

<b>Zeitschrift:</b>	Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung
<b>Band:</b>	2 (1924)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Berechnung von Tragmasten aus Holz unter Berücksichtigung der vorgesehenen neuen Schwachstrom-Vorschriften
<b>Autor:</b>	Häusler, W.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-873930">https://doi.org/10.5169/seals-873930</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:** 14.01.2026

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

Jahrgang  
Année  
Anno } II

Nº 2

Bern, den  
Berne, le  
Berna, il } 1. IV. 1924

# Technische Mitteilungen

der schweizerischen Telegraphen- und Telephon-Verwaltung

## Bulletin Technique

de l'Administration des  
Télégraphes et des Téléphones suisses

Herausgegeben im Auftrage  
der Obertelegraphendirektion



## Bollettino Tecnico

dell'Amministrazione dei  
Telegrafi e dei Telefoni svizzeri

Publié par ordre de la  
Direction Générale des Télégraphes

Pubblicato per ordine della  
Direzione Generale dei Telegrafi

### Berechnung von Tragmasten aus Holz unter Berücksichtigung der vorgesehenen neuen Schwachstrom-Vorschriften.

Von W. Häusler, Bern.

Für die Berechnung von Tragmasten aus Holz sind im Entwurf zu den neuen Vorschriften betreffend Erstellung, Betrieb und Instandhaltung elektrischer Schwachstromanlagen folgende Richtlinien vorgesehen:

#### A. Belastungsannahmen für die Leiter.

1. Der Winddruck auf die Drähte betrage 50 kg auf den m<sup>2</sup> der durch das Produkt aus der Länge des Leiters und dessen Durchmesser gebildeten Fläche bei einer Temperatur von 0° Celsius.

2. Auf die Leiter wirke eine gleichmässig verteilte Zusatzlast von 800 g per 1 m Leitungslänge bei einer Temperatur von 0° Celsius ohne Winddruck.

#### B. Annahmen für die statische Berechnung.

1. Für gerade Linien mit Tragmasten aus Weichholz und mit Spannweiten bis zu 50 m kann der Durchmesser der Stangen an der Erdoberfläche nach folgender Formel berechnet werden:

$$D = \sqrt[3]{9,9 \Sigma d S H + H_1^2} \text{ cm.}$$

Hierin bedeutet:

$\Sigma d$  = Summe der Durchmesser sämtlicher auf der Stange angebrachten Leiter in m.

S = Spannweite in m.

H = mittlere Drahthöhe über Boden in m.

H<sub>1</sub> = gesamte Stangenlänge über Boden in m.

2. Die höchstzulässige Beanspruchung der Tragmaste darf 190 kg pro cm<sup>2</sup> für Zug, Druck und Biegung nicht übersteigen.

3. Für prismatische Körper, die senkrecht zur Seitenfläche angeblasen werden, beträgt der Winddruck per m<sup>2</sup> Projektionsfläche 100 kg. Bei zylindrischen Körpern ist er  $\frac{7}{10}$  desjenigen auf prismatische Körper.

#### C. Untersuchung der Annahmen auf ihre Richtigkeit.

I. Der Winddruck auf eine vom Wind senkrecht getroffene Fläche ist ganz allgemein  $W = k \times \frac{v^2}{2} \delta \times F$

in kg; oder wenn wir  $k = \psi$  und  $\frac{\delta}{g} = \mu$  setzen, wird  $W = \psi \mu v^2 F$  in kg. Machen wir endlich  $\psi \mu = c$  und  $F = 1 \text{ m}^2$ , so erhalten wir  $W$  pro m<sup>2</sup> =  $c v^2$  in kg. In diesen Formeln bedeutet  $v$  die Geschwindigkeit des Windes in m/sec,  $g$  die durch die Schwerkraft hervorgerufene Beschleunigung = 9,81 m/sec<sup>2</sup>,  $\delta$  das Gewicht eines m<sup>3</sup> Luft in kg,  $F$  den Inhalt einer ruhenden ebenen Fläche in m<sup>2</sup> und  $k$  eine Erfahrungszahl, die von Form und Körper abhängt und die nach Grashoff mit 1,86 einzusetzen ist. Das Gewicht  $\delta$  eines m<sup>3</sup> Luft beträgt bei 760 mm Quecksilberhöhe und 0° C = 1,293 kg. Als allgemein üblicher Mittelwert für mittleren Barometerstand kann  $\delta$  nach der „Hütte“ zu 1,226 kg angenommen werden, wobei  $\mu = \frac{1}{8} = 0,125$  wird. Dem bisher angenommenen maximalen Winddruck von 100 kg pro m<sup>2</sup> senkrecht getroffene Fläche entspricht nun nach obiger Formel eine Windgeschwindigkeit von

$$v = \sqrt{\frac{100 \times 2 \times 9,81}{1,86 \times 1,226 \times 1}} = 29,3 \text{ m/sec.}$$

Nach der von Prof. Köppen verbesserten internationalen Skala für Windstärke erhält diese Geschwindigkeit von  $\sim 30$  m/sec die Bezeichnung Orkan; sie wird sehr selten beobachtet, sodass auch in neuen Vorschriften dem Winddruck eine max. Windgeschwindigkeit von  $\sim 30$  m/sec zugrunde gelegt werden kann. (Tabelle.)

Wie neuere Versuche gezeigt haben (siehe „Hütte“, 23. Auflage, Seite 361—363), ist die von Grashoff angegebene Erfahrungszahl  $k = 1,86$  oder  $\psi = 0,93$  und  $c = 0,11625$  für zylindrische Körper und Drähte zu gross. Nach Proben der Gött. Anstalt

## Verbesserte Beaufort-Skala.

Nr.	Bezeichnung	Gemessene Geschwindigkeit m/sec	Grösste Geschwindigkeit m/sec	Gemessener Winddruck kg/m <sup>2</sup>	Grösster Winddruck kg/m <sup>2</sup>	Wahrscheinlichkeit
1	Schwacher Wind	1,7	2	0,25	0,34	
2		3,1	4	0,82	1,37	
3	Mässiger Wind	4,8	6	1,97	3,08	
4		6,7	8	3,84	5,48	44,2 %
5	Kräftiger Wind	8,8	10	6,64	8,56	
6		10,7	12	9,81	12,32	31,6 %
7	Sturmartiger Wind	12,9	14	14,25	16,78	
8		15,4	17	20,30	24,75	2,6 %
9	Sturm	18,0	20	27,70	34,25	
10		21,0	23	37,7	45,50	0,2 %
11	Orkan	23,0	30	—	70,0	
12		27,0	30	—	77,0	

beträgt  $\psi = 0,45$  für runde Drähte, nach Irminger  $\psi = 0,57$  für Kreiszylinder mit senkrechten Endflächen (1 gross im Verhältnis zu d, den Stangen entsprechend) und  $\psi = 0,95$  für quadratische Prismen senkrecht zur Seitenfläche angeblasen (Eisenkonstruktion). Mit diesen Koeffizienten erhalten wir bei der maximalen anzunehmenden Windgeschwindigkeit von 30 m/sec folgenden Winddruck:

$$W = \psi \mu v^2 F \text{ kg/m}^2,$$

wobei F = Projektionsfläche des Körpers in Stromrichtung in m<sup>2</sup> bedeutet.

## 1. Winddruck auf Drähte

$$W_1 = 0,45 \times 0,125 \times 30^2 \times 1 = 50,6 \text{ kg per m}^2.$$

## 2. Winddruck auf Stangen

$$W_2 = 0,57 \times 0,125 \times 30^2 \times 1 = 64,1 \text{ kg per m}^2.$$

## 3. Winddruck auf Eisenkonstruktionen

$$W_3 = 0,95 \times 0,125 \times 30^2 \times 1 = 106 \text{ kg per m}^2.$$

Diese Werte stimmen mit den gemachten Annahmen gut überein. Nach Beobachtungen der meteorologischen Anstalten treten die grössten Windstärken bei  $-5^\circ$  bis  $-10^\circ$  C auf. Um die Rechnung zu vereinfachen, wurde für die Wirkung des Windes eine Temperatur von  $0^\circ$  C angenommen.

II. Ueber den in Rechnung zu stellenden Schneeanansatz herrscht noch grosse Unsicherheit. Eine Gesetzmässigkeit lässt sich aus dem Beobachtungsmaterial nicht feststellen. Die höchsten beobachteten Zusatzlasten von 5 kg und mehr können nicht berücksichtigt werden, da sie den Bau zu stark verteuern würden. Die bei 45 verschiedenen Versuchsstationen der S. T. V., der S. B. B. und des S. E. V. in den Jahren 1916—1923 gemessenen mittleren Zusatzlasten sind in Fig. 1 dargestellt. Es ist aus dieser Figur ersichtlich, dass per 1 m Leitung eine konstante Zusatzlast von 800 g angenommen werden kann, welche auch den Verhältnissen im Telegraphen- und Telephonlinienbau genügend Rechnung trägt. Da, von seltenen Ausnahmen abgesehen, Winddruck und Zusatzlast nicht zu gleicher Zeit wirken, so ist der Winddruck nicht zu berücksichtigen, wenn eine Zusatzlast vorhanden ist.

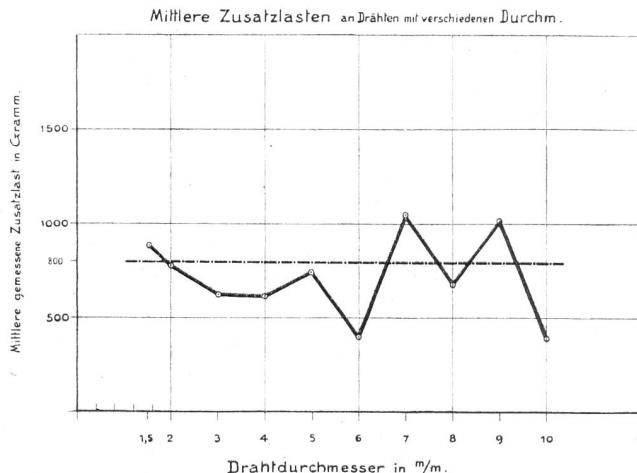


Fig. 1.

III. Für die statische Berechnung der Tragmaste kommen drei Belastungsfälle in Betracht. Der erste liegt vor, wenn der Winddruck bei normalem Betriebszustand senkrecht zur Linie in horizontaler Richtung wirkt. Der zweite Fall tritt ein, wenn die Leiter der Linie bei normalem Betriebszustand durch Zusatzlast (ohne Winddruck) belastet werden, und der dritte, der einseitige Zug in Linienrichtung, entsteht durch Annahme von Leiterbrüchen, ungleichen Spannweiten und ungleicher Aenderung des Leitergewichtes. Der Einfluss der Eigengewichte darf vernachlässigt werden.

a) Bei der Windbelastung werden die Tragmaste nur auf Biegung beansprucht und der Stangendurchmesser bestimmt sich bei gegebener Stangenhöhe aus der allgemeinen Biegungsgleichung:

$$M_b = W_b k_b.$$

Dabei ist

$$W_b = \frac{\pi D^3}{32} \text{ cm}^3$$

das Widerstandsmoment des Einspannquerschnittes,  $k_b = 190 \text{ kg/cm}^2$  die einer 2,5fachen Sicherheit ent-

sprechende Inanspruchnahme des Holzes und  $M_b$  das totale Biegemoment. In Fig. 2 bedeutet nun  $D$  den Durchmesser der Stange an der Einspannstelle in cm,  $\Sigma d$  die Summe der Durchmesser aller an der Stange angebrachten Drähte in m.  $S$  die

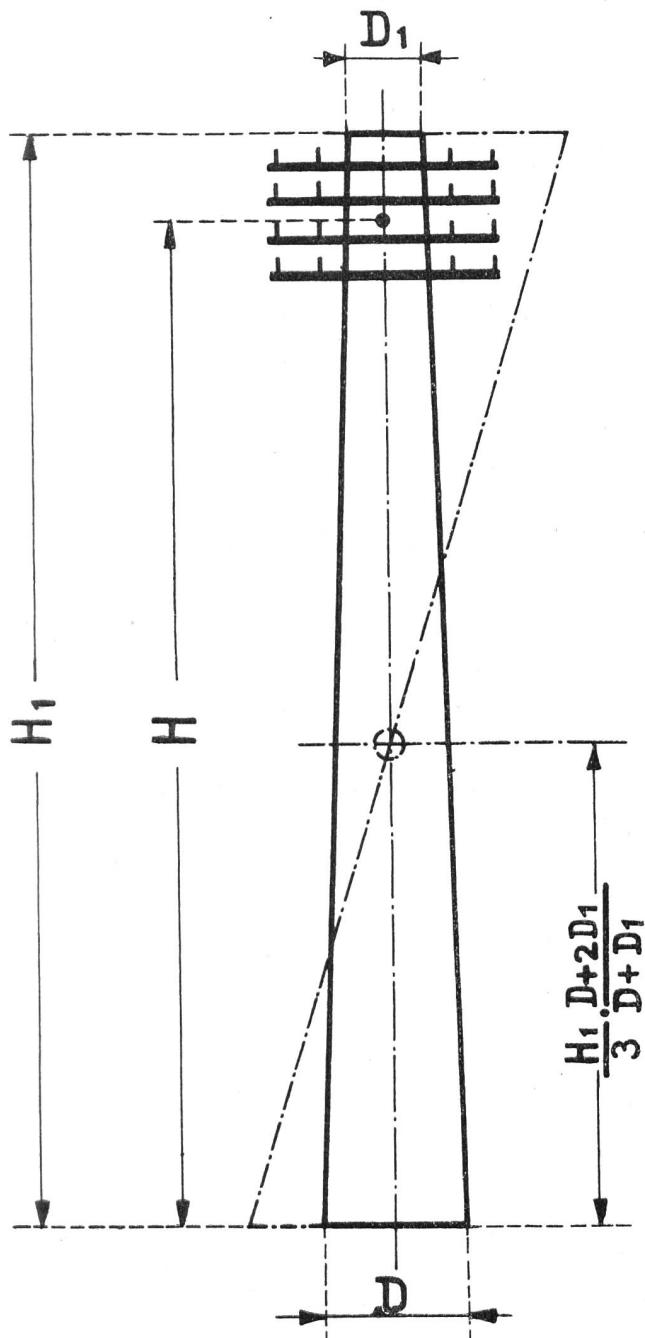


Fig. 2.

Spannweite in m,  $H$  die mittlere Drahthöhe über Boden in m und  $H_1$  die gesamte Stangenlänge über Boden in m. Der Winddruck auf die Drähte wird nun

$$W_d = 50 \Sigma d S \text{ kg.}$$

Das Moment des Winddruckes auf die Drähte ist

$$M_d = 50 \Sigma d S H 100 = 5000 \Sigma d S H \text{ kg/cm.}$$

Der Winddruck auf die Stange ergibt sich zu

$$W_{Stg} = 70 \frac{D + D_1}{2 \cdot 100} H_1 \text{ kg,}$$

und sein Moment wird daher

$$M_{Stg} = 70 \frac{D + D_1}{2 \cdot 100} H_1 \times \frac{H_1}{3} \times \frac{D + 2 D_1}{D + D_1} \cdot 100 = \\ \frac{70 H_1^2 (D + 2 D_1)}{2 \cdot 3} \text{ kg/cm.}$$

Wenn der gefährdete Querschnitt an der Einspannstelle liegen soll, muss  $D_1 = \frac{2}{3} D$  sein.<sup>1)</sup> Diese Bedingung wird durch die im Pflichtenheft der Telegraphenverwaltung für imprägnierte Stangen vorgeschriebenen Dimensionen erfüllt. Das Moment des Winddruckes auf die Stange ist somit

$$M_{Stg} = \frac{70 H_1^2 (D + 2 \frac{2}{3} D)}{2 \cdot 3} = 27,22 H_1^2 D \text{ kg/cm.}$$

Setzen wir alle nun bekannten Werte in die allgemeine Biegungsgleichung ein, so erhalten wir

$$\frac{190 \pi D^3}{32} = 5000 \Sigma d S H + 27,22 H_1^2 D$$

oder nach Umformung

$$D^3 - 1,46 H_1^2 D - 268,2 \Sigma d S H = 0.$$

Dies ist eine reduzierte Gleichung vom dritten Grad und es wird

$$D = 2 \times \sqrt[3]{\frac{1,46 H_1^2}{3} \cos \frac{1}{3} \varphi} = 1,395 H_1 \cos \frac{1}{3} \varphi,$$

wobei

$$\cos \varphi = 395 \frac{\Sigma d \cdot S H}{H_1^3} \quad ^2)$$

und  $0,00253 H_1^3 < \Sigma d \cdot S H$  sein muss.

Diese Bedingung ist durch die in der Praxis vorkommenden Linien- und Stangen-Dimensionen immer erfüllt.

Eine Näherungsformel für den Durchmesser an der Einspannstelle ergibt sich, wenn man in der reduzierten Gleichung vom dritten Grad für das  $D$  in der ersten Potenz den mittleren Stangendurchmesser von 7 bis 12 m Stangen einsetzt. Der letztere beträgt 18,5 cm, und es wird folglich

$$D^3 = 268,2 \Sigma d S H + 27,0 H_1^2$$

$$\text{und } D = \sqrt[3]{9,9 \Sigma d S H + H_1^2} \text{ cm.}$$

Bei gegebenen Stangendimensionen bestimmt sich die Summe aller Drahtdurchmesser zu

$$\Sigma d = \frac{D^3 - 1,46 H_1^2 D}{268,2 S H}$$

oder die zulässige Drahtanzahl zu

$$n = \frac{D^3 - 1,46 H_1^2 D}{268,2 S H d}$$

<sup>1)</sup> Vgl. K. Winnig, Die Grundlagen der Bautechnik für oberirdische Telegraphenlinien.

<sup>2)</sup>  $\cos \varphi$  bedeutet die Hyperbelfunktion, und es können für deren Berechnung die Tabellen in der „Hütte“ benutzt werden.

b) Durch Schnee-Ansatz an den Leitern werden die Tragmaste auf Druck beansprucht. Gedrückte Stäbe, deren Länge im Vergleich zu ihren Querschnitten gross ist, sind stets auf Knickung zu untersuchen. Eine im Boden stehende Telegraphenstange kann am Fusse als eingespannt und am Kopfende als halbfrei betrachtet werden. Sie ist in Linienrichtung durch die Drähte in der ursprünglichen Achse geführt, während senkrecht zur Linie der Ausbiegung sofort die Resultierende des Drahtzuges entgegen wirkt und die Wirkung der Druckkraft vermindert. Es erscheint daher als zulässig, in der Eulerschen Formel  $\frac{\pi^2}{2}$  an Stelle von  $\frac{\pi^2}{4}$  einzusetzen.

Die Stablänge  $l_0$ , bei der die Tragfähigkeit für Druck und Knickung gleich gross ist, ergibt sich, wenn man bei einer 2,5fachen Sicherheit die zulässige Druckkraft der zulässigen Knickkraft gleich setzt und nach  $l_0$  auflöst. Der gefährdete Stangenquerschnitt befindet sich an der Einspannstelle.

Folglich ist

$$\frac{\pi D^2}{4} \times k_d = \frac{\pi^2}{2} \times \frac{E \pi D^4}{l_0^2} \times \frac{1}{64} \times \frac{1}{2,5}$$

und daraus, wenn E den Elastizitätsmodul bedeutet,

$$l_0 = \frac{\pi D}{4} \sqrt{\frac{E}{5 k_d}}$$

Für den mittleren Stangendurchmesser von 18,5 mm findet man

$$l_0 = \frac{\pi 18,5}{4} \sqrt{\frac{10^5}{5 \cdot 190}} = \approx 150 \text{ cm.}$$

Es besteht somit für alle Stangen Knickgefahr. Bezeichnen wir das Gewicht per 1 m Drahtlänge bei Zusatzlast mit G in kg, so wird das Gesamtgewicht für einen Tragmast

$$G_t = n S G$$

$G_t$  darf nicht grösser werden als die für die Stange zulässige Knickkraft. Es ist also

$$n S G = \frac{\pi^2}{2} \times \frac{E}{H^2} \times \frac{\pi D^4}{64} \times \frac{1}{2,5}$$

und daraus

$$D = \sqrt[4]{\frac{n S G H^2}{0,97}}$$

oder die zulässige Drahtanzahl

$$n = \frac{0,97 D^4}{S G H^2}$$

Durch Vergleich dieser Formeln mit denjenigen, welche unter a erhalten wurden, findet man, dass bei gleichen Verhältnissen von in der Praxis vorkommenden Fällen die Biegungsbeanspruchung ausschlaggebend ist, und dass daher für Tragmaste die Berechnung auf Knickung nicht zu berücksichtigen ist.

c) Der einseitige Zug in Linienrichtung bestimmt sich nach Ing. H. Egg<sup>1)</sup> aus der allgemeinen Zustandsgleichung eines gespannten Leiters und der Durchbiegung der Maste. Der Ausdruck für die allgemeine Zustandsgleichung lautet:

<sup>1)</sup> Vgl. Bulletin des S. E. V. 1920 Nr. 7.

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{E + p_1}{E + p_0} \left[ 1 + \alpha (t_1 - t_0) \right] = \frac{\frac{p_1}{r_1} \sin \left( \frac{r_1 S_1}{2 p_1} \right)}{\frac{p_0}{r_0} \sin \left( \frac{r_0 S_0}{2 p_0} \right)}$$

Darin bedeutet:

E den Elastizitätsmodul in kg/cm<sup>2</sup>,

$\alpha$  den Wärmeausdehnungskoeffizient bezogen auf 1 Grad C,

L die Länge des Leiters in cm zwischen den Aufhängepunkten,

p die spezifische Beanspruchung des Leiters in kg/cm<sup>2</sup>,

t die Temperatur in Grad,

r das spezifische Gewicht des Leiters in kg/cm<sup>3</sup>

S die Spannweite, d. h. die horizontale Distanz zwischen beiden Aufhängepunkten in cm.

Wenn ein durch die Werte  $L_0$ ,  $p_0$ ,  $t_0$ ,  $r_0$ ,  $S_0$  gekennzeichnet Anfangszustand gegeben ist, so lassen sich

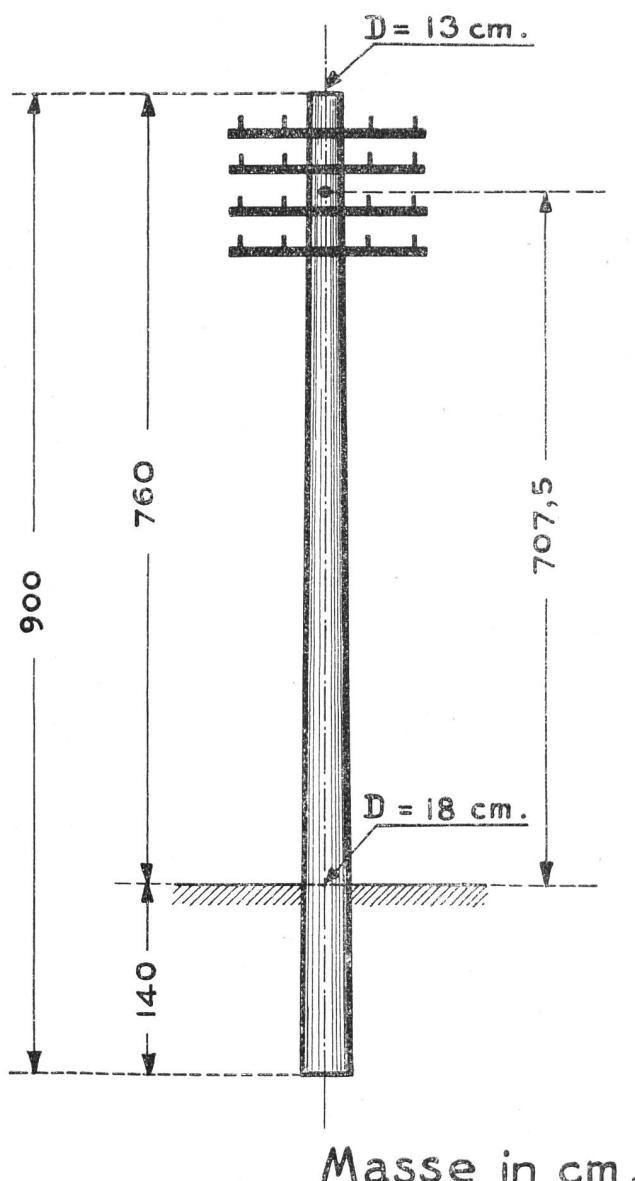


Fig. 3.

<sup>1)</sup> Sin bedeutet die Hyperbelfunktion.

daraus die Daten für einen andern durch die Größen  $L_1, p_1, t_1, \gamma_1, S_1$  gekennzeichneten Zustand bestimmen.

1. Einseitiger Zug infolge Leitungsbruches. Bei einem Leitungsbruch ändern sich die Temperatur und das Gewicht des Leiters nicht; es ist somit  $t_0 = t_1$  und  $\gamma_0 = \gamma_1$ . Setzt man noch für  $\sin\left(\frac{\gamma S}{2p}\right)$  die zwei ersten Glieder der Reihe für die Hyperbelfunktion ein, so erhalten wir für diesen Fall folgende Zustandsgleichung:

$$\frac{E + p_1}{E + p_0} = \frac{S_1}{S_0} \times \frac{1 + \frac{1}{24} \left( \frac{S_1 \gamma_0}{p_1} \right)^2}{1 + \frac{1}{24} \left( \frac{S_0 \gamma_0}{p_0} \right)^2}$$

Durch Umformung und durch Anwendung des Newtonschen Annäherungsverfahrens erhält man die zu  $p_1$  gehörende Änderung der Spannweite:

$$S_1 - S_0 = \delta = S_0 \frac{p_1 - p_0}{p_0 + E} + \frac{1}{6} \left[ \frac{p_1 + E}{p_0 + E} \left( \frac{S_0 \gamma_0}{2p_0} \right)^2 - \left( \frac{S_0 \gamma_0}{2p_1} \right)^2 \right] + \frac{1}{2} \left( \frac{S_0 \gamma_0}{2p_1} \right)^2$$

Die Änderung der Spannweite ist eine Folge der Durchbiegung der Masten unter der Einwirkung des einseitigen Leitungszuges. Versuchen wir nun die Mastdurchbiegung in Funktion der spezifischen Leiterbeanspruchung darzustellen. Die Ausbiegung von Tragmasten aus Holz ist:

$$f = \frac{ZH^3}{3EJ} \times \frac{D}{D_1} \text{ cm, } ^1)$$

wobei  $f$  die Durchbiegung in cm,  $Z$  den einseitigen Zug in kg,  $H$  die Höhe des Mastes bis zum Angriffspunkt des einseitigen Zuges in cm,  $D$  den Mastdurchmesser an der

Einspannstelle in cm,  $D_1$  den Stangendurchmesser am Kopfende in cm,  $E$  den Elastizitätsmodul  $\text{kg/cm}^2$  und  $J$  das Trägheitsmoment an der Einspannstelle in  $\text{cm}^4$  bedeutet. Bezeichnet  $n$  die Anzahl der Leiter,  $p$  den spezifischen einseitigen Leitungszug in  $\text{kg/cm}^2$  und  $q$  den Querschnitt des Leiters in  $\text{cm}^2$ , so wird

$$Z = n q p$$

$$\text{und somit } f = \frac{n q H^3}{3 E J} \times \frac{D}{D_1} \times p = c \times p.$$

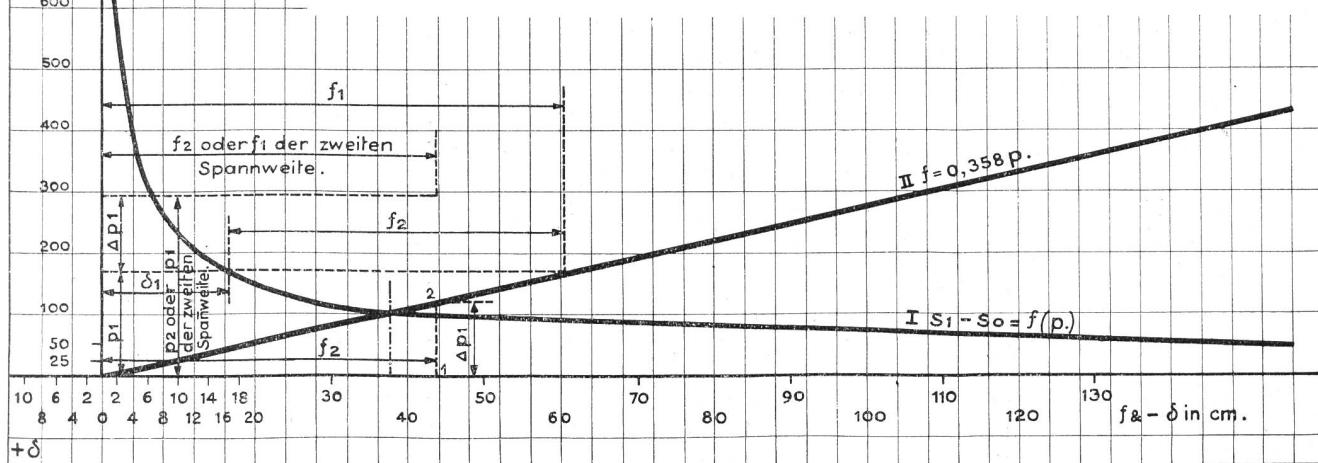
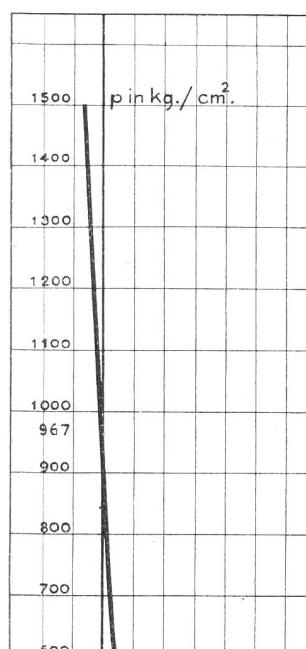
Wählt man für die Mastausbiegung  $f$  und für die Änderung der Spannweite  $\delta$  auf der Abszissenachse der graphischen Darstellung den gleichen Massstab, so kann der einseitige spez. Leitungszug aus den beiden Kurven bestimmt werden. Die weitere Entwicklung ist am besten aus einem Beispiel ersichtlich.

Es sei eine gerade Linie mit max. zulässigen Spannweiten von 50 m, 3 mm Bronzedrähten und 9 m Stangen auf einseitigen Zug zu untersuchen. Die Stangendimensionen sind aus Fig. 3 ersichtlich. Nach Abschnitt IIIa wird die zulässige Drahtzahl

$$n = \frac{18^3 - 1,46 \times 7,6^2 \times 18}{268,2 \times 50 \times 0,003 \times 7,07} = 15,3 \approx 16.$$

Der ungünstigste Fall für den einseitigen Zug ergibt sich bei tiefster Ortstemperatur. Die Drahtspannung darf  $\frac{1}{6}$  der Bruchfestigkeit nicht überschreiten und beträgt somit  $966 \text{ kg/cm}^2$ . Das spezifische Gewicht des Leiters ist  $8,91 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$  und sein Elastizitätsmodul  $1,33 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$ . Berechnen wir nun nach der Formel für  $S_1 - S_0$  die Änderung der 5000 cm Spannweite, die bewirkt, dass der Horizontalzug  $p_0$  von  $966 \text{ kg/cm}^2$  auf  $p_1$  ändert. Wir erhalten folgende Tabelle:

$p_1$ $\text{kg/cm}^2$	$S_1 - S_0$ cm	$p_1$ $\text{kg/cm}^2$	$S_1 - S_0$ cm
50	-153,3	600	2,0
100	-43,7	800	0,8
150	-20,8	966	0
200	-12,7	1200	1,0
300	-6,6	1500	2,2
400	-4,2		



<sup>1)</sup> Siehe T. M. Nr. 3 von 1923, Seite 52.

Fig. 4.

Wenn  $p_1$  als Ordinaten und  $S_1 - S_0$  als Abszissen aufgetragen werden, so ergibt sich die in Fig. 4 dargestellte Kurve I. Anderseits beträgt die Durchbiegung der Tragmaste

$$f = \frac{16 \times 0,0707 \times 707,5^3}{3 \times 10^5 \times \frac{\pi 18^4}{64}} \times \frac{18}{13} \times p = 0,3588 p.$$

Sie ist in Fig. 4 durch die Gerade II gekennzeichnet. Die Ordinate des Schnittpunktes der beiden Linien gibt den spezifischen einseitigen Leitungszug an, wenn der Leitungsbruch in der zweitletzten Spannweite vor einem unnachgiebigen Kabelüberführungs-punkt erfolgt. In der letzten Spannweite ist der Kabelständer als Fixpunkt zu betrachten und die Tragmast-Durchbiegung ist gleich der Änderung der Spannweite. In diesem Falle würde der einseitige Zug nach Fig. 4

$$Z = 16 \times 0,0707 \times 105 = 119 \text{ kg}$$

betragen oder 10,9 % des vor dem Leitungsbruch

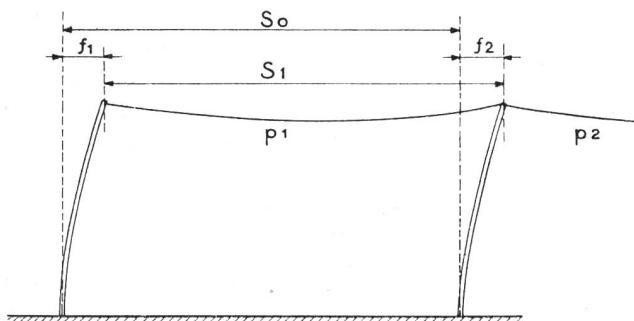


Fig. 5.

vorhandenen beidseitigen Zuges. Auf die Bruchfestigkeit bezogen würde er 1,8 % ausmachen. Erfolgt der Leitungsbruch an beliebiger Stelle der Linie, so stimmt die Änderung der Spannweite  $\delta$

mit der ersten Mastdurchbiegung  $f_1$  nicht mehr überein, infolge Durchbiegung der übrigen Stangen. Es ist nach Fig. 5

$$\begin{aligned} S_0 + f_2 &= S_1 + f_1 \\ S_0 - S_1 &= f_1 - f_2 = \delta \end{aligned}$$

Nach der bereits erwähnten Arbeit von H. Egg kann der einseitige Zug bei Anwendung eines Annäherungsverfahrens auch für diesen Fall bestimmt werden. Nehmen wir einen Näherungswert von  $p_1$  an, so entspricht ihm in Fig. 4 eine Mastdurchbiegung von  $f_1$  und eine Änderung der Spannweite von  $\delta_1$ . Nach obigem ist  $f_2 = f_1 - \delta$  und es ist  $f_2$  durch die horizontale Strecke zwischen der Durchbiegungslinie II und der Kurve für  $\delta$  bestimmt. Tragen wir nun  $f_2$ , d. h. die Ausbiegung des zweiten Mastes, auf der Abszissenachse von o aus ab, so gibt die vertikale Strecke 1 bis 2 den zu  $f_2$  gehörenden einseitigen spez. Zug auf Stange 2; er ist gleich dem Zuwachs  $\Delta p_1$ , der, zu  $p_1$  addiert,  $p_2$  ergibt. Bezeichnen wir nun die bekannten  $p_2$  und  $f_2$  der zweiten Spannweite wieder mit  $p_1$  und  $f_1$ , so können wir in gleicher Weise verfahren wie bei der ersten Spannweite usw. Wird  $f_2$  bei einer Spannweite negativ, so wurde  $p_1$  zu klein gewählt, da eine Mastdurchbiegung in Richtung Bruchstelle unmöglich ist. Wird dagegen bei einer Spannweite  $p_2 > p_0$ , so ist  $p_1$  zu gross angenommen worden; denn  $p_2$  kann nicht grösser als  $p_0$  werden. Für unser Beispiel ergibt sich folgende Tabelle:

Der wirkliche spezifische Leitungszug wird also zwischen 160 und 170 kg/cm<sup>2</sup> liegen und kann zu 165 kg/cm<sup>2</sup> angenommen werden. Bei beliebigem Leitungsbruch würde der einseitige Zug in der auf die Bruchspannweite folgenden Spannweite

$$Z_1 = 16 \times 0,0707 \times 165 = 186 \text{ kg}$$

ergeben. Er beträgt 17 % des ursprünglich beidseitig vorhandenen Zuges und 2,85 % der Bruchfestigkeit der Leiter. Die tatsächlich auftretende

Spannweite	$p_1$ kg/cm <sup>2</sup>	$f_1$ cm	$f_2$ cm	$\Delta p_1$ kg/cm <sup>2</sup>	$p^2$ kg/cm <sup>2</sup>	Bemerkungen
1	160	56,8	38,4	107	267	Bei Annahme eines Horizontalzuges von 160 kg/cm <sup>2</sup>
2	267	38,4	30,4	85	352	
3	352	30,4	25,4	71	423	
4	423	25,4	21,4	60	483	
5	483	21,4	18,4	52	535	
6	535	18,4	15,6	45	580	
7	580	15,6	13,4	38	618	
8	618	13,4	11,4	32	650	
9	650	11,4	9,8	28	678	
10	678	9,8	8,4	24	702	
11	702	8,4	7,2	20	722	
12	722	7,2	6,0	16	738	
13	738	6,0	4,8	14	752	
14	752	4,8	3,8	10	762	
15	762	3,8	2,8	8	770	
16	770	2,8	2,0	6	776	
17	776	2,0	1,2	4	780	
18	780	1,2	0,4	1	781	
19	781	0,4	— 0,4			

Spannweite	$p_1$ kg/cm <sup>2</sup>	$f_1$ cm	$f_2$ cm	$\Delta p_1$ kg/cm <sup>2</sup>	$p_2$ kg/cm <sup>2</sup>	Bemerkungen
1	170	60,5	44	125	295	Bei Annahme eines Horizontalzuges von 170 kg/cm <sup>2</sup>
2	295	44,0	36,8	104	399	
3	399	36,8	32,6	92	491	
4	491	32,6	29,4	82	573	
5	573	29,4	27,2	77	650	
6	650	27,2	25,6	72	722	
7	722	25,6	24,4	70	792	
8	792	24,4	23,6	66	858	
9	858	23,6	23,2	65	923	
10	923	23,2	23,0	65	988	

Zugkraft in Linieneinstellung wird infolge Nachgebens der Tragwerke in der Erde noch etwas kleiner. Im Nachstehenden soll aber dieser Einfluss vernachlässigt werden. Die Beanspruchung der Tragmaste in der Bruchspannweite erhält man aus folgender Gleichung:

$$k_b = \frac{186 \times 707,5}{572,6} = 230 \text{ kg/cm}^2,$$

und wenn noch der Winddruck auf die Stange zu berücksichtigen ist, wird

$$k_b = 230 + \frac{27,2 \times 7,6^2 \times 18}{572,6} = 280 \text{ kg/cm}^2.$$

Die Tragmaste werden also durch den einseitigen Zug bei Leitungsbruch um 47,5 % stärker beansprucht als durch die in Abschnitt IIIa vorgesehene Belastung, und dieser einseitige Zug wäre somit der Berechnung der Stangen zugrunde zu legen. Die Inanspruchnahme des Holzes kann z. B. bei Doppelstangenlinien so gross werden, dass es zum Stangenbruch kommt und die Linie umstürzt. Es ist nun in den meisten Fällen nicht anzunehmen, dass bei Mehrfachleitungen in einer Spannweite sämtliche Drähte reissen. Wahrscheinlicher ist der Bruch ein-

zelner Leiter infolge von Fehlerstellen im Material. Um aber vorkommendenfalls den Umsturz der Linie auf grösseren Strecken zu vermeiden, wird bei Doppelstangenlinien jedes 10. oder 15. Tragwerk in Linieneinstellung so verstärkt, dass es dem auftretenden einseitigen Zug gewachsen ist. Die Querschnitte der Tragmaste so zu bemessen, dass sie bei Annahme eines Leitungsbruches noch stark genug wären, würde den Bau von Schwachstromlinien sehr verteuern. Diese Hypothese kann daher für die Berechnung nicht angenommen werden. Erfahrungsgemäss kommen denn auch vollständige Leitungsbrüche sehr selten vor und röhren meistens von Baumsturz oder Steinschlag her.

2. Für gerade Linien mit maximal zulässigen Spannweiten von 50 m erreichen die einseitigen Züge infolge ungleicher Stützpunktabstände und ungleichmässigen Schneeeansatzes nicht einmal 1 % des ursprünglichen Zuges, und es darf daher deren Einfluss vernachlässigt werden.

Aus vorstehendem ist ersichtlich, dass die unter A und B vorgesehenen neuen Bestimmungen den tatsächlichen Verhältnissen möglichst Rechnung tragen und gegenüber den bestehenden Vorschriften stark gemildert wurden.

## Praktische Winke für den Bau von Kabelrohranlagen.

Von H. Schmalz, Bern.

### Allgemeines.

Die Kabelrohranlagen bilden das Gerippe und damit einen ganz wesentlichen Bestandteil des künftigen Fernkabelnetzes; wird doch die Dauerhaftigkeit der einzuziehenden Kabel zum grossen Teil durch den Zustand der Rohranlage beeinflusst. Die Anforderungen, welche in bautechnischer Beziehung an eine Kabelrohranlage gestellt werden, sind in den von der Obertelegraphendirektion aufgestellten Baubestimmungen festgelegt; es sind dies:

1. Verwendung von Rohrmaterialien bester Qualität mit glattem Rohrinnen und keinen oder nur geringen Abweichungen bezüglich des inneren Rohrdurchmessers und der Wandstärke;
2. Verlegung der Rohrleitung zwischen zwei angrenzenden Schächten in einer absolut geraden Linie;
3. keine Ueberzähne an den Rohrstößen;

Veranlasst durch die Elektrifikation des schweizerischen Eisenbahnnetzes hat die Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung im Jahre 1918 mit der Erstellung eines ausgedehnten Fernkabel-Rohrnetzes begonnen, von dem bis Ende 1923 zirka 555 km ausgeführt waren. Es erübrigte sich, hier auf die Zweckbestimmung solcher Anlagen näher einzutreten, ist doch bereits in Nr. 13, Jahrgang IV der „Technischen Beilage zur Schweiz. Post-, Zoll- und Telegraphenzeitung“ aus der berufenen Feder des Herrn Muri, Chefs der technischen Abteilung der Obertelegraphendirektion, eine ausführliche Abhandlung erschienen über die unter seiner Leitung ausgeführte Fernkabelanlage Lausanne—Genf. Im Nachfolgenden wollen wir, gestützt auf praktische Erfahrungen beim Bau der Kabelrohranlage Bern—Murten, darzulegen versuchen, was für Vorkehren zur Erstellung einer den Anforderungen entsprechenden Kabelrohranlage zu treffen sind.