Versuche an Holzstangen zur Feststellung des Widerstandes gegen Zug in Richtung der Tragwerksachse

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): **3 (1925)**

Heft 1

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-873889

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 III

№ 1

Bern, den / Berne, le / Berna, il 1. II. 1925

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

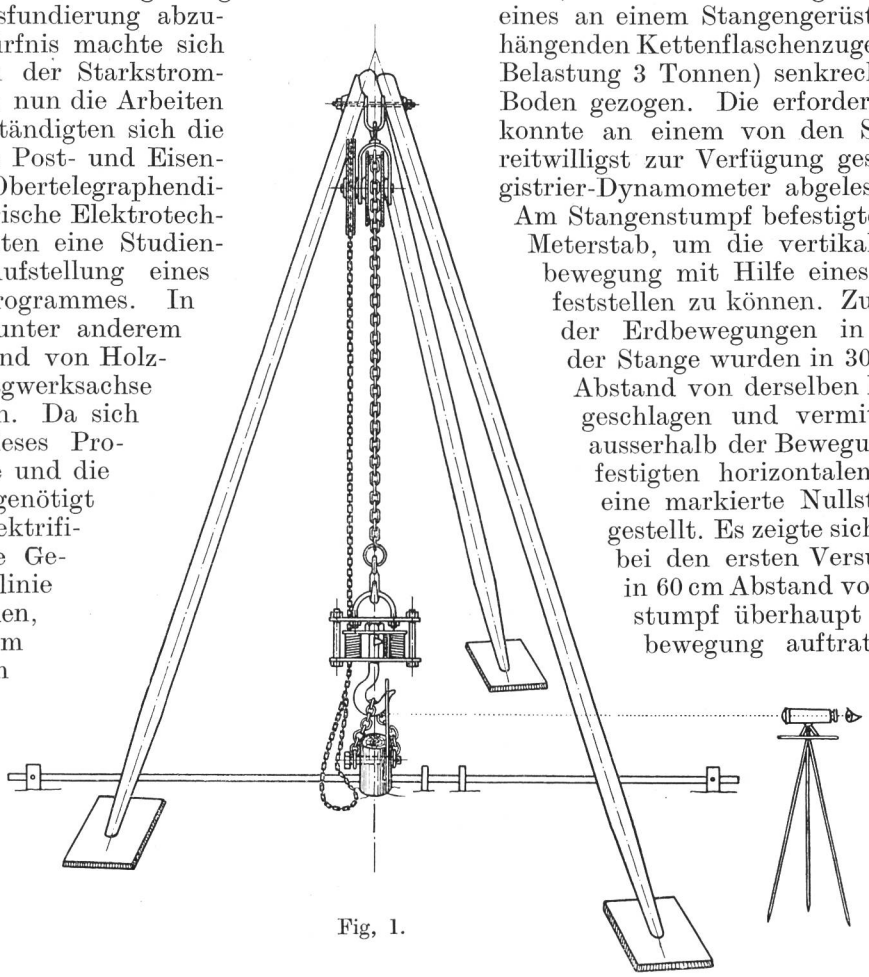
Publié par ordre de la Direction Générale des Télégraphes

Pubblicato per ordine della Direzione Generale dei Telegrafi

Versuche an Holzstangen zur Feststellung des Widerstandes gegen Zug in Richtung der Tragwerksachse.

Von W. Häusler, Bern.

Die Revision der Vorschriften betreffend Erstellung und Instandhaltung der elektrischen Schwachstromanlagen erforderte die Durchführung einiger Versuche, um die Tragwerksfundierung abzuklären. Das gleiche Bedürfnis machte sich bei den Revisionsarbeiten der Starkstromvorschriften geltend. Um nun die Arbeiten nicht zu zersplittern, verständigten sich die Technische Abteilung des Post- und Eisenbahndepartements, die Obertelegraphendirektion und der Schweizerische Elektrotechnische Verein und betrauten eine Studienkommission mit der Aufstellung eines gemeinsamen Versuchsprogrammes. In diesem Programm war unter anderem vorgesehen, den Widerstand von Holzstangen gegen Zug in Tragwerksachse experimentell festzustellen. Da sich aber die Ausführung dieses Programmpunktes verzögerte und die Telegraphenverwaltung genötigt war, die längs der nun elektrifizierten Bahn verlaufende Gemeinschafts - Telegraphenlinie Olten—Luzern abzubrechen, beschloss man bei diesem Anlass, die Ausreissproben gemeinsam mit den zuständigen Organen der S. B. B. durchzuführen. Für die Vornahme der Versuche kam nur Stationsgebiet in Frage, da der Zugsverkehr auf freier Strecke nicht gefährdet werden durfte. Bei einem Augenschein erwiesen sich die Standorte der Tragwerke auf den Stationen Reiden, Dagmersellen und Sempach-Neuenkirch als günstig. Die zur Durchführung der Proben bestimmten Stangen wurden zirka 50 cm über Boden abgesägt, um die Abbrucharbeiten der Linie nicht zu verzögern. Die Versuchsanordnung geht aus Fig. 1 hervor. Wie ersichtlich, wurden die Stangen vermittelst eines an einem Stangengerüst (Dreibein) hängenden Kettenflaschenzuges (zulässige Belastung 3 Tonnen) senkrecht aus dem Boden gezogen. Die erforderliche Kraft konnte an einem von den S. B. B. bereitwilligst zur Verfügung gestellten Registrier-Dynamometer abgelesen werden. Am Stangenstumpf befestigte man einen Meterstab, um die vertikale Stangenbewegung mit Hilfe eines Theodolits feststellen zu können. Zur Kontrolle der Erdbewegungen in der Nähe der Stange wurden in 30 und 60 cm Abstand von derselben Pflöcke eingeschlagen und vermittelst einer ausserhalb der Bewegungszone befestigten horizontalen Latte auf eine markierte Nullstellung eingestellt. Es zeigte sich aber schon bei den ersten Versuchen, dass in 60 cm Abstand vom Stangenstumpf überhaupt keine Erdbewegung auftrat und dass bei einem solchen von 30 cm die Bewegung nur 4 mm betrug. Infolgedessen sah man bei den andern Proben von einer Kontrolle der Erdbewegung ab. Im ganzen kamen 18 Ausreissversuche zur Durchführung. In folgender Tabelle I sind die Ergebnisse der Ablesungen von Versuch Nr. 10 ersichtlich. Die beobachteten Werte bei Still-



Fig, 1.

stand der Stangenbewegung wurden zirka 1—2 Min. später abgelesen als diejenigen in Kolonne 2 und 3 (siehe Fig. 2). Für alle Proben kann als Bodenbeschaffenheit stark durchnässter lehmiger Ackerboden angegeben werden. In Fig. 3 sind die Resultate von Versuch Nr. 10 graphisch aufgetragen, und zwar die Zugkräfte als Ordinaten und die vertikale Stangenverschiebung als Abszissen.

Da die Abhängigkeit der Stangenverschiebung von der Ausreisskraft für die übrigen Proben ganz ähnlich verläuft, wurden die benötigten Angaben der Einfachheit halber in Tabelle II zusammengestellt.

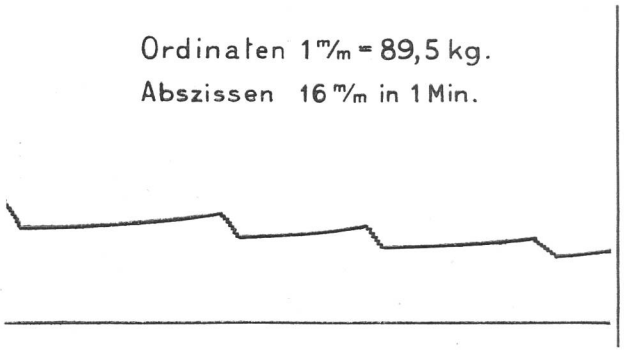


Fig. 2.

Tabelle I.

Bahnstation: *Dagmersellen* Versuch Nr. *10.*

Umfang der Stange an der Einspannstelle in cm $U_1 = 67$ cm . . $D_1 = 21{,}3$ cm
Umfang der Stange am Fussende in cm $U_2 = 88$ cm . . . . . $D_2 = 28{,}0$ cm
Eingrabtiefe der Stange in cm $t = 170$ cm
Umfang der Stange in halber Eingrabtiefe in cm $U_m = 67{,}6$ cm . $D_m = 21{,}5$ cm

Nr.	Zug am Dynamometer in kg	Verschiebung der Stange in Richtung des Zuges in cm	Bei Stillstand der Stangenbewegung		Bemerkungen
			Zug am Dynamometer in kg	Verschiebung der Stange in cm	
1	250	0	—	—	
2	450	0,15	400	0,15	
3	600	0,2	550	0,28	Nasser, lehmiger Ackerboden.
4	750	0,4	700	0,40	
5	900	0,7	850	0,72	
6	1000	1,03	950	1,05	
7	1200	1,7	1100	1,72	
8	1500	3,1	1400	3,13	
9	1750	4,3	1600	4,35	Eckstange mit guten Steinkränzen.
10	2000	5,9	1850	5,98	
11	2250	7,8	2100	7,35	
12	2450	8,2	2300	8,4	
13	2750	10,05	2550	10,12	
14	3000	13,08	2750	13,1	
15	3200	14,05	2950	14,13	
16	3300	16,25	3000	16,4	
17	3500	19,5	2950	19,6	
18	3600	22,0	3150	22,2	
19	3700	28,6	3400	28,9	
20	3800	31,08	3500	31,27	
21	3900	40,4	3500	40,73	
22	3800	48,3	3400	48,7	
23	3500	54,18	3050	54,32	
24	3000	66,4	2500	66,8	
25	2600	76,1	2200	76,43	
26	2300	82,5	2000	82,73	
27	2100	89,4	1650	89,7	
28	1750	97,15	1400	97,37	
29	1450	106,5	1050	106,66	
30	1100	116,35	800	116,5	
31	750	128,7	500	128,85	
32	450	138,7	350	138,75	
33	350	147,35	250	147,45	
34	250	167,2	200	167,2	
35	200	174,6	—	—	

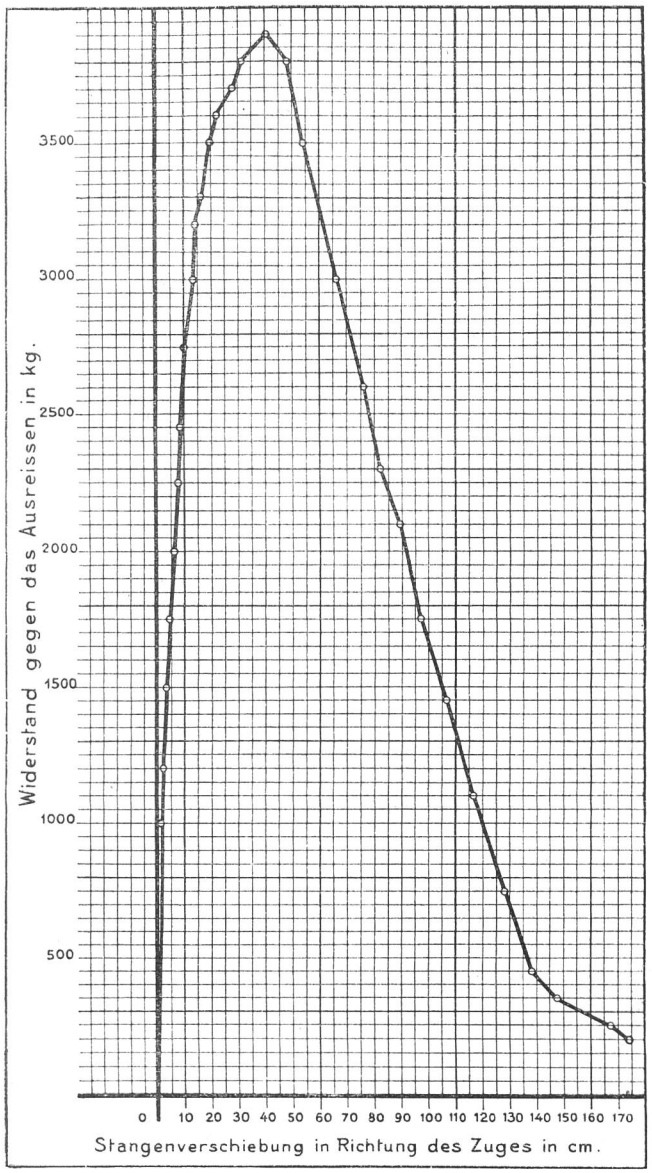


Fig. 3.

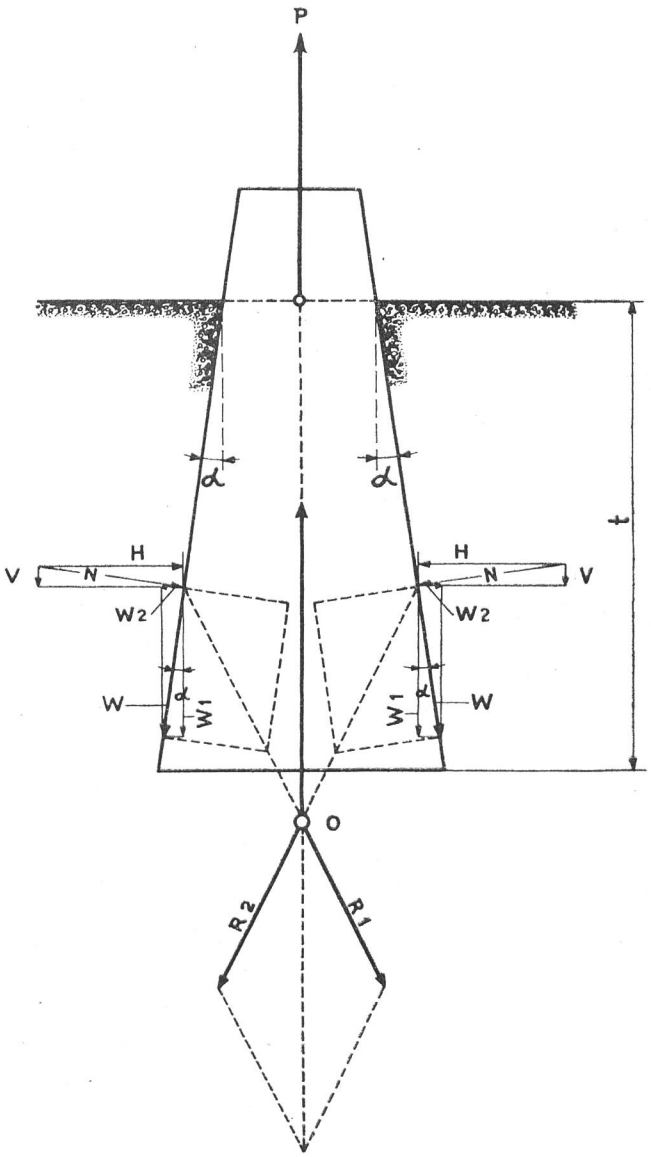


Fig. 4.

Durch Vergleich der Zugkräfte in Versuch 1 und 14, bei welchen für die Stangen die Konizität und der Umfang ungefähr übereinstimmen, erkennt man den Einfluss der Eingrabtiefe. Proben 6, 9 und 15 mit gleicher Eingrabtiefe und Konizität zeigen die Abhängigkeit der Ausreisskraft vom Stangenumfang. Bei Versuch 3 und 15 mit gleicher Eingrabtiefe und annähernd gleichem Umfang U_1 kann die Wirkung der Konizität nachgewiesen werden. Aus den Beobachtungen kann geschlossen werden, dass die benötigte Kraft hauptsächlich von der Eingrabtiefe, vom Umfang (Vergrösserung der Fläche, des Normaldruckes und der Reibung) und von der Keilwirkung abhängig ist. Die Keilwirkung ihrerseits wird von der Konizität, der Form, der Bodenbeschaffenheit und den Steinkränzen beeinflusst.

Versuchen wir nun, die Ausreisskraft rechnerisch zu bestimmen. Der in der Erde befindliche Teil einer Holzstange stellt einen abgestumpften Kreiskegel dar. Wirkt auf denselben in Richtung der Stangenachse und in derselben selbst eine Kraft P senkrecht nach oben, so entstehen winkelrecht zur Mantelfläche Pressungen, die als Resultierende für die Tiefe t die Normalkraft N ergeben. Infolge dieser letztern tritt in der Mantellinie ein Reibungswiderstand W auf (Fig. 4.). Die Mittelkräfte R aus N und W müssen, damit Gleichgewicht entsteht, mit P durch den gleichen Punkt 0 gehen. Zerlegen wir nun N und W in ihre vertikalen und horizontalen Komponenten, so erhalten wir

$$H = N \cos \alpha \quad \text{und} \quad V = N \sin \alpha$$
$$W_2 = W \sin \alpha \quad \text{und} \quad W_1 = W \cos \alpha$$

Die Gleichgewichtsbedingung für die horizontalen Kräfte heisst dann

$$H - H + W_2 - W_2 = 0$$

d. h., sie heben sich gegenseitig auf. Für die vertikalen Kräfte lautet die Gleichgewichtsbedingung

$$P = 2\ V + 2\ W_1.$$

Setzen wir für V und W_1 obige Werte ein, so erhalten wir $P = 2\ N \sin \alpha + 2\ W \cos \alpha.$

Es ist aber $W = N\ f$ und somit

$$P = 2\ N\ (\sin \alpha + f \cos \alpha).$$

Tabelle II.

Nr.	Grösster Zug am Dynamometer in kg	Verschiebung der Stange beim grössten Zug cm	Eingrabtiefe cm	Umfang der Stange an der Einspannstelle in cm	Umfang der Stange am Fussende in cm	Durchmesser der Stange an der Einspannstelle in cm	Durchmesser der Stange am Fussende in cm	Keilwinkel $\sin \alpha = \frac{D_2 - D_1}{2 \cdot t}$	Berechnete Ausreisskraft in kg	Bemerkungen
1	1650	40,1	170	62,3	70,8	19,8	22,5	0,00795	1140	
2	1250	5,5	154	65,5	75,5	20,8	24,0	0,0104	1025	
3	1250	10,5	157	57,6	72,2	18,3	23,0	0,015	1040	
4	650	20,6	155	62,5	65,5	19,9	20,8	0,0029	840	
5	700	26,6	155	63,2	66,5	20,1	21,2	0,00355	850	
6	1200	19,3	153	64,2	73,8	20,4	23,5	0,0101	1000	
7	1400	51,9	153	59,4	74,0	18,9	23,5	0,015	1020	
8	1000	6,5	146	61,2	72,3	19,5	23,0	0,012	900	
9	1000	12,2	150	61,0	69,5	19,4	22,1	0,009	900	Eckstange mit guten Steinkränzen. Konizität in unterer Hälfte.
10	3900	40,4	170	67,0	88,0	21,3	28,0	0,0197	1500	
11	1600	24,4	163	74,5	84,0	23,7	27,7	0,0123	1300	
12	800	8,0	152	61,0	66,0	19,4	21,0	0,00525	820	
13	2100	31,15	149	61,5	72,7	19,6	23,1	0,0117	900	Konizität in unt. Hälfte.
14	1200	17,7	150	61,0	68,3	19,4	21,6	0,00735	820	
15	950	12,48	150	55,5	64,0	17,7	20,4	0,009	800	
16	4200	12,4	215	100,0	122,0	31,9	38,9	0,0163	3300	60 cm Grundw.
17	3500	98,0	210	92,5	110,0	29,5	35,0	0,0131	2800	60 cm Grundw.
18	3750	28,0	210	62,5 68,5	76,5 85,3	19,9 21,8	24,3 27,1	0,0105 0,0126	3700	60 cm Grundw.

Hierin bedeutet f die Reibungszahl der reibenden Körper Holz und Erde. Es ist nun N noch näher zu bestimmen. Wirkt auf den Kegelstumpf keine äussere Kraft, so ist N mit dem aktiven Erddruck identisch. Sobald aber P zur Geltung kommt, hat die Stange das Bestreben, sich nach aufwärts zu bewegen und die Erde auf die Seite zu drücken. Der Normaldruck N verwandelt sich daher in den passiven Erddruck. Für 1 cm Mantelumfang ergibt sich somit für den letztern

$$N_1 = \frac{1}{2} \gamma \, t^2 \, tg^2 \left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right),$$

und für den halben Umfang wird

$$N = \frac{\pi D}{2} \times \frac{1}{2} \gamma \, t^2 \, tg^2 \left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right).$$

Dieser Ausdruck in die Formel für P eingesetzt ergibt

$$P = \frac{\pi D}{2} \gamma \, t^2 \, tg^2 \left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) \left\{\sin \alpha + f \cos \alpha\right\}$$

Darin bedeutet:

D = den Durchmesser am Fussende in cm,
γ = das spez. Gewicht der Erde in kg/cm³
t = die Eingrabtiefe in cm,
φ = den natürlichen Böschungswinkel,
α = den Keilwinkel,
f = die Reibungszahl.

Für zylindrische Körper wird $\alpha = 0$ und es wirkt nur der aktive Erddruck; folglich ist

$$P = f \frac{\pi D}{2} \gamma \, t^2 \, tg^2 \left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right).$$

Es bleibt noch zu bemerken, dass der Ausreisskraft P immer das Eigengewicht der Stangen entgegenwirkt.

In obigen Formeln ist nur noch die Reibungszahl f zwischen Holz und Erdreich unbekannt. Leider wurde sie bei der Durchführung der Ausreissversuche nicht ermittelt. Einige Anhaltspunkte gibt uns die „Hütte"[1]). Darin wird die Reibungszahl zwischen Mauerwerk und Erdreich für nassen Ton mit 0,2 angegeben. Nach Morin beträgt f für Mauerwerk auf gewachsenem, nassem lehmigem Boden 0,3. Nach der „Hütte" ist der mittlere Reibungswiderstand R = 0,2 kg/cm² für Ton und Lehm auf roh bearbeitetem Holz in einer Tiefe von 5 bis 14 m. Von 0 bis 5 m kann R von 0 bis zum Grenzwert gleichmässig wachsend angenommen werden. Dies ergäbe einen mittleren Reibungskoeffizienten von

$$f = 0{,}15.$$

Wir haben bei unserer Berechnung von P für f = 0,2 angenommen und so die in der Tabelle II angegebenen Werte erhalten. Um noch bessere Uebereinstimmung mit der gemessenen Zugkraft zu bekommen und die angegebenen Formeln auf ihre Richtigkeit zu prüfen, ist es unerlässlich, für die verschiedenen Erdarten den Reibungskoeffizienten zwischen Holzstange und Erdreich experimentell zu bestimmen. Wie aus folgender Fig. 5 ersichtlich ist, hat die möglichst genaue Kenntnis der Ausreisskraft von Holzstangen für die Telegraphen-Verwaltung grossen Wert. Die durch einen Windstoss stark belastete Linie stürzte nur infolge Nachgebens der Zugstange im Boden. Dadurch musste das ganze

[1]) „Hütte" Band III, Seite 187, 23. Auflage.

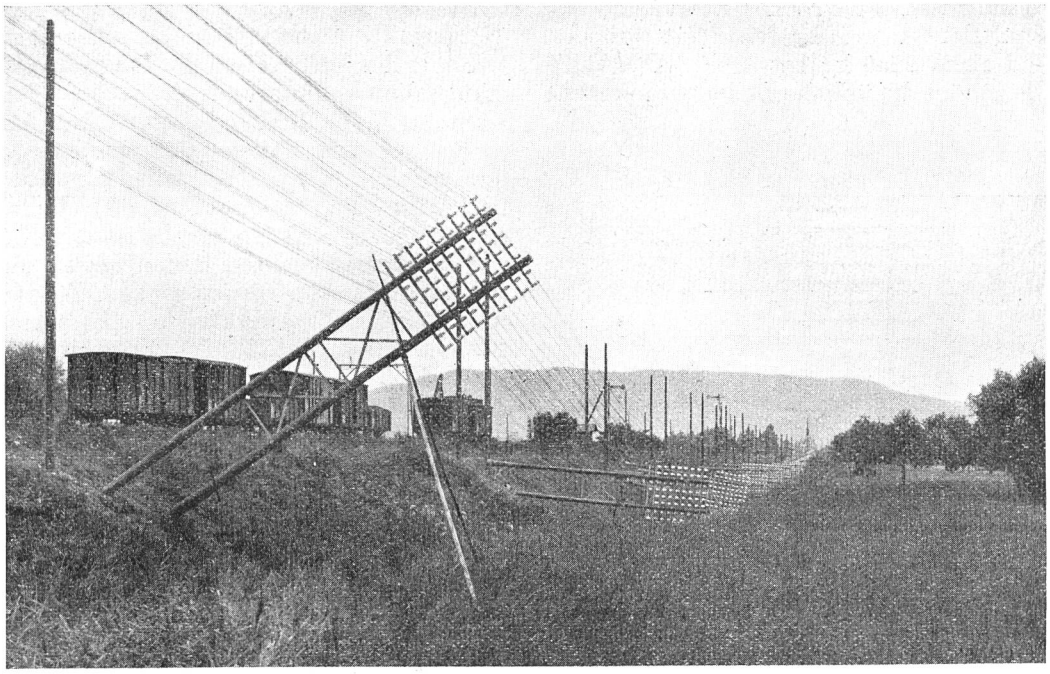


Fig. 5.

Biegungsmoment von der Druckstange aufgenommen werden. Sie brach an der Einspannstelle, weil die Anforderungen das ihr zuzumutende Mass überschritten.

Dass Steinkränze nach Fig. 6 einen grössern Einfluss auf die Zugkraft ausüben als solche nach Fig. 7, geht auch aus den Versuchen 10 und 13 hervor, und es ist deren Wirkung rechnerisch nicht gut zu erfassen. Die Proben 2 bis 9 und 12 bis 15 ergeben für eine 10-m-Stange, welche zirka 150 cm tief in stark durchnässtem, lehmigem Boden steht, eine mittlere Ausreisskraft von *1125 kg*. Die Versuchsobjekte waren vor 12 Jahren gestellt worden. Für die übrigen Eingrabtiefen lässt sich eine mittlere Ausreisskraft der geringen Anzahl Proben wegen nicht ermitteln. Bestimmen wir nun bei einer versteiften Doppelstange die in der Zugstange wirklich auftretende Kraft, wenn die Linie durch den vorgesehenen Winddruck belastet wird. Das Gestänge befinde sich in gerader Linie, die benachbarten Spannweiten sollen 40 m messen und die höchstzulässige Anzahl Drähte betrage 80 Br 3 mm. Der Winddruck auf die Drähte ergibt

$$Wd = 50 \times 80 \times 0{,}003 \times 40 = 480 \text{ kg.}$$

Der Winddruck auf eine Stange, auf den Angriffspunkt von Wd reduziert, ist

$$W_{Stg} = 2 \times 8{,}5 \, \frac{0{,}10 + 0{,}13}{2} \, 70 \, \frac{398}{722} = 105 \text{ kg}$$

Winddruck auf die Isolatoren zirka 15 kg. Es wird somit

$$W_t = 600 \text{ kg}$$

Die Zugkraft Z in einer Stange bestimmt sich aus Fig. 8

$$Z = 2 \, P_3 \cot g \, \alpha$$

oder

$$Z = \frac{600}{2 \cdot 150} \left[\frac{722 \times 19}{2(19-13)} + 722 - \frac{1{,}5 \times 380 \times 19^3}{19^3 - \left(19 - \frac{380\,(19-13)}{722}\right)^3} \right] \times 2 \times \frac{150}{110} = 2760$$

Das Gesamtgewicht der Doppelstange beträgt zirka 720 kg. Es ergibt sich daher für

$$Z = 2400 \text{ kg.}$$

Die Rechnung und die Versuche in nassem und lehmigem Boden bestätigen also die aus Fig. 5 er-

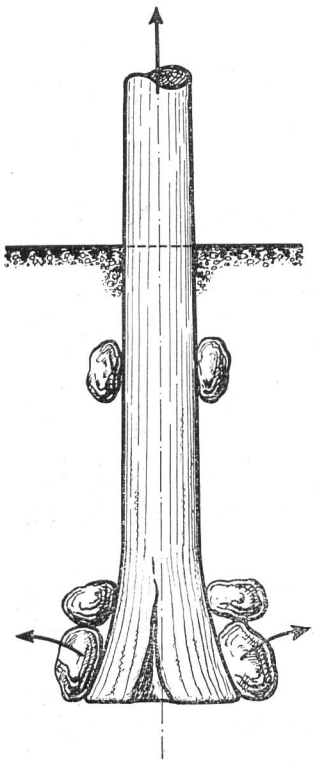


Fig. 6.

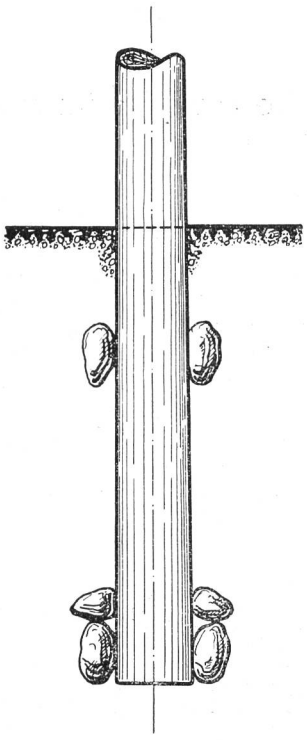


Fig. 7.

sichtlichen Verhältnisse. Für trockenen Boden dürfte die ermittelte mittlere Ausreisskraft auf das Doppelte anwachsen und zirka 2250 kg betragen. Aber auch in diesem Falle genügt die übliche Bodenverankerung

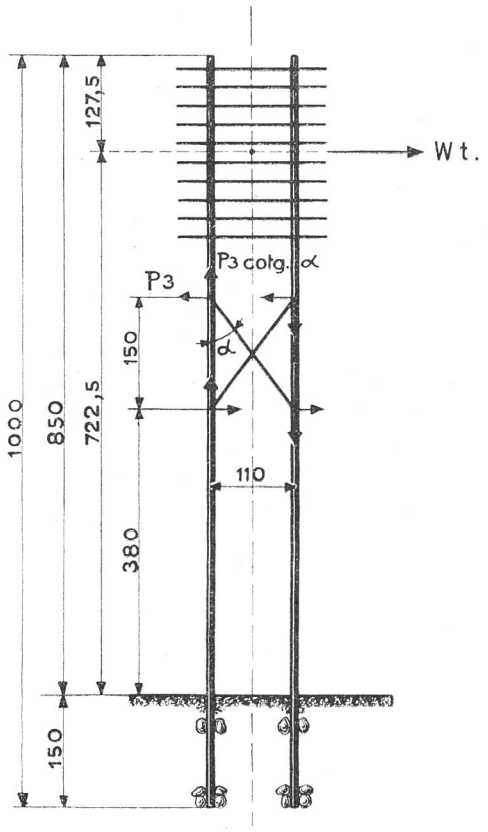


Fig. 8.

eines maximal belasteten Doppelgestänges nicht, da die gewollte Sicherheit nicht vorhanden ist.[1])

Ueber der Erde weisen die Tragwerke einer Doppelstangenlinie mindestens 2,5fache Sicherheit auf, während sie im Boden den gestellten Anforderungen in den meisten Fällen nicht genügen können. Bei dem weitaus grössten Teil von Tragwerkzerstörungen ist nicht die ausserordentliche Belastung allein schuld am Bruch, sondern es ist das Nachgeben der auf Zug beanspruchten Bodenbefestigung der Grund für das Auftreten von zu grossen Zusatzspannungen in gewissen Tragwerkteilen. Es erscheint daher gerechtfertigt, Art. 3 der Vorschriften für imprägnierte Holzstangen durch folgenden Satz zu ergänzen: „Das Fussende soll am Wurzelstock so tief unten als möglich abgeschnitten werden." Werden dann die Steinkränze noch gewissenhaft ausgeführt, so dürften solche Stangen in gutem, gewachsenem Boden genügend verankert sein. In aufgeschüttetem, lockerem und schlechtem Boden, oder wo erfahrungsgemäss mit starken Windstössen zu rechnen ist, müssen besondere Massnahmen getroffen werden, um das Herausreissen der Zugstangen zu verhindern (siehe Bl-2638). Die verhältnismässig geringe Anzahl von Linienstürzen infolge Winddruckes erklärt sich nur durch die Tatsache, dass die vorgesehenen Windstärken eben doch selten auftreten.[2])

Stangen, die gegen das Fussende gekrümmt sind oder sich stark verdicken, wären also überall da zu verwenden, wo sie auf Zug beansprucht werden (Doppel- und Winkelgestänge), während solche nach Fig. 7 als Druckstangen und für einfache Gestänge vollauf genügen.

[1]) Siehe T. M. Nr. 5, 1923, Seite 106 und 116.
[2]) Siehe T. M. Nr. 2, 1923, Seite 26. Verbesserte Beaufort-Skala.

Röhrenmaterial für Kabelkanalisationen.

Von F. Kräuchi, Bern.

Die Elektrifikation der Schweiz. Bundesbahnen bedingt die Beseitigung der auf dem Bahngebiet oder in deren nahem Parallelverlauf bestehenden oberirdischen Telephon- und Telegraphenlinien. Da die Erstellung neuer Linien über Privatterrain der heutigen hohen Entschädigungen wegen mit erheblichen Kosten verbunden und zudem die Ausbaufähigkeit der oberirdischen Leitungen verhältnismässig beschränkt ist, wurde von der Schweizerischen Telegraphenverwaltung der Bau eines Kabelnetzes beschlossen, unter Ausnützung des Rechtes zur unentgeltlichen Benutzung der Staatsstrassen. Für diese Kabelkanalisationen, welche fast ausschliesslich als Rohrleitungen von 25 und 30 cm Lichtweite erstellt und in den Baujahren 1922 bis 1924 zum grössten Teil als Notstandsarbeiten ausgeführt wurden, benötigte die T. T. V. in kürzester Zeit Hunderttausende von Metern an Eisen- und Betonröhren. Es lag im Interesse der gesamten Volkswirtschaft, sowohl die Bauarbeiten als auch die Lieferungen möglichst zu verteilen, um allen Gegenden Arbeitsgelegenheit zu verschaffen und der in der Nachkriegszeit herrschenden Arbeitslosigkeit zu steuern.

Infolge Mangels an eigens für den gewollten Zweck hergestelltem Röhrenmaterial musste auf die bestehenden Lagervorräte gegriffen werden. Im Nachstehenden sollen die verwendeten Rohrtypen einzeln besprochen werden.

Bei Beginn der grossen Arbeiten waren folgende Rohrarten auf dem Markt:

1. Die gewöhnlichen *Zementröhren* von 1 m Baulänge, die sich in solche mit Kreisquerschnitt ohne und mit Fuss, und solche von Korbbogenform unterscheiden lassen;

2. die altbekannten spiralumschnürten *Betonröhren* „System Siegwart" von 5 m Baulänge, welche sonst hauptsächlich für Druckwasserleitungen Verwendung fanden.

Es zeigte sich bald, dass die gewöhnlichen Zementröhren sich für Kabelanlagen wenig eignen, weil sie porös und daher wasserdurchlässig sind; die Rohrleitungen müssen also namentlich im Grundwasser