervorgeht.

Tabelle 1

$e = b/a$	1,0	0,33	0,2	0,1	0
$\frac{1}{e} = a/b$	1,0	3,0	5,0	10,0	$\infty$
Hauptspannung					
vertikal . . $\sigma_3 =$	$1,0 p_0$	$1,0 p_0$	$1,0 p_0$	$1,0 p_0$	$1,0 p_0$
quer . . $\sigma_2 =$	$0,8 p_0$	$0,9 p_0$	$0,93 p_0$	$0,96 p_0$	$1,0 p_0$
längs . . $\sigma_1 =$	$0,8 p_0$	$0,7 p_0$	$0,67 p_0$	$0,64 p_0$	$0,6 p_0$

Beim Verhältnis  $a/b = 1,0$  sind jene drei Hauptspannungen  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  und  $\sigma_3$  aufgeführt, für welche die Eindruckfläche ein Kreis ist. Wird  $a/b = \infty$ , so besteht Berührung längs einer Kurve als anderer Grenzfall.

##### b. Die Vergleichsspannung

Sind die drei Hauptspannungen  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  bekannt, so ergibt sich daraus die Vergleichsspannung

$$(26) \quad \sigma_g = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_2 \sigma_3 - \sigma_1 \sigma_3}$$

Die Spannung  $\sigma_g$  kommt für die Zugzone des Drahtes mit zugehöriger sekundärer Biegung, sowie für die Druckzone mit lokal wirkender Pressung in Betracht.

$\alpha$ . Zugzone. Infolge des einaxigen Spannungszustandes am Scheitel des Drahtquerschnittes wird

$$\sigma_g = \sigma_z + \sigma_{b1} + \sigma_{b2} = \sigma_{\text{total},g}$$

$\beta$ . Druckzone. In dieser Zone kommen an der Oberfläche zur Wirkung  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  und  $\sigma_3$  aus  $P_0$  nach Gl. (25), sowie in der Längsrichtung  $\sigma_z$  und  $-\sigma_b$ . Die Hauptspannung in der Längsrichtung wird demnach

$$(27) \quad \sigma_1 = \frac{2 + e m}{m(1+e)} p_0 + \{ \sigma_z - \sigma_b \}$$

Werden diese zusätzlichen Spannungen berücksichtigt, so ergibt sich auf Grund der in Tabelle 1 aufgeführten Koeffizienten an der Druckstelle der Drahtoberfläche folgende allgemeine Gleichung für die Vergleichsspannung:

$$(28) \quad \sigma_g = \sqrt{x^2 p_0^2 + y p_0 \{ \sigma_z - \sigma_b \} + \{ \sigma_z - \sigma_b \}^2}$$

Für verschiedene Werte  $b/a$  gibt Tabelle 2 die Zahlenwerte für  $x^2$  und  $y$ . Näherungsweise lässt sich Gl. (28) in die Form bringen

$$(28b) \quad \sigma_g < \sqrt{x^{*2} p_0^2 + 2x^* p_0 \{ \sigma_z - \sigma_b \} + \{ \sigma_z - \sigma_b \}^2}$$

Es wird dann allgemein mit  $p_0$ ,  $\sigma_z$  und  $\sigma_b$  als Absolutwerten

$$(28c) \quad \sigma_g < x^* | p_0 | + | \{ \sigma_z - \sigma_b \} |$$

Tabelle 2 enthält die hierfür gültigen  $x^*$ -Werte. Die grösste Abweichung zeigt sich bei  $b/a = 1,0$ .

Tabelle 2

$e = b/a$	$x^2$	$y$	$e$	$x^*$
28 a	1,0	0,04	1,0	0,2
	0,33	0,07	0,33	0,27
	0,2	0,09	0,2	0,3
	0,1	0,12	0,1	0,35
	< 0,1	0,14	< 0,1	0,38
28 d	0,0	0,16	0,0	0,40

Im Innern des Drahtes befindet sich unterhalb des Zentrums der Druckfläche eine Stelle, in der die Spannung  $\sigma_g$  wesentlich grösser ist<sup>6)</sup>. Diese wird aus Druckbeanspruchung allein für

$$(29) \quad b/a = 1 \quad \sigma_g = 0,62 p_0$$

$$(30) \quad b/a = 0 \quad \sigma_g = 0,55 p_0$$

<sup>6)</sup> Siehe ten Bosch, Maschinenelemente, 1940, Abb. 52.9 und 52.16, sowie A. Eichinger, EMMA-Bericht Nr. 121, Probleme der Abnutzung bei rollender und gleitender Reibung, Abb. 10.

## 6. Querdruckversuche EMPA im plastischen Bereich an Stahldrähten

Die nachfolgend bekannt gegebenen Versuche haben den Zweck, einerseits das Verhältnis  $a/b$  der Haupttaxen der Eindruckfläche bei verschiedenen Krümmungsverhältnissen und anderseits die maximalen Pressdrücke im Fließbereich festzustellen. Hierzu wurden verwendet:

1. Drähte  $\varnothing = 3,42$  mm, mit  $\sigma_s = 123 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\beta_z = 158 \text{ kg/mm}^2$ ;
2. Drähte  $\varnothing = 4,21$  mm, mit  $\sigma_s = 120 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\beta_z = 154 \text{ kg/mm}^2$ ;
3. Rollen, bzw. Scheiben aus gehärtetem Stahl mit Radien  $R_{21}$  von 29, 150, 250, 500 und 1000 mm und Rillenradien  $R_{22}$  von 15, 40 und  $\infty$  mm. In zwei Fällen wurde die Rollen-Scheibe unter  $18^\circ$  zur Drahtaxe eingestellt, d. h. in eine ähnliche Stellung gebracht, wie sie beim Gleichtschlag- oder Spiralseil vorkommt. Ferner kamen zur Anwendung:
4. Pressdrücke  $P_0$  zwischen 100 bis 4000 kg;
5. Krümmungsradien  $R_{11}$  der Drähte von 100, 200 mm und  $\infty$ .

Hierbei sei daran erinnert, dass nach Gl. (8a) und (8b) der Radius  $R_{11}$  bezogen auf die Umfangsdrähte beträgt:

$$R_{11} = \frac{L^2 + \pi^2(d - \delta)^2}{2\pi^2(d - \delta)} \quad \text{beim Spiralseil,}$$

$$R_{11} \cong \frac{L'^2 + \pi^2(d_l - \delta)^2}{2\pi^2(d_l - \delta)} \quad \text{beim Litzenseil, Gl. (9c)}$$

Die Versuchsergebnisse sind in den Bildern 13, 14, 15 zusammengestellt. Bild 13 zeigt die Eindruckfläche auf den Draht  $\varnothing 4,2$  mm infolge einer mit 4000 kg aufgedrückten Rolle von 58 mm Durchmesser. Der Draht wies eine Gegenkrümmung von 200 mm Radius auf und die Rille am Rollenumfang einen Radius von 15 mm. Das Verhältnis von  $a/b$  ist rd. 3. Analoge Verhältnisse zeigten sich auch bei geringeren Pressdrücken.

Das Bild der Einpressung in Bild 14 ist am gleich gekrümmten Draht von 4,2 mm Durchmesser durch eine Scheibe von 2000 mm Durchmesser und durch einen Pressdruck von 3000 kg erzeugt worden. Der Rillenradius war wieder 15 mm. Das Verhältnis von  $a/b$  ist in diesem Falle rd. 10 und es weicht auch bei geringeren Drücken nicht wesentlich davon ab.

Zur Ermittlung der mittleren Einpressdrücke wurden alle Druckflächen bei 20facher Vergrösserung mit Hilfe eines Integrators ausgemessen. Hierbei zeigte sich das bemerkenswerte Ergebnis, dass im plastischen Gebiet der Wert  $p_0 \text{ mittel}$

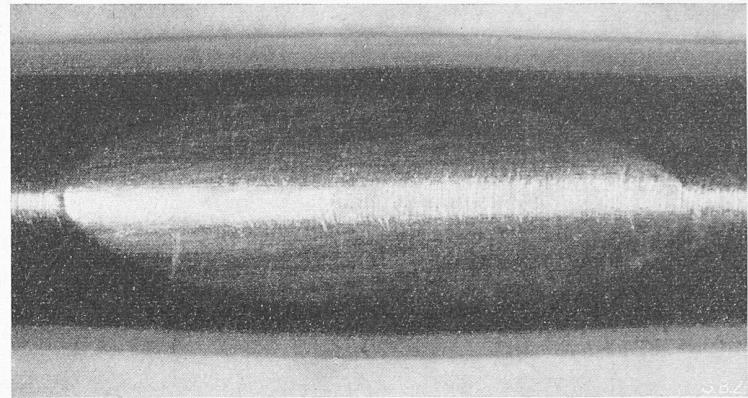


Bild 13. Einpressungsbild an einem Draht von 4,2 mm  $\varnothing$ . Masstab 10:1. Drahtunterlage  $R_{11} = 200 \text{ mm}$ ; Rolle  $R_{21} = 29 \text{ mm}$ ; Rille  $R_{22} = 15 \text{ mm}$ ; Presskraft  $P_0 = 4000 \text{ kg}$

Tabelle 3. Axenverhältnisse der Eindruckstellen

Rollen- oder Scheibenradius $R_{21}$ mm	Radius der Drahtbiegung $R_{11}$ mm	Rillen-Radius $R_{22}$ mm	Axen-Verhältnis $a/b$
30	100 bis $\infty$	15	rd. 3
> 150 bis 1000	100	40 und $\infty$	rd. 10
> 150 bis 1000	200	40 und $\infty$	rd. 12
> 150 bis 1000	$\infty$	40 und $\infty$	12 bis 29

durchweg nahezu konstant blieb und zwar unabhängig vom Einpressdruck  $P_0$  und ebenso auch unabhängig von den Krümmungsverhältnissen. Die Grösse der Eindruckfläche richtete sich direkt nach dem Wert  $p_0 \text{ mittel}$ , Bild 15. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

### 1. Axenverhältnisse der Eindruckstellen

Die ermittelten Verhältnisse sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Die aufgeführten Axenverhältnisse treten schon bei ganz geringen Drücken  $P_0$  auf und dürften auch im elastischen Bereich noch gültig sein.

### 2. Mittlerer und maximaler Pressdruck

Nach Bild 15 ist der mittlere Pressdruck nahezu konstant und es ist bezüglich des Drahtes mit einem  $\beta_z = 154 \text{ kg/mm}^2$  zu rechnen, also ist

$$(31) \quad p_0 \text{ mittel} = 227 \text{ kg/mm}^2$$

oder  $\sim 1,45 \beta_z$

Dieser Wert ist als niedrig zu bezeichnen. Die Erklärung hierüber folgt unter 3.

Unter der Annahme, dass trotz des Fließbereiches im Zentrum der Druckfläche eine erhöhte Spannung möglich sei, wird als maximaler Pressdruck eingesetzt nach Gl. (25 c)

$$p_0 \text{ max.} = 1,5 p_0 \text{ mittel} = 340 \text{ kg/mm}^2 \text{ oder } 2,15 \beta_z$$

Es kann demnach  $p_0 \text{ max.} \sim 2 \beta_z$  als kritische Druckspannung an der Oberfläche angesehen werden, von der ab an der Drahtoberfläche bleibende Eindrücke auftreten, derart, dass die mittlere Druckspannung durchweg  $p_0 \text{ mittel} \sim 1,45 \beta_z$  wird.

3. Zusammenhang zwischen der Vergleichsspannung  $\sigma_g$  und den Werten  $p_0 \text{ mittel}$  bzw.  $p_0 \text{ max.}$  im elastisch-plastischen Grenzbereich

Wird das Material plastisch verformt, so wird

$$(32) \quad \sigma_g \sim \sigma_q$$

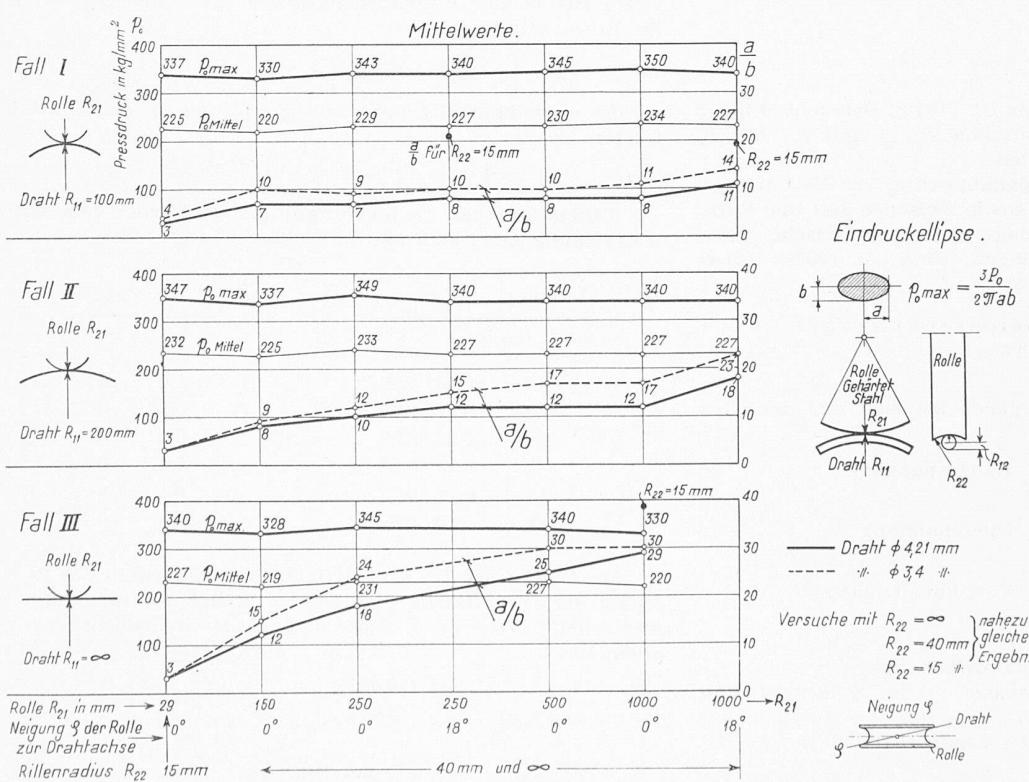


Bild 15. Axenverhältnis  $a/b$  der Eindruckflächen und grösste Pressdrücke bei Drähten von 3,4 und 4,2 mm  $\varnothing$

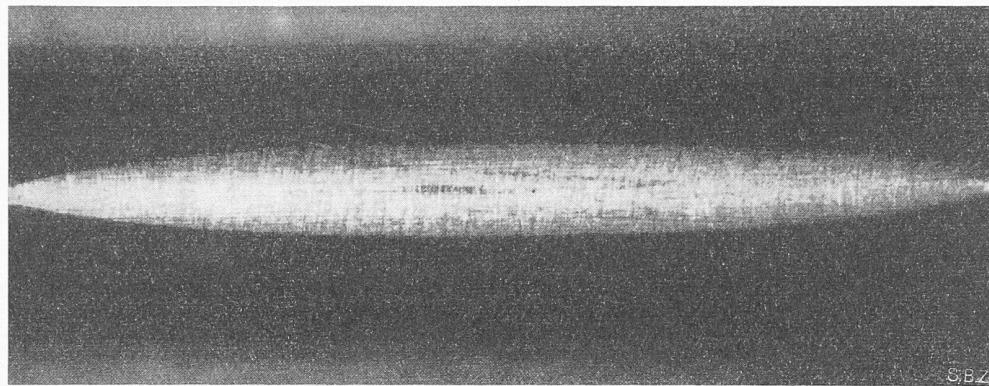


Bild 14. Einpressungsbild an einem Draht von 4,2 mm Ø. Masstab 10:1.  
Drahtunterlage  $R_{11} = 200$  mm; Scheibe  $R_{21} = 1000$  mm; Rille  $R_{22} = 15$  mm; Presskraft  $P_0 = 3000$  kg

Tabelle 4. Vergleichsspannungen im Druckbereich

Druckfläche	Ax-verhältnis $a/b$	Oberfläche		Im Innern	
		$\sigma_g$	$p_0^*$ )	$\underline{\sigma}_g$	$p_0^*$ )
Kreis	1	0,20 $p_0$	3,75 $\beta_z$	0,62 $p_0$	1,21 $\beta_z$
Ellipse	3	0,27 $p_0$	2,77 $\beta_z$	0,60 $p_0$	1,25 $\beta_z$
Ellipse	5	0,30 $p_0$	2,50 $\beta_z$	0,59 $p_0$	1,27 $\beta_z$
Ellipse	10	0,35 $p_0$	2,14 $\beta_z$	0,58 $p_0$	1,29 $\beta_z$
Ellipse	> 10	0,38 $p_0$	1,97 $\beta_z$	0,56 $p_0$	1,34 $\beta_z$
Streifen	∞	0,40 $p_0$	1,87 $\beta_z$	0,55 $p_0$	1,36 $\beta_z$

\*) Für  $\sigma_g = 0,75 \beta_z$

wenn unter  $\sigma_g$  die Quetschgrenze im homogenen Material aus einaxiger Beanspruchung verstanden wird. Ferner dürfte bei Stahldrähten

$$(33) \quad \sigma_g \sim 0,75 \beta_z$$

sein. Unter diesen Umständen bestehen für die verschiedenen Druckflächen und für die Zone im Druckbereich an der Oberfläche und im Innern für die Pressung  $p_0$ , bei denen Fliessen eintritt, die in Tabelle 4 aufgeführten Zusammenhänge.

In den beiden ersten Kolonnen sind die verschiedenen Druckflächen mit dem zugehörigen Verhältnis der Haupttaxen aufgeführt, wobei der Kreis und der Streifen als Grenzfälle anzusehen sind. In den nachfolgenden Kolonnen sind die zugehörigen Werte  $\sigma_g$  für das Zentrum der Druckzone an der Oberfläche und im Innern eingetragen, wie sie sich aus den Gl. (28 d) ergeben, wenn  $\sigma_z - \sigma_b = 0$  ist. Die daraus hervorgehenden Werte  $p_0$  im plastischen Bereich folgen aus Gl. (32) und (33):

$$\begin{aligned} \sigma_g &= x^* p_0 \sim 0,75 \beta_z \\ (34) \quad p_0 &\sim \frac{0,75}{x^*} \beta_z \end{aligned}$$

wenn mit  $x^*$  der Faktor für die verschiedenen Eindruckformen nach Tabelle 2 bezeichnet wird. Darnach würde bei einer Ellipse mit  $a/b = 3$  im Fliessbereich an der Oberfläche  $p_0 = 2,77 \beta_z$ , im Inneren dagegen nur  $p_0 = 1,25 \beta_z$ . Für den anderen Fall  $a/b = 10$  würde an der Oberfläche  $p_0 = 2,14 \beta_z$ , im Inneren  $p_0 = 1,29 \beta_z$ .

Aus den Versuchen, die in Abschnitt 6 bekannt gegeben wurden, ergab sich unabhängig von  $a/b$  durchweg ein Wert  $p_0 \text{ mittel} = 1,45 \beta_z$ . Es ist daraus ersichtlich, dass bei diesen Pressdrücken im Fliessbereich die Spannungsverhältnisse im Innern sich ganz wesentlich geltend machen. Dies kommt zum Ausdruck einerseits in den aus den Versuchen hervorgehenden niedrigen Werten für  $p_0 \text{ mittel}$ , die nur wenig höher sind als die theoretischen Werte im Innern der Druckzone, und anderseits in der Konstanz der Werte  $p_0 \text{ mittel}$  der Versuche, denn auch die  $x^*$ -Werte im Innern sind nahezu unabhängig von der Form der Eindruckfläche, Gl. 29 und 30. Zur kritischen Beurteilung des Fliessbereiches kann daher  $p_0 \text{ mittel} = 1,45 \beta_z$  angenommen werden.

Da es sich bei den Drähten um vorgerecktes Material handelt, ist nicht ausgeschlossen, dass an den Druckstellen auch der Bauschinger-Effekt sich geltend macht und zu dem verhältnismässig frühen Erscheinen bleibender Verformungen beiträgt.

Im weiteren muss hervorgehoben werden, dass alle Ergebnisse, die sich auf den plastischen Bereich beziehen, nur orientierend Charakter haben und dass zur genauen Klärung der Verhältnisse noch eingehende Untersuchungen theoretischer und versuchstechnischer Art erforderlich sind.

(Schluss folgt)

## MITTEILUNGEN

Die deutschen Eisenbahnen hinter dem eisernen Vorhang. Im letzten Vorkriegsjahr 1938 betrug bei einer Netzlänge von rund 14 000 km in der russisch besetzten Ostzone Deutschlands die Gleislänge etwa 18500 km, d. h. etwa ein Drittel aller Linien lag doppelspurig. Die

von den Russen verfügten Demontagen und Stilllegungen beliefen sich, soweit sie amtlich bekanntgegeben wurden, bis Ende 1948 auf rund 8000 km; drei Viertel hiervon entfielen auf die Reduzierung ehemals mehrgleisiger Strecken auf eingleisige, während der Rest in völligem Streckenabbau und Herausnahme von Bahnhofgleisen bestand. Mit andern Worten: In der Ostzone liegen heute schätzungsweise nur noch rund 11 000 km Gleise, fast durchweg Einzelgleise, keine Doppelspuren, was den Dichtekoeffizienten um mehr als 40% sinken liess und etwa der Eisenbahndichte Ungarns entspricht. An doppelspurigen Hauptbahnen befinden sich in der Ostzone heute lediglich noch 315 km, verteilt auf folgende Teilstrecken: Berlin — Frankfurt a. d. O. 93 km, Wittenberg — Halle — Erfurt 175 km, Magdeburg — Helmstedt 47 km. Alle übrigen, vor allem auch sämtliche von Berlin ausgehenden elf Hauptlinien, werden heute einspurig betrieben! Im hochindustriellen Sachsen z. B. gibt es heute keine einzige doppelspurige Strecke mehr. Die Folgen dieser Demontage, die kaum gründlicher hätte sein können, sind Verspätungen, Zugsaufälle, Kreuzungsverlegungen und Zusammenstösse, von denen die grosse Öffentlichkeit freilich wenig oder gar nichts erfährt (so stiess am 3. Dezember 1948 bei Station Falkensee nordwestlich von Berlin ein Schnellzug mit einem Vorortzug zusammen, wobei 15 Personen sofort getötet und gegen 30 schwer verletzt wurden). Diesem Zerstörungswerk entspricht auch der heutige Eisenbahnverkehr. Von dem ehemals reich ausgestatteten Schnellzugsfahrplan ist nicht mehr viel übriggeblieben. Zwischen Berlin und Schwerin läuft zwar noch ein leibhaftiges Schnelltriebwagenpaar — das einzige östlich des eisernen Vorhangs — auf durchweg eingleisigen Strecken, aber seine Reisegeschwindigkeit ist mehr als bescheiden. Das einzige Schnellzugspaar Berlin — Dresden braucht für diese knapp 180 km weit über fünf Stunden, während man früher in zwei Stunden reiste. Schliesslich darf man nicht vergessen, dass, um die Eisenbahnmisere voll zu machen, Oberbau und Rollmaterial überaltert und daher erneuerungsbedürftig sind, zumal schon im Dritten Reich vor Kriegsausbruch Unterhalt und Erneuerung stark gedrosselt worden waren, vom Raubbau während des Krieges ganz zu schweigen. Das Gesamtbild könnte also kaum desperater sein. Eisenbahnbau und -betrieb sind um mindestens zwei Menschenalter zurückgeschraubt worden.

Eidg. Technische Hochschule. Die Vorlesungen des Sommersemesters beginnen am 20. April, Einschreibefrist bis 15. Mai. Das Programm der Abteilung XII A bietet die nachfolgend aufgeführten neuen Vorlesungen. Clerc: De l'âge classique au siècle des lumières; Ernst: Deutsche Meister-Novellen, Goethes Leben, Ibsens Gesellschaftsdramen; C. A. Meier: Die empirischen Grundlagen der Psychologie des Unbewussten; Savioz: Introduction à la philosophie, Les principaux courants de la philosophie contemporaine, L'existentialisme de J.-P. Sartre, Entretiens et discussions sur la philosophie actuelle; Schmid: Wesenszüge des deutschen Geisteslebens, Goethes Humanität als Problem, Kolloquium über Goethes Gespräche mit Eckermann; Wildi: A Survey of English Art and Literature in their mutual relations from 1700 to 1940; Zoppi: Romanzieri e novellieri della seconda metà del XIX secolo; G. Guggenbühl: Charakteristik der Schweiz in Rückblick und Umschau; de Salis: Frankreich von 1814 bis 1914, Grands hommes d'Etat du XIX<sup>e</sup> siècle; Weiss: Gross-