

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

Autor(en): **Wyss, Th.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **67 (1949)**

Heft 15

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-84037>

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.

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

(Fortsetzung von Seite 198)

4. Die Maximalpressung p_0 auf den Draht im elastischen Bereich

Die Formel von Hertz für die maximale Druckspannung p_0 am Berührungspunkt lautet⁴⁾:

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

Hierbei ist

P_0 die örtliche Druckkraft auf den Draht, $\sum \rho = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4$ 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 τ .

Als E für Stahl und Stahlguss wird eingesetzt 20 000 kg/mm². Im vorliegenden Fall wird nach Bild 10:

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

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

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

$$= \frac{1}{\sum \rho} \sqrt{(\rho_{11} - \rho_{12})^2 + 2(\rho_{11} - \rho_{12})(\rho_{21} - \rho_{22}) \cos 2\omega + (\rho_{21} - \rho_{22})^2}$$

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

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

Hierbei ist:

a. am Berührungspunkt zwischen Seil und Scheibe, Bild 10 d
 R_{11} der Krümmungsradius der Mittellinie des Drahtes, angenähert 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,
 ω der Schnittwinkel zwischen Draht und Lauflinie am Grund der Scheibe, auf Bild 15 mit φ bezeichnet

b. am Berührungspunkt zweier Litzten, 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,
 ω der Schnittwinkel der beiden sich berührenden Drähte.

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

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

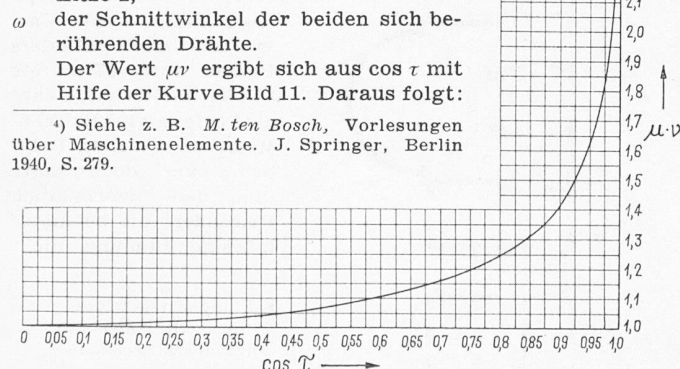


Bild 11. Zur Ermittlung der Flächenpressung: Zusammenhang zwischen $\cos \tau$ und $\mu \nu$

c. am Berührungspunkt zwischen Seil und Scheibe aus Stahlguss

a. Für Kreuzschlagseile gilt:

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

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

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

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

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

Unter Berücksichtigung der Vorzeichen wird

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

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

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

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

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

Als Beispiel sollen folgende Zahlenwerte angenommen werden:

$$\begin{aligned} \text{für Laufrollen: } & \mu \nu \sim 1,5 \quad M \sim 0,94 \\ \text{für Tragscheiben: } & \mu \nu \sim 1,6 \quad M \sim 0,92 \end{aligned}$$

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

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

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

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

β . 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

$$\begin{aligned} \text{für Laufrollen: } & \mu \nu \sim 1,7 \quad M \sim 0,94 \\ \text{für Tragscheiben: } & \mu \nu \sim 2,2 \quad M \sim 0,92 \end{aligned}$$

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

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

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

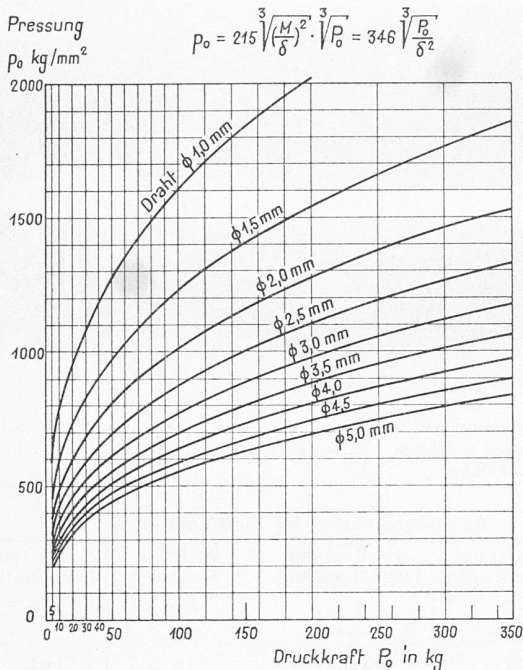


Bild 12. Zusammenhang zwischen Druckkraft P_0 und grösster Pressung p_0 bei zwei sich berührenden Litzen

d) Am Berührungspunkt zweier Litzen

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

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

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

Bei Litzenseilen liegt $1/\omega = R_{12}/R_{11}$ zwischen $1/20$ und $1/60$ und M zwischen 2,04 und 2,10. Je nach dem Schnittwinkel ω 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. (20 a) wird die Pressung zwischen zwei sich berührenden Litzen

$$(24) \quad p_0 = -346 \sqrt[3]{\frac{P_0}{\delta^2}}$$

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

Der Vergleich der Druckspannungen p_0 für Berührungspunkte zwischen zwei Litzen, sowie zwischen Seil und Rolle, bzw. Seil und Scheibe zeigt, dass diejenigen zwischen zwei Litzen ganz wesentlich überwiegen; siehe Gl. (20 b), (21 a) 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 Gleichungen⁵⁾

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

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

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

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 kg/mm^2 .

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

Wie aus den Gl. (25) hervorgeht, sind die Hauptspannungen σ_1 und σ_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	∞
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 σ_1 , σ_2 und σ_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 σ_1 , σ_2 , σ_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 σ_g kommt für die Zugzone des Drahtes mit zugehöriger sekundärer Biegung, sowie für die Druckzone mit lokal wirkender Pressung in Betracht.

α . Zugzone. Infolge des einaxigen Spannungszustandes am Scheitel des Drahtquerschnittes wird

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

β . Druckzone. In dieser Zone kommen an der Oberfläche zur Wirkung σ_1 , σ_2 und σ_3 aus P_0 nach Gl. (25), sowie in der Längsrichtung σ_z und $-\sigma_b$. Die Hauptspannung in der Längsrichtung wird demnach

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

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

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

Es wird dann allgemein mit p_0 , σ_z und σ_b als Absolutwerten

$$(28 c) \quad \sigma_g < x^* \left[p_0 \right] + \left[\{ \sigma_z - \sigma_b \} \right]$$

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^*
1,0	0,04	0,20	1,0	0,2
0,33	0,07	0,50	0,33	0,27
0,2	0,09	0,59	0,2	0,3
0,1	0,12	0,68	0,1	0,35
< 0,1	0,14	0,75	< 0,1	0,38
0,0	0,16	0,80	0,0	0,40

Im Innern des Drahtes befindet sich unterhalb des Zentrums der Druckfläche eine Stelle, in der die Spannung σ_g wesentlich grösser ist⁶⁾. Diese wird aus Druckbeanspruchung allein für

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

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

⁶⁾ Siehe ten Bosch, Maschinenelemente, 1940, Abb. 52.9 und 52.16, sowie A. Eichinger, EMPA-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 andererseits die maximalen Pressdrücke im Fließbereich festzustellen. Hierzu wurden verwendet:

1. Drähte $\phi = 3,42$ mm, mit $\sigma_s = 123$ kg/mm², $\beta_z = 158$ kg/mm²;
2. Drähte $\phi = 4,21$ mm, mit $\sigma_s = 120$ kg/mm², $\beta_z = 154$ kg/mm²;
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 ∞ mm. In zwei Fällen wurde die Rollen-Scheibe unter 18° zur Drahtaxe eingestellt, d. h. in eine ähnliche Stellung gebracht, wie sie beim Gleichschlag- 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 ∞ .

Hierbei sei daran erinnert, dass nach Gl. (8a) und (8b) der Radius R_{11} bezogen auf die Umfangdrähte 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 $\phi 4,2$ 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 Rillradius 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 $p_{0 \text{ mittel}}$

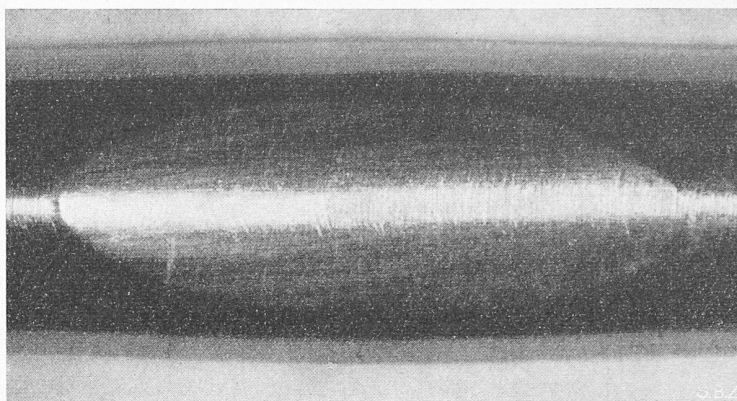


Bild 13. Einpressungsbild an einem Draht von 4,2 mm ϕ . Masstab 10:1. Drahtunterlage $R_{11} = 200$ mm; Rolle $R_{21} = 29$ mm; Rille $R_{22} = 15$ mm; Presskraft $P_0 = 4000$ kg

Tabelle 3. Axenverhältnisse der Eindruckstellen

Rollen- oder Scheibenradius R_{21} mm	Radius der Drahtbiegung R_{11} mm	Rillenradius R_{22} mm	Axenverhältnis a/b
30	100 bis ∞	15	rd. 3
> 150 bis 1000	100	40 und ∞	rd. 10
> 150 bis 1000	200	40 und ∞	rd. 12
> 150 bis 1000	∞	40 und ∞	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 $\beta_z = 154$ kg/mm² zu rechnen, also ist

$$(31) \quad p_{0 \text{ mittel}} = 227 \text{ kg/mm}^2 \text{ oder } \sim 1,45 \beta_z$$

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. (25c)

$$p_{0 \text{ max.}} = 1,5 p_{0 \text{ mittel}} = 340 \text{ kg/mm}^2 \text{ oder } 2,15 \beta_z$$

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 σ_g und den Werten $p_{0 \text{ mittel}}$ bzw. $p_{0 \text{ max.}}$ im elastisch-plastischen Grenzbereich

Wird das Material plastisch verformt, so wird

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

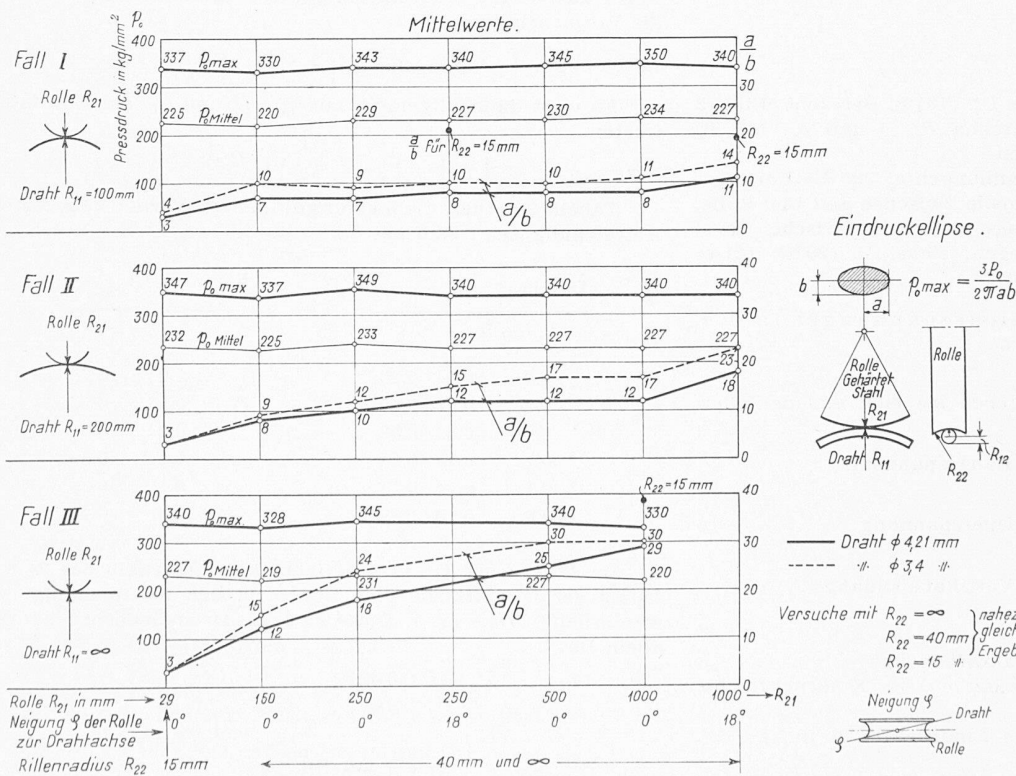


Bild 15. Axenverhältnis a/b der Eindruckflächen und grösste Pressdrücke bei Drähten von 3,4 und 4,2 mm ϕ

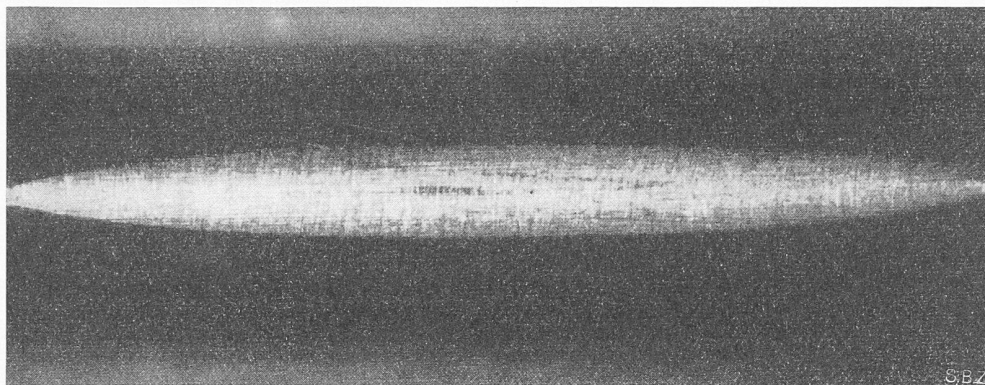


Bild 14. Einpressungsbild an einem Draht von 4,2mm Ø. Masstab 10:1. Drahtunterlage $R_{11} = 200$ mm; Scheibe $R_{21} = 1000$ mm; Rille $R_{22} = 15$ mm; Presskraft $P_0 = 3000$ kg

tierenden 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 18 500 km, d. h. etwa ein Drittel aller Linien lag doppel­spurig. Die

Tabelle 4. Vergleichspannungen im Druckbereich

Druckfläche	Axverhältnis a/b	Oberfläche		Im Innern	
		σ_g	$p_0^*)$	σ_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 σ_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 Hauptachsen aufgeführt, wobei der Kreis und der Streifen als Grenzfälle anzusehen sind. In den nachfolgenden Kolonnen sind die zugehörigen Werte σ_g für das Zentrum der Druckzone an der Oberfläche und im Innern eingetragen, wie sie sich aus den Gl. (28 d) ergeben, wenn $\sigma_x - \sigma_b = 0$ ist. Die daraus hervorgehenden Werte p_0 im plastischen Bereich folgen aus Gl. (32) und (33):

$$(34) \quad p_0 \sim \frac{0,75}{x^*} \beta_z$$

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 niedrigeren Werten für $p_{0 \text{ mittel}}$, die nur wenig höher sind als die theoretischen Werte im Innern der Druckzone, und andererseits 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 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 orien-

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, Zugsausfälle, 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 Vorhanges — 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 Meister­novellen, 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; *Wildt*: A Survey of English Art and Literature in their mutual relations from 1700 to 1940; *Zoppi*: Romanzieri e novellieri della seconda metà del l'Ottocento; *G. Guggenbühl*: Charakteristik der Schweiz in Rückblick und Umschau; *de Salis*: Frankreich von 1814 bis 1914, Grands hommes d'Etat du XIXe siècle; *Weiss*: Gross-