Berechnung von Tragmasten aus Holz unter Berücksichtigung der vogesehenen neuen Schwachstrom-Vorschriften

Autor(en): **Häusler, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri**

Band (Jahr): **2 (1924)**

Heft 2

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-873930

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Jahrgang / Année / Anno II

№ 2

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

Technische Mitteilungen

der schweizerischen Telegraphen- und Telephon-Verwaltung

Bulletin Technique — Bollettino Tecnico

de l'Administration des Télégraphes et des Téléphones suisses

dell'Amministrazione dei Telegrafi e dei Telefoni svizzeri

Herausgegeben im Auftrage der Obertelegraphendirektion

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 m² 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:

$$D = 3\sqrt[3]{9{,}9\,\Sigma d\,S\,H + H^2_1}\ \text{cm}.$$

Hierin bedeutet:

Σd = Summe der Durchmesser sämtlicher auf der Stange angebrachten Leiter in m.

S = Spannweite in m.

H = mittlere Drahthöhe über Boden in m.

H_1 = gesamte Stangenlänge über Boden in m.

2. Die höchstzulässige Beanspruchung der Tragmaste darf 190 kg pro cm² für Zug, Druck und Biegung nicht übersteigen.

3. Für prismatische Körper, die senkrecht zur Seitenfläche angeblasen werden, beträgt der Winddruck per m² Projektionsfläche 100 kg. Bei zylindrischen Körpern ist er $^7/_{10}$ desjenigen auf prismatische Körper.

C. Untersuchung der Annahmen auf ihre Richtigkeit.

I. Der Winddruck auf eine vom Wind senkrecht getroffene Fläche ist ganz allgemein $W = k \times \frac{v^2}{2\,g}\delta \times F$ in kg; oder wenn wir $\frac{k}{2} = \psi$ und $\frac{\delta}{g} = \mu$ setzen, wird $W = \psi\,\mu\,v^2\,F$ in kg. Machen wir endlich $\psi\,\mu = c$ und $F = 1\ m^2$, so erhalten wir W pro m² = $c\,v^2$ in kg. In diesen Formeln bedeutet v die Geschwindigkeit des Windes in m/sec, g die durch die Schwerkraft hervorgerufene Beschleunigung = 9,81 m/sec², δ das Gewicht eines m³ Luft in kg, F den Inhalt einer ruhenden ebenen Fläche in m² und k eine Erfahrungszahl, die von Form und Körper abhängt und die nach Grashoff mit 1,86 einzusetzen ist. Das Gewicht δ eines m³ Luft beträgt bei 760 mm Quecksilberhöhe und 0° C = 1,293 kg. Als allgemein üblicher Mittelwert für mittleren Barometerstand kann δ nach der „Hütte" zu 1,226 kg angenommen werden, wobei $\mu = {}^1/_8 = 0{,}125$ wird. Dem bisher angenommenen maximalen Winddruck von 100 kg pro m² 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 ∾ 30 m/sec die Bezeichnung Orkan; sie wird sehr selten beobachtet, sodass auch in neuen Vorschriften dem Winddruck eine max. Windgeschwindigkeit von ∾ 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 ψ = 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/m²	Grösster Winddruck kg/m²	Wahrscheinlichkeit
1	Schwacher Wind .	1,7	2	0,25	0,34	21,4 %
2		3,1	4	0,82	1,37	
3	Mässiger Wind . .	4,8	6	1,97	3,08	44,2 %
4		6,7	8	3,84	5,48	
5	Kräftiger Wind . .	8,8	10	6,64	8,56	31,6 %
6		10,7	12	9,81	12,32	
7	Sturmartiger Wind	12,9	14	14,25	16,78	2,6 %
8		15,4	17	20,30	24,75	
9	Sturm	18,0	20	27,70	34,25	0,2 %
10		21,0	23	37,7	45,50	
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 (l 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 m² bedeutet.

1. Winddruck auf Drähte
$W_1 = 0{,}45 \times 0{,}125 \times 30^2 \times 1 = 50{,}6$ kg per m².
2. Winddruck auf Stangen
$W_2 = 0{,}57 \times 0{,}125 \times 30^2 \times 1 = 64{,}1$ kg per m².
3. Winddruck auf Eisenkonstruktionen
$W_3 = 0{,}95 \times 0{,}125 \times 30^2 \times 1 = 106$ kg per m².

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

II. Ueber den in Rechnung zu stellenden Schneeansatz 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.

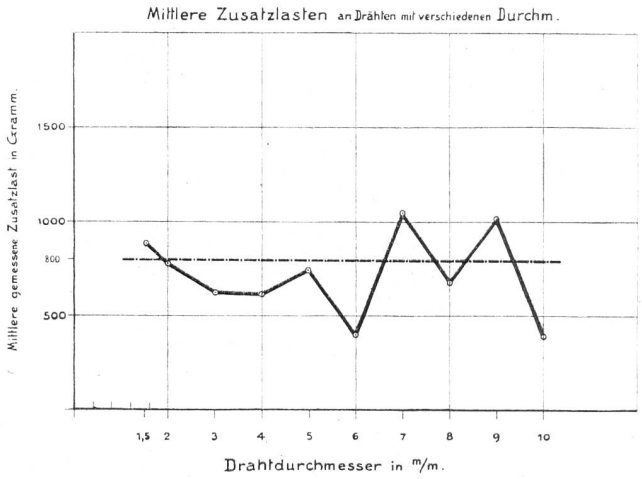

Fig. 1.

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, $k_b = 190$ kg/cm² die einer 2,5fachen Sicherheit ent-

sprechende Inanspruchnahme des Holzes und M_b das totale Biegungsmoment. In Fig. 2 bedeute nun D den Durchmesser der Stange an der Einspannstelle in cm, Σd die Summe der Durchmesser aller an der Stange angebrachten Drähte in m, S die

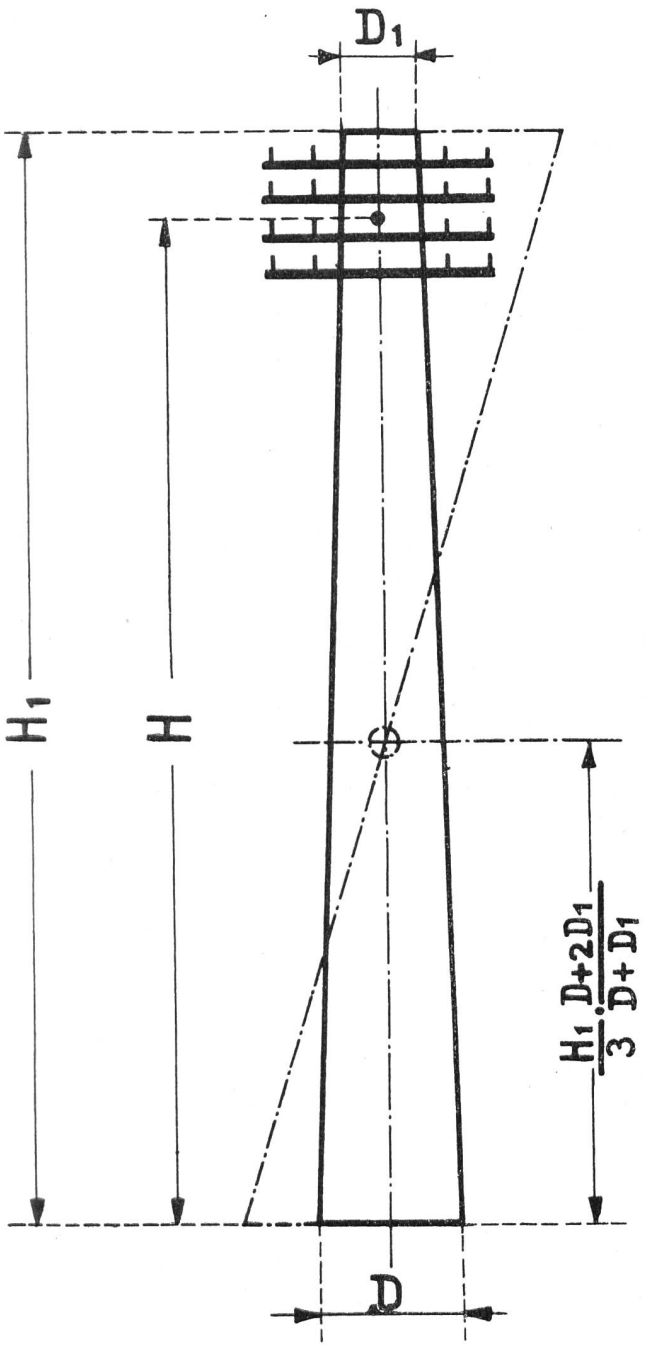

Fig. 2.

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

$$M_{Stg} = 70\ \frac{D + D_1}{2 \cdot 100}\ H_1 \times \frac{H_1}{3} \times \frac{D + 2\,D_1}{D + D_1} \cdot 100 = \frac{70\ H^2_1\ (D + 2\,D_1)}{2 \cdot 3}\ \text{kg/cm}.$$

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

$$M_{Stg} = \frac{70\ H^2_1 \left(D + 2\,\frac{2}{3}\,D\right)}{2 \cdot 3} = 27{,}22\ H^2_1\ D\ \text{kg/cm}.$$

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

$$190\ \frac{\pi\ D^3}{32} = 5000\ \Sigma d\ S\ H + 27{,}22\ H^2_1\ D$$

oder nach Umformung

$$D^3 - 1{,}46\ H^2_1\ D - 268{,}2\ \Sigma d\ S\ H = 0.$$

Dies ist eine reduzierte Gleichung vom dritten Grad und es wird

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{1{,}46\ H^2_1}{3}}\ \text{Cos}\ {}^1/_3\ \varphi = 1{,}395\ H_1\ \text{Cos}\ {}^1/_3\ \varphi,$$

wobei

$$\text{Cos}\ \varphi = 395\ \frac{\Sigma d \cdot S\ H}{H^3_1}$$ [2])

und $0{,}00253\ H^3_1 < \Sigma d\ S\ H$ 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

$$D^3 = 268{,}2\ \Sigma d\ S\ H + 27{,}0\ H^2_1$$

und

$$D = \sqrt[3]{9{,}9\ \Sigma d\ S\ H + H^2_1}\ \text{cm}.$$

Bei gegebenen Stangendimensionen bestimmt sich die Summe aller Drahtdurchmesser zu

$$\Sigma d = \frac{D^3 - 1{,}46\ H^2_1\ D}{268{,}2\ S\ H}$$

oder die zulässige Drahtanzahl zu

$$n = \frac{D^3 - 1{,}46\ H^2_1\ D}{268{,}2\ S\ H\ d}$$

[1]) Vgl. K. Winnig, Die Grundlagen der Bautechnik für oberirdische Telegraphenlinien.

[2]) Cos φ bedeutet die Hyperbelfunktion, und es können für deren Berechnung die Tabellen in der „Hütte" benützt 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

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

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

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

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[1]) aus der allgemeinen Zustandsgleichung eines gespannten Leiters und der Durchbiegung der Maste. Der Ausdruck für die allgemeine Zustandsgleichung lautet:

[1]) Vgl. Bulletin des S. E. V. 1920 Nr. 7.

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{E + p_1}{E + p_0} \left[1 + \alpha (t_1 - t_0) \right] = \frac{\frac{p_1}{\gamma_1} \operatorname{Sin} \left(\frac{\gamma_1 S_1}{2 p_1} \right)}{\frac{p_0}{\gamma_0} \operatorname{Sin} \left(\frac{\gamma_0 S_0}{2 p_0} \right)} \quad ^{1)}$$

Darin bedeutet:

E den Elastizitätsmodul in kg/cm²,
α 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/cm²,
t die Temperatur in Grad,
γ das spezifische Gewicht des Leiters in kg/cm³
S die Spannweite, d. h. die horizontale Distanz zwischen beiden Aufhängepunkten in cm.

Wenn ein durch die Werte L_0, p_0, t_0, γ_0, S_0 gekennzeichneter Anfangszustand gegeben ist, so lassen sich

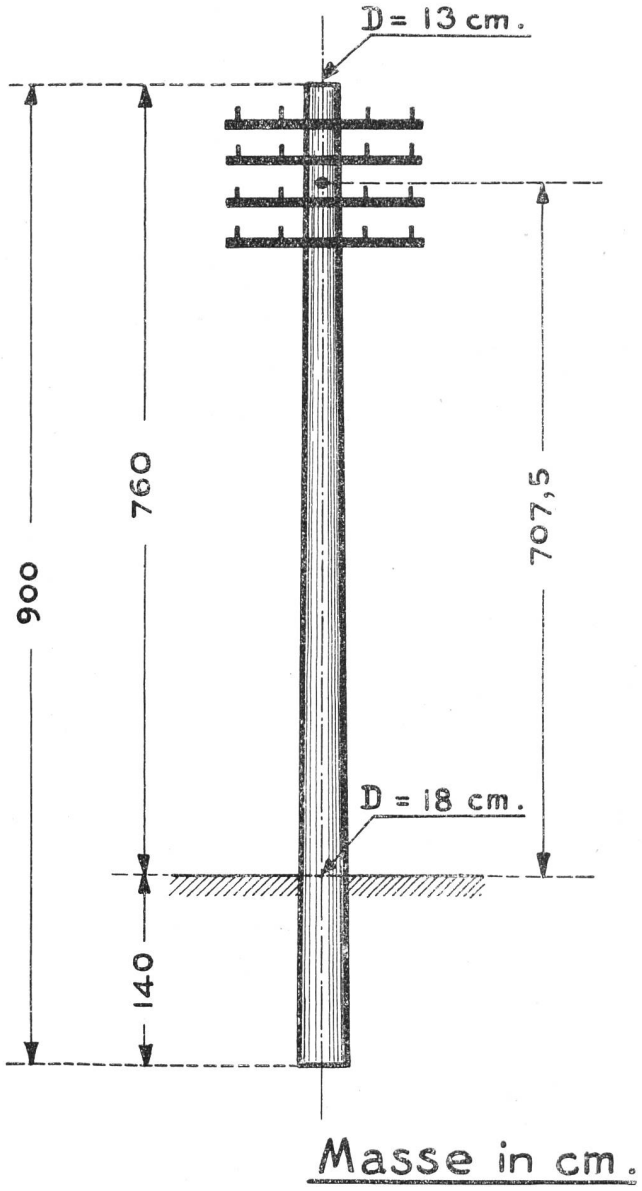

Fig. 3.

[1]) Sin bedeutet die Hyperbelfunktion.

daraus die Daten für einen andern durch die Grössen L_1, p_1, t_1, γ_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 $\mathrm{Sin}\left(\frac{\gamma S}{2p}\right)$ 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 Aenderung der Spannweite:

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

Die Aenderung 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:

$$f = \frac{Z H^3}{3 E J} \times \frac{D}{D_1} \text{ cm,}$$ [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 kg/cm² und J das Trägheitsmoment an der Einspannstelle in cm⁴ bedeutet. Bezeichnet n die Anzahl der Leiter, p den spezifischen einseitigen Leitungszug in kg/cm² und q den Querschnitt des Leiters in cm², so wird

$$Z = n\,q\,p$$

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 Aenderung der Spannweite δ 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 Drähtezahl

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

Der ungünstigste Fall für den einseitigen Zug ergibt sich bei tiefster Ortstemperatur. Die Drahtspannung darf $^1/_6$ der Bruchfestigkeit nicht überschreiten und beträgt somit 966 kg/cm². Das spezifische Gewicht des Leiters ist $8{,}91 \times 10^{-3}$ kg/cm³ und sein Elastizitätsmodul $1{,}33 \cdot 10^6$ kg/cm². Berechnen wir nun nach der Formel für $S_1 - S_0$ die Aenderung der 5000 cm Spannweite, die bewirkt, dass der Horizontalzug p_0 von 966 kg/cm² auf p_1 ändert. Wir erhalten folgende Tabelle:

p_1 kg/cm²	$S_1 - S_0$ cm	p_1 kg/cm²	$S_1 - S_0$ 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		

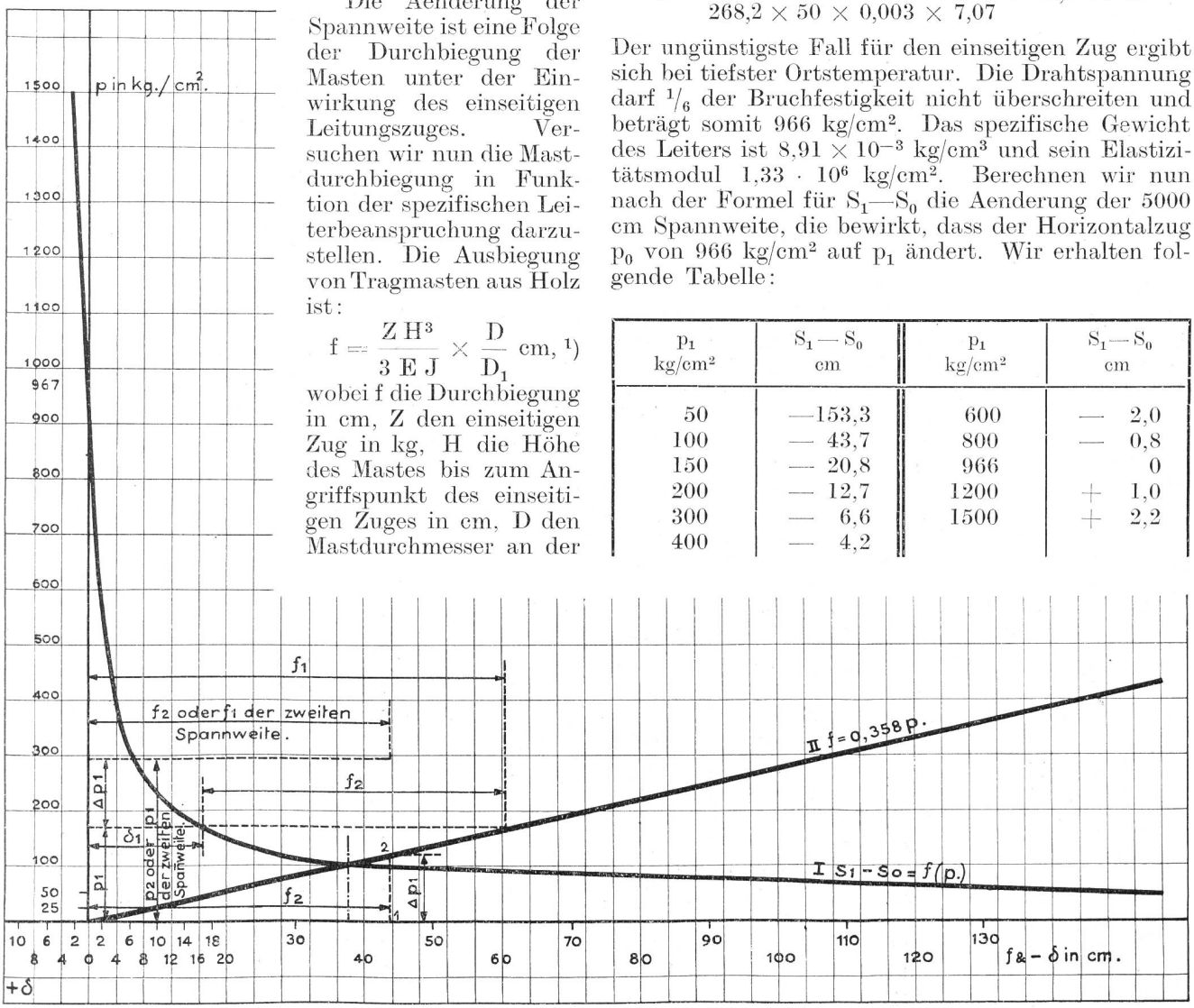

Fig. 4.

[1]) Siehe T. M. Nr. 3 von 1923, Seite 52.

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 Kabelüberführungspunkt erfolgt. In der letzten Spannweite ist der Kabelständer als Fixpunkt zu betrachten und die Tragmast-Durchbiegung ist gleich der Aenderung 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

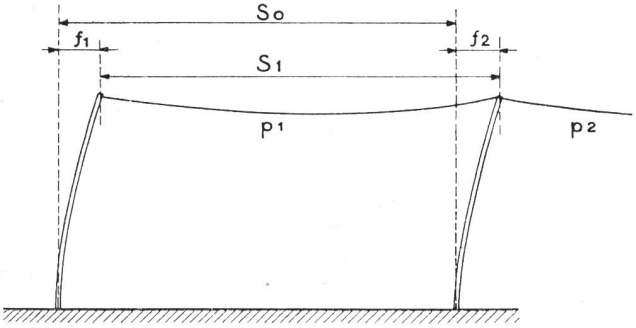

Fig. 5.

vorhandenen beidseitigen Zuges. Auf die Bruchfestigkeit bezogen würde er 1,8 % ausmachen. Erfolgt der Leitungsbruch an beliebiger Stelle der Linie, so stimmt die Aenderung der Spannweite δ mit der ersten Mastdurchbiegung f_1 nicht mehr überein, infolge Durchbiegung der übrigen Stangen. Es ist nach Fig. 5

$$S_0 + f_2 = S_1 + f_1$$
$$S_0 - S_1 = f_1 - f_2 = \delta$$

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 Aenderung der Spannweite von δ_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 δ 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 $\triangle p_1$, 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/cm² liegen und kann zu 165 kg/cm² 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/cm²	f_1 cm	f_2 cm	$\triangle p_1$ kg/cm²	p^2 kg/cm²	Bemerkungen
1	160	56,8	38,4	107	267	Bei Annahme eines Horizontalzuges von 160 kg/cm²
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/cm²	f_1 cm	f_2 cm	$\triangle p_1$ kg/cm²	p_2 kg/cm²	Bemerkungen
1	170	60,5	44	125	295	Bei Annahme eines Horizontalzuges von 170 kg/cm²
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 Linienrichtung 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 einzelner 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 Linienrichtung 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 rühren 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 Schneeansatzes 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.

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 erübrigt 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.

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 Rohrinnern und keinen oder nur geringen Abweichungen bezüglich des innern Rohrdurchmessers und der Wandstärke;
2. Verlegung der Rohrleitung zwischen zwei angrenzenden Schächten in einer absolut geraden Linie;
3. keine Ueberzähne an den Rohrstössen;