

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 14 (1923)

**Heft:** 8

**Artikel:** Festigkeitsversuche an Holzgestängen [Fortsetzung und Schluss]

**Autor:** Häusler, W.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060387>

#### 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:** 09.01.2026

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

### Uebersicht über die zu verwendenden Schutzmittel für Gleichstromanlagen.

<i>Art der Ueberspannung</i>	<i>Allgemeine Netze unter 1000 Volt</i>	<i>Bahnanlagen von ca. 500 ÷ 5000 Volt</i>	<i>Serieübertragungen von ca. 5 000 ÷ 20 000 Volt</i>
Langsame atmosphärische Aufladung von Freileitungen.	Hochohmige Widerstandsableiter von ca. 500 Volt an.	Ableiter meist unnötig.	Hochohmige Widerstandsableiter.
Indirekte Blitzschläge an Freileitungen.	An jeder Hauptleitung beidseitig je einen Funkenableiter mit sicherer Löschung, oder dann Vorschaltwiderstände in der Erdleitung, wie bei Wechselstromanlagen.	An jedem Fahrdräht etwa alle 20 km, an jedem Feeder je beim Werkaustritt je einen Funkenableiter. Im übrigen einheitliche Isolation, bei Eisenmasten der Feeders: Erdseile, Schuttringe bzw. Bügel neben besonders exponierten Isolatoren.	Wie für die Feeders der Bahnanlagen, ausserdem Schutzzirkelkabel vor und hinter der seriegeschalteten Maschinengruppe jedes Werkes.
Schaltüberspannungen.	Für Spannungen von 400 Volt an zuverlässige Lichtbogenschalter, event. mit Parallelwiderständen. Vermeidung der Schmelzsicherungen von 400 Volt an, für Leistungen über etwa 40 kW.		Bei betriebsmässigem Kurzschliessen der Maschinen und sonst stromloser Unterbrechung überspannungsfrei.
Direkter Spannungsübertritt.	Rundfeuersichere Konstruktion von Generatoren und Motoren, sorgfältige Ausführung von Freileitungskreuzungen. Nullpunktserdung oder Durchschlagssicherungen in Dreileiteranlagen.		Rundfeuersichere, gut von Erde isolierte Maschinen, sorgfältige Ausführung v. Freileitungskreuzungen.

ohne weiteres auch völlig unverändert für Gleichstromanlagen brauchbar, wobei natürlich für die „Nutzanwendungen“ eine besondere Uebersicht über die zu verwendenden Schutzmittel für Gleichstromanlagen erforderlich wird. In der obstehenden Tabelle lassen wir einen bezüglichen Entwurf folgen, dem wir nichts weiteres beizufügen haben.

### Festigkeitsversuche an Holzgestängen.

Bericht an die Obertelegraphendirektion, Bern  
erstattet von *W. Häusler*, Bern.

(Fortsetzung und Schluss.)

*Der Autor gibt in Fortsetzung des in den Bulletinausgaben No. 6 und 7 erschienenen Teils der Arbeit die Resultate einer weitern Reihe von Versuchen an Kuppelstangen und Doppelstangen an, welche zeigen, dass Kuppelstangen im Vergleich zu dicken einfachen Stangen wirtschaftlich unterlegen sind und dass bei Doppelstangen die Kreuzverstrebung in ca.  $\frac{2}{3}$  Stangenhöhe vorzusehen ist, wobei die horizontalen Verbindungsstreben des Kreuzes weggelassen werden können.*

*Comme suite à l'article paru dans les bulletins nos. 6 et 7 l'auteur donne les résultats d'essai entrepris sur des poteaux doubles.*

*Il conclue qu'il est préférable d'employer des poteaux simples plus fort plutôt que des poteaux doubles et que les entretoises de ces derniers devront en tous les cas être disposées à deux tiers de la hauteur et seulement en diagonale.*

### B. Versuchsserie in Arlesheim.

Nachdem die in Ostermundigen mit möglichst vollkommener Stangeneinspannung ausgeführten Versuche über die Wirkung der gekuppelten und der mit Kreuzen verstieften Stangen nähere Aufklärung gebracht haben, soll im folgenden über die

in Arlesheim ausgeführten Festigkeitsversuche nur ganz allgemein berichtet werden. Die Versuchsanordnungen und die beobachteten Instrumentangaben sind aus nachstehenden Skizzen und Tabellen ersichtlich.

*Versuch No. 1a (Fig. 27). Tabelle XIII*

Zug am Dynamometer kg	Ausbiegung im Angriffspunkt von Z cm	Verschiebung an Erdoberfläche mm	Klinometer II Teilstrecke der Einstellung
2 · 250	53	28	2500
2 · 325	87	41	+ 1500
2 · 375	111	55	+ 1100
0	64,5	49	—
2 · 375	125	67	Neues 0
2 · 425	144,5	95	+ 900
2 · 475 <sup>1)</sup>	164	85	
2 · 500	182	95	
2 · 525	201	100	
2 · 550 <sup>2)</sup>	222	—	

1) Wegen Bruchgefahr Beobachtung eingestellt.

2) Bruch an der Einspannstelle. Holz nicht mehr ganz gesund.

*Versuch No. 2a (Fig. 28). Tabelle XIV*

Zug am Dynamometer kg	Ausbiegung im Angriffspunkt von Z cm	Verschiebung an Erdoberfläche mm	Klinometer II Trommelteilung
300	33	2	27
350	57	14	645
400	78	32	645
475	89	42	390
525	118	66	893
575	132	80	—
625	148	92	—
650	161	102	—
675	170	111	—
700	178	120	—
725	185	125	—
750	191	130	—
775	196	135	—
800	201	140	—
825	210	145	—
850	239	170	—
875	254	185	—
900	270	200	—
925	278	215	—
950	290	235	—
975 <sup>1)</sup>	320	—	—

1) Bruch an der Einspannstelle.

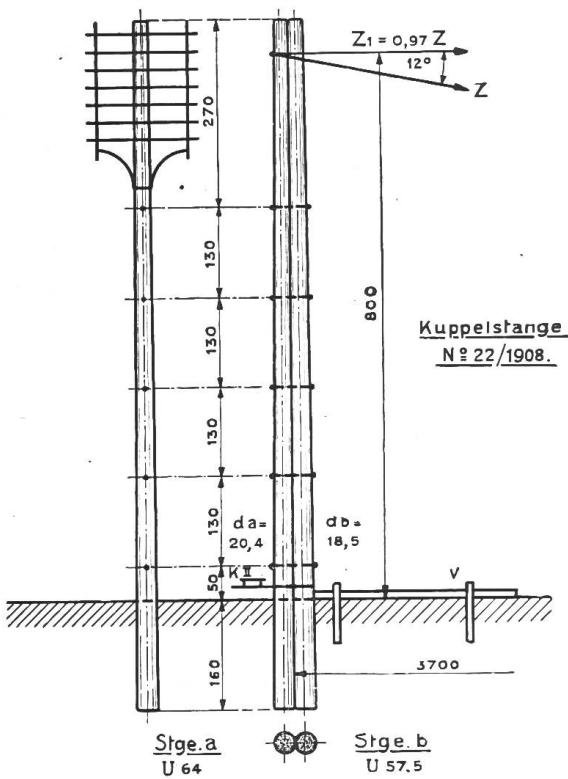


Fig. 27

Masse in cm

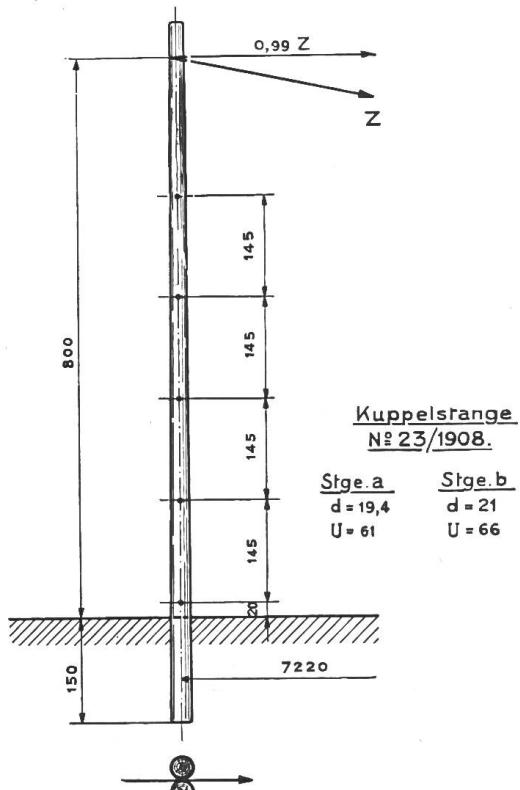


Fig. 28

Masse in cm

Eine Trommelteilung bei Klinometer No. 1 = 3,148"  
 Eine Trommelteilung bei Klinometer No. 2 = 0,417".

Eine rechnungsmässige Untersuchung lohnt sich nicht, da die Ausbiegungen trotz der vorzunehmenden Korrekturen vermittels der Klinometerangaben zu ungenau werden. Die Querschnittsverjüngung kann auch nur angenähert berücksichtigt werden,

Versuch No. 3a (Fig. 29).

Tabelle XV

Zug am Dynamometer kg	Ausbiegung im Angriffspunkt von Z cm	Verschiebung an Erdoberfläche mm →	Klinometer Trommelteilung		Stangen- verschiebung		Bemerkungen
			No. I	No. II	a ↑ mm	b ↓ mm	
2 · 250	20	21	910	875	25	3	
2 · 300	45	46	+ 1250	+ 1335	50	5	
2 · 350	65	67	+ 1000	+ 1070	75	7,5	
2 · 400	95	105	+ 1815	+ 2000	110	17	
2 · 450	131	148	+ 2050	+ 1900	150	23	Stange a gibt nach.
2 · 450	300	—	—	—	—	—	Bruch der Stange b.

weil die Stangendurchmesser am Kopfende nicht gemessen wurden. Die zuverlässigsten Resultate werden sich durch direkten Vergleich der Bruchbelastungen ergeben, da die Stangendimensionen am Erdboden nicht allzugrosse Unterschiede aufweisen.

Aus Versuch No. 2 a ergibt sich die Bruchbelastung pro Stange zu  $\frac{975}{2} = 487$  kg;

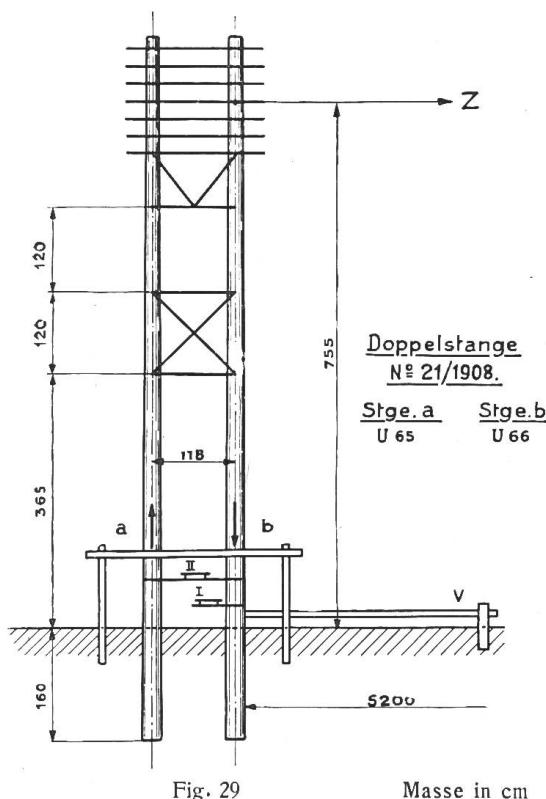
somit wird der Verstärkungsfaktor für Kuppelstange No. 22 gleich  $\frac{2 \cdot 535}{487} = 2,2$  und der-

jenige für Tragwerk No. 18 gleich  $\frac{1100}{487} = 2,04$ .

Stützpunkt No. 19 kann nicht berücksichtigt werden, weil er ohne zu brechen aus der Erde herausgedreht wurde. Auch diese Proben haben zu ähnlichen Ergebnissen geführt wie diejenigen in Ostermundigen. Daraus kann geschlossen werden, dass eine Kuppelstange mit der üblichen Verschraubung über alle Achsen nur den zweifachen Widerstand einer einzelnen Stange besitzt. Aus Versuch No. 5 a geht hervor, dass die Eingrabtiefe mit der Gestängesfestigkeit im Einklang sein muss, wenn der volle Widerstand der Tragwerke ausgenutzt werden soll.

Aus einem Vergleich der Versuche 3 a und 7 a ergibt sich die Notwendigkeit, der Bodenbefestigung bei verstieften Doppelstangen erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Bei Doppelstange No. 21 wird die Zugstange, infolge ungenügenden Bodenwiderstandes, durch die Wirkungsweise der Kreuzverstrebung direkt aus der Erde herausgehoben. Je mehr

die Zugstange nachgibt, desto grösser wird die Inanspruchnahme der Druckstange, welche schliesslich die ganze Belastung allein aufzunehmen hat. Es ist nun ganz klar, dass im Boden nicht einfach die gleiche Befestigung genügt, die für einfache Stangen als notwendig erachtet wird, wenn über dem Boden Gestängesverstärkungen angebracht werden müssen, um eine bestimmte Drahtvermehrung gegenüber zwei



einfachen Stangen zu erhalten. Als einfachstes Mittel zur Erhöhung des Einspannwidderstandes käme eine grössere Eingrabtiefe in Frage an Stelle von Querriegeln usw.

Versuch No. 4a (Fig. 30). Tabelle XVI

Zug am Dynamome- ter kg	Ausbiegung im Angriffs- punkt von Z cm	Verschiebungen			Klinometer- Trommel- teilung I
		a mm	b mm	c mm	
2 · 250	0	0	0	0	0
2 · 300	0	0	0	0	- 8
2 · 350	1	0	2	3	- 15
2 · 400	1,2	0	2	3	- 8
2 · 450	1,5	0	2,5	4,5	± 0
2 · 500	2,0	0	4	4,5	+ 5
2 · 600	5	4	6,5	6	+ 100
2 · 700	6,5	5	6,5	6	+ 31
2 · 800	10,5	5	10	6	+ 120
2 · 900	16	8	13	6,5	+ 185
2 · 1000	17	9	13,5	6,5	+ 25
2 · 1100	21	9	14	6,5	+ 138
2 · 1200	23,5	9	18	6,5	+ 40
2 · 1300	27	9	—	—	—
2 · 1400	41	9	—	—	—
2 · 1500	59	9	50	6,5	—
2 · 1600	75	9	62	6,5	—
2 · 1700 <sup>1)</sup>	—	—	—	—	—
2 · 1450	—	—	—	—	—
2 · 1500 <sup>2)</sup>	—	—	—	—	—

<sup>1)</sup> Flaschenzug beschädigt, Strebenschrauben abgescherzt.

<sup>2)</sup> Strebē in  $\frac{1}{3}$  Höhe geknickt.

Versuch No. 5a (Fig. 31) Tabelle XVII

Zug am Dynamome- ter kg	Ausbiegung im Angriffs- punkt von Z cm	Verschiebung an Erdoberfläche → mm	Klinometer II Trommel- teilung	
			I	II
275	8,5	6	136	
300	9	7	16	
350	9	7	5	
400	9,5	7	15	
450	10,5	7,5	53	
500	15	10,5	220	
550	17	12	35	
600	78,5	67	3200	
650 <sup>1)</sup>	162	145	4000	
700	190,5	172	1293	
750	232	205	1700	
800	285	255	2860	
850	329	289	2070	
900 <sup>2)</sup>	403	341	4000	

<sup>1)</sup> Stangenausbiegung gering; Erde gibt nach.

<sup>2)</sup> Stange ohne Bruch ausgerissen.

Doppelstange

Nº 20/1908.

Stge. I: U = 70  
II: U = 69  
III: U = 73

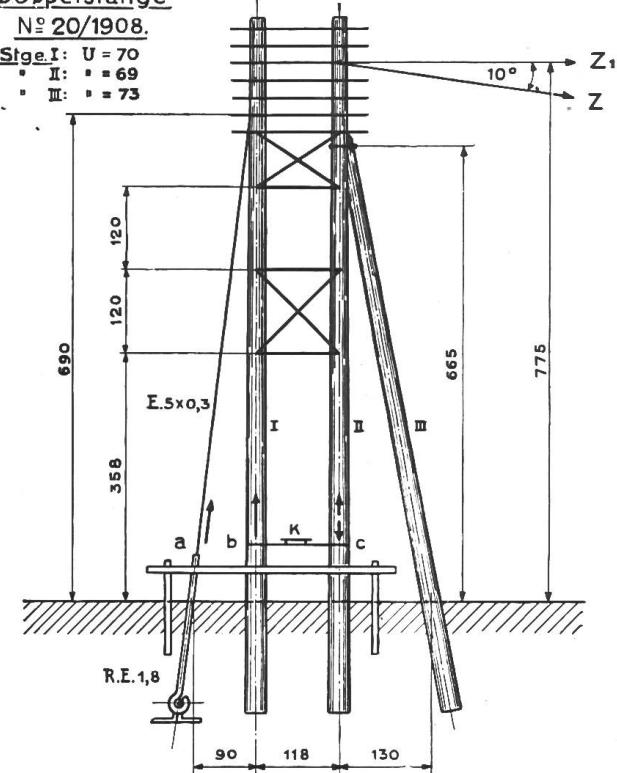


Fig. 30

Masse in cm

Kuppelstange

Nº 19/1908.

Stge. a U 72    Stge. b U 69

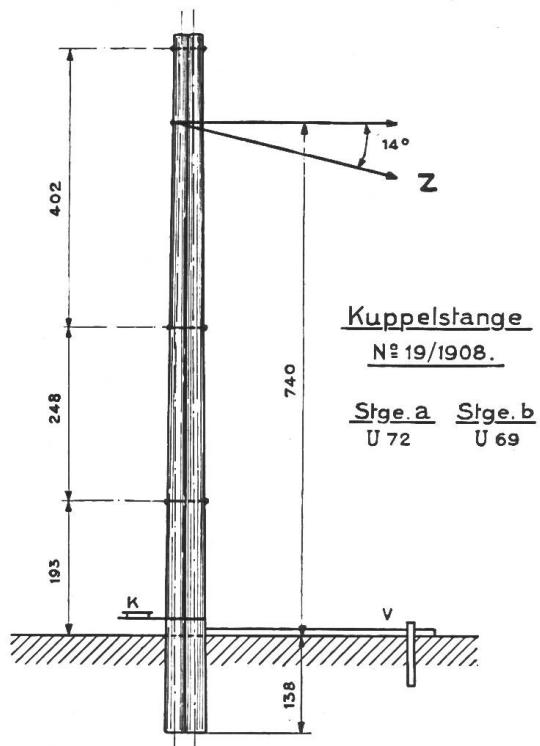


Fig. 31

Masse in cm

Versuch No. 6 a (Fig. 32) Tabelle XVIII

Zug am Dynamometer kg	Ausbiegung im Angriffs- punkt von Z cm	Verschie- bung an Erdoberfläche → mm	Klinometer II Trommel- teilung	Klinometer I Trommel- teilung
250	16	5	320	725
300	19,5	7	90	250
350	23,5	9	145	310
400	31,0	13	260	610
0	16	10	-305	-590
400	33	15,5	+435	+815
450	40,5	18,5	225	505
500	49	23,5	320	640
550	59	30	465	860
600	68	35	380	810
650	80	43	475	980
700	89,5	49	385	830
750	102	57	480	1090
800	118	67,5	600	1288
0	67	59		
800	124	74		
850	130	78		
900	141	85		
950	155	94		
1000	175	107		
1050	195	121		
1100 <sup>1)</sup>	—	—		

<sup>1)</sup> Bruch.

Versuch No. 7 a (Fig. 33) Tabelle XIX

Zug am Dynamometer kg	Ausbiegung im Angriffs- punkt von Z cm	Verschiebung an Erdoberfläche → mm	Hebung von Stange a ↑ mm
250	8	2	5
300	12	3	9
350	16	4	11
400	19	5	12
450	22	5,5	13
500	25	6	14
550	28	7	15
600	31	8,5	16
650	35	10	17
700	40	12	19
750	45	14	20
800	53	17	21
850 <sup>1)</sup>	102	43	17 <sup>1)</sup>
900	112	48	10
950	128	55	10
1000	140	62	—
1050	—	—	—
1050 <sup>2)</sup>	—	—	—

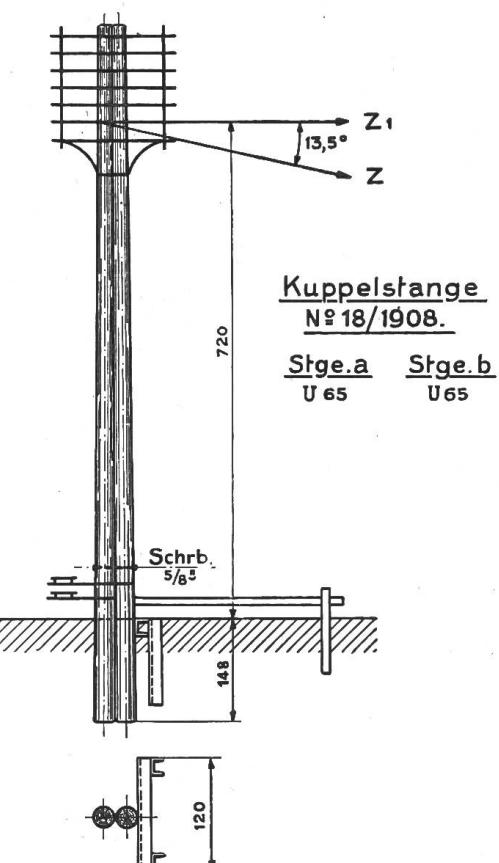
<sup>1)</sup> Abscherung der Bolzen bei C.  
<sup>2)</sup> Bruch.

Fig. 32

Masse in cm

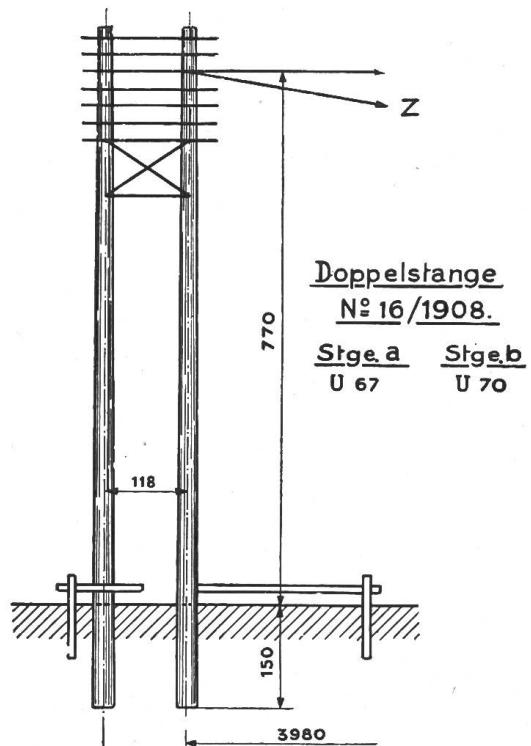


Fig. 33

Masse in cm

### C. Zweite Versuchsserie in Ostermundigen.

Diese Versuche wurden durchgeführt, um zu prüfen, ob es möglich sei, den Verstärkungsfaktor bei Kuppelstangen zu vergrößern. Zur Verstärkung sollen nur einfache Mittel verwendet werden. Ein Verbinden der beiden Stangen mit Schrauben und eingepassten Dübeln kann nicht in Frage kommen weil diese Arbeit genau und fachmännisch ausgeführt werden muss, und daher teuer zu stehen kommt. Ein weiterer Nachteil ist die Lockerung der Dübelverbindungen infolge Schwinden des Stangenholzes. Um die grossen Vorräte der Telegraphenverwaltung an Kuppelstangentraversen aufbrauchen zu können, muss ein Verstärkungsmittel angewendet werden, das die Stangendistanz nicht vergrößert. Am einfachsten und billigsten wird dies erreicht durch Vermehrung der Kuppelschrauben. Zur Prüfung des Einflusses von Kuppelverbindungen mit vergrößertem Stangenabstand dienten gusseiserne Keile mit scharfkantigen Rippen nach Fig. 17<sup>2)</sup>, welche zwischen die beiden zu kuppelnden Stangen gelegt wurden.

Beim Anziehen der Schrauben, welche die Stangen zusammenhalten, schneiden diese scharfen Kanten der Rippen in das Holz ein. Dadurch wird eine breitere Holzfaserschicht zur Aufnahme der Schubkräfte in Stangenrichtung herangezogen und somit die Schubbeanspruchung bedeutend herabgesetzt. Auch eine Bearbeitung der Stangen wird dadurch vermieden. Dieses Vorgehen wurde von Herrn Kontrollingenieur G. Sulzberger angeregt.

Die Versuchsanordnung war gleich wie bei den schon durchgeföhrten Versuchen. Die Dynamometerangaben sind nach der Lichtkurve in Fig. 34 zu korrigieren.

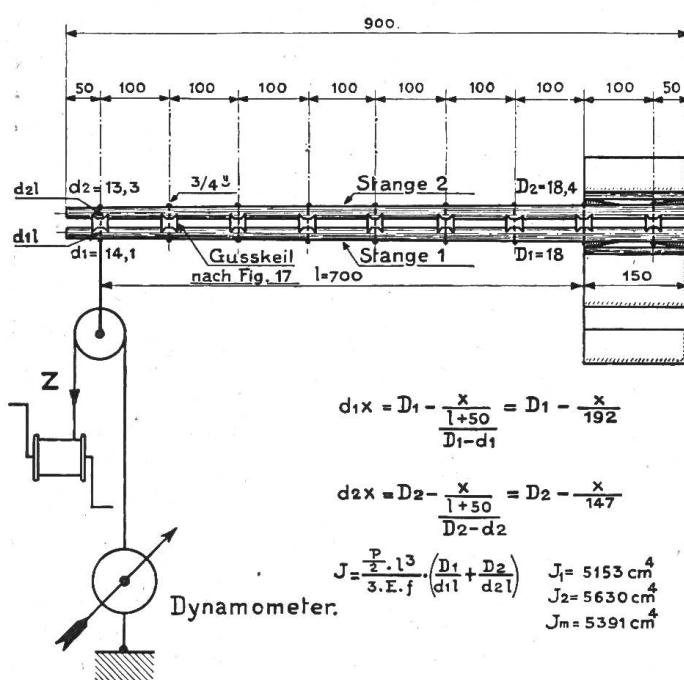


Fig. 35

Masse in cm

Dynamometer

Z

Gummiseil

Schraube

Schraubenschlüssel

Spannvorrichtung

Dynamometer

Anker

Basis

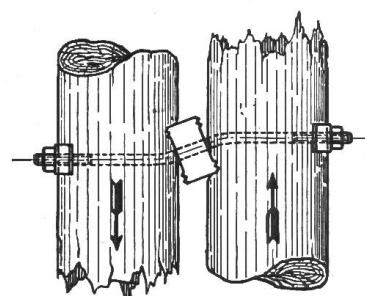


Fig. 36

In folgenden Tabellen sind die gemessenen und beobachteten Größen eingetragen, sowie die betreffenden Tragwerkskizzen beigegeben.

<sup>2)</sup> Siehe Bulletin No. 7, 1923, Seite 393.

Tabelle XX

Versuch No. 10 (Fig. 35)

No.	Gemessene Werte				Berechnete Werte				Spannung kg/cm <sup>2</sup>	Bemerkungen					
	Zug am Dynamometer kg	Ausbiegung cm	Verschiebung am Kopfende mm	Verschiebung am Fussende mm	Korrigierter Zug am Dynamometer kg	Stangenzug kg	Korrigierter Krafthebelarm cm	Trägheitsmoment cm <sup>4</sup>	Vergrösserungsfaktor des Fliehmomentes einer einzelnen Stange	Abstand der äussersten Faser-schicht cm	Abstand der neutralen Achse cm	Vergrösserungsfaktor des Fliehmomentes einer einzelnen Stange	Biegemoment cm kg		
1	150	16,4	0	-	50	100	700	9 050	1,68	imag.	-	-	70 000	-	
2	200	24,1	0	-	100	200	700	12 400	2,3	1,76	10,86	1142	1,93	140 000	122
3	250	36	0	-	155	310	699	12 800	2,38	1,97	11,07	1159	1,96	216 500	187
4	300	44,5	0	-	205	410	698,5	13 700	2,55	2,36	11,46	1196	2,03	286 000	239
5	110	8,5	0	-	0	0	700	-	-	-	-	-	-	-	-
6	300	48	0	-	205	410	698	12 700	2,36	1,92	11,02	1150	1,95	286 000	248
7	350	56,5	2	6	255	510	698	13 400	2,49	2,26	11,36	1180	2	356 000	302
8	400	68,5	3	6	295	590	697	12 800	2,38	1,97	11,07	1158	1,96	411 000	356
9	450	83,5	4	6	335	670	695	11 900	2,2	1,64	10,74	1108	1,87	466 000	421
10	500	95,3	6	6	375	750	694	11 700	2,18	1,34	10,44	1120	1,90	520 000	465
11	540	110,5	6	6	405	810	691	10 900	2,02	0,55	9,65	1130	1,92	560 000	495
12	550	122	6	6	410	820	689	10 000	1,86	imag.	-	-	-	565 000	-
13	550	-	-	-	410	820	689	-	-	-	-	-	-	540 000	-
14	530	162	-	-	395	790	681	-	-	-	-	-	-	-	-

Diese Spannungen korrigieren sich nach dem am Schlusse ermittelten mittleren Verstärkungsfaktor

#### Versuch No. 10. (Tabelle XX und Fig. 35)

Dieser Versuch wurde ausgeführt an einer Kuppelstange, aus zwei Weisstannen bestehend, mit 9 Gusskeilen und 9 Schrauben.

Die bleibenden Deformationen sind aus Fig. 36 ersichtlich.

#### Versuch No. 11. (Fig. 37.)

Kuppelstange mit 18 gleichmässig verteilten Schrauben (2 Rottannen).

#### Versuch No. 12. (Fig. 38.)

Kuppelstange mit 9 Gusskeilen und 9 Schrauben.

Diese Versuche ergeben keine besseren Resultate als die früheren. Nach den berechneten Verstärkungsfaktoren ist eine grössere Verstärkung nicht nachzuweisen. Vergleicht man die Zugkraft, die den Bruch herbeiführt, in den Versuchen 10 – 12 mit denjenigen einer einfachen Stange, so ergibt sich für Kuppelstange No. 10 eine  $\frac{790}{590} = 1,4$  fache Verstärkung. Für Kuppelstange 11 und 12 erhöht sich dieser Faktor auf 1,65. Unter Voraussetzung der Richtigkeit der Dynamometer

*Versuch No. 11 (Fig. 37)*

### Tabelle XXI

No.	Gemessene Werte					Berechnete Werte									Polgrenze
	Zug am Dynamometer kg	Ausbiegung cm	Verschiebung am Kopfende mm	Verschiebung am Fußende mm	Korrigierter Zug am Dynamometer kg	Stangenzug kg	Korrigierter Krafthebelarm cm	Trägheitsmoment cm <sup>4</sup>	Vergrößerungsfaktor des Trägheitsmoments einer einzelnen Stange	Abstand der neutralen Achse cm	Abstand der äußersten Faserschicht cm	Widerstandsmoment cm <sup>3</sup>	Vergrößerungsfaktor des Widerstandsmoments einer einzelnen Stange	Biegemoment cm kg	Spannung kg/cm <sup>2</sup>
1	150	10,2	0	0	50	100	700	14 100	3,3	3,14	11,9	1185	2,24	70 000	59
2	200	17,5	0	5	100	200	700	16 500	3,55	3,86	12,63	1305	2,46	140 000	107
3	250	26,7	0	6	155	310	700	16 700	3,58	3,90	12,67	1320	2,49	217 000	164
4	300	34,5	0	6	205	410	699	17 000	3,66	3,98	12,77	1330	2,50	286 500	216
5	110	7	0	2	0	0	700	—	—	—	—	—	—	—	—
6	300	38	0	6	205	410	699	15 500	3,34	3,57	12,34	1255	2,37	286 500	228
7	350	46,5	0	9	255	510	698	15 600	3,36	3,60	12,37	1262	2,38	356 000	282
8	400	57,5	2	12	295	590	698	14 600	3,14	3,30	12,02	1210	2,28	412 000	340
9	470	67	2	16	350	700	697	14 800	3,18	3,36	12,13	1220	2,30	488 000	400
10	500	90	2	17	375	750	694	11 700	2,52	2,22	10,99	1065	2,01	520 000	488
11	550	103,5	2	19	410	820	693	11 100	2,39	1,91	10,68	950	1,80	569 000	600
12	570	—	—	—	420	840	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	150	19,5	0	1	50	100	700	7 400	1,6	imag.	—	—	—	70 000	—
14	200	31,5	0	2	100	200	700	9 150	1,96	imag.	—	—	—	140 000	—
15	250	37,4	0	—	155	310	699	11 900	2,56	2,31	11,08	1075	2,03	217 000	202
16	300	50,5	0	4	205	410	698	11 600	2,5	2,18	10,95	1060	2,00	286 500	270
17	150	19,5	0	—	50	100	700	7 400	1,6	imag.	—	—	—	70 000	—
18	200	30,2	0	—	100	200	700	9 100	1,9	imag.	—	—	—	140 000	—
19	250	41,6	0	9	155	310	698	10 600	2,28	1,63	10,40	1020	1,93	217 000	213
20	300	50	0	—	205	410	698	11 700	2,5	2,22	10,99	1062	2,00	286 500	270
21	350	60	0	12	255	510	698	12 100	2,6	2,40	11,17	1085	2,05	356 000	328
22	400	72	2	—	295	590	696	11 600	2,5	2,18	10,95	1060	2,00	412 000	389
23	450	81,5	2	14	335	670	695	11 600	2,5	2,18	10,95	1060	2,00	466 000	440
24	500	92	2	16	375	750	694	11 400	2,45	2,06	10,83	1050	1,98	520 000	495
25	550	105	3	—	410	820	693	10 900	2,34	1,8	10,57	1030	1,94	569 000	550
26	580	117	3	20	435	870	690	10 250	2,2	1,4	10,17	1008	1,90	600 000	595
27	610	130	4	—	455	910	688	9 550	2,05	1,12	9,89	965	1,82	626 000	650
28	650	142	4	24	485	970	685	9 200	1,95	imag.	—	—	—	664 000	—
29	650	154,5	—	—	485	970	683	8 400	1,8	imag.	—	—	—	663 000	—
30	600	166	—	—	450	900	680	—	—	—	—	—	—	—	Bruch
															Bruch d. Stangen a. d. Einspannstelle

Tabelle XXII

## Versuch No. 12 (Fig. 38)

No.	Gemessene Werte						Berechnete Werte									Bemerkungen
	Zug am Dynamometer kg	Ausbiegung cm	Verschiebung am Kopfende mm	Verschiebung am Fussende mm	Korrigiert. Zug am Dynamometer kg	Stangenzug kg	Korrigierter Krafthebelarm cm	Trägheitsmoment cm <sup>4</sup>	Vergrösserungsfaktor des Trägheitsmomentes einer einzelnen Stange	Abstand der neutralen Achse cm	Abstand der äussersten Faserschicht cm	Widerstands-moment cm <sup>3</sup>	Vergrösserungsfaktor des Widerstands-momentes einer einzelnen Stange	Biegemoment cmkg	Spannung kg/cm <sup>2</sup>	
1	150	8	0	0	50	100	700	20 700	2,96	3,64	13,19	1570	2,2	70 000	45	
2	200	20,5	0	6	100	200	700	16 100	3,3	2,28	11,83	1360	1,92	140 000	103	
3	250	30	2	9	155	310	700	17 100	2,44	2,64	12,19	1405	1,98	217 000	154	
4	300	39,5	2	—	205	410	699	17 100	2,44	2,64	12,19	1405	1,98	286 000	204	
5	100	6	0	—	0	0	700	—	—	—	—	—	—	—	—	entlastet
6	300	41,5	2	13	205	410	698	16 300	2,32	2,36	11,91	1370	1,94	286 000	208	Polgrenze
7	350	51,5	2	—	255	510	698	16 300	2,32	2,36	11,91	1370	1,94	356 000	260	
8	400	—	—	—	295	590	700	—	—	—	—	—	—	—	—	Einspannung ausgerissen
9	150	16,5	2	—	50	100	700	10 000	1,43	imag.	—	—	—	70 000	—	
10	210	23,2	2	4	105	200	700	15 000	2,14	1,81	11,36	1320	1,86	147 000	111	
11	250	31	2	—	155	310	700	16 600	2,37	2,45	12	1380	1,95	217 000	157	
12	310	36,5	2	7	215	430	699	19 400	2,77	3,32	12,87	1510	2,14	300 000	198	
13	350	41,5	3	—	255	510	698	20 200	2,90	3,52	13,07	1545	2,18	356 000	230	
14	400	48,5	4	10	295	590	698	20 000	2,86	3,46	13,01	1540	2,17	411 000	267	
15	450	59,7	4,5	—	335	670	698	18 400	2,63	3,02	12,57	1465	2,07	468 000	320	Diese Spannungen korrigieren sich nach dem am Schlusse ermittelten mittleren Verstärkungsfaktor
16	475	62,8	5	12	355	710	697	18 500	2,64	3,06	12,61	1467	2,07	495 000	338	
17	500	68,5	5	—	375	750	696	17 800	2,54	2,86	12,41	1430	2,02	522 000	365	
18	525	77	5,5	16	395	790	696	16 700	2,38	2,51	12,06	1385	1,96	550 000	398	
19	550	83,5	6	—	410	820	695	15 900	2,27	2,21	11,76	1350	1,90	570 000	422	
20	575	93	7	—	430	860	694	14 900	2,13	1,78	11,33	1315	1,86	596 000	454	
21	610	104	9	21	455	910	693	14 100	2,02	1,34	10,89	1300	1,83	630 000	485	
22	640	112	10	—	480	960	690	13 600	1,95	imag.	—	—	—	663 000	—	
23	650	128,5	11	28	485	970	688	11 800	1,69	—	—	—	—	667 000	—	
24	650	140	—	—	485	970	685	10 700	1,53	—	—	—	—	664 000	—	Bruch an Einspannstelle

meterangaben kann geschlossen werden, dass mit gewöhnlicher Verschraubung der beiden zu kuppelnden Stangen eine Verstärkung des Widerstandes nicht zu erreichen ist.

*Versuch No. 13. Doppelstange mit Traversengerüst (Fig. 39).*

Der Verstärkungsfaktor hat hier den Wert  $\frac{1010}{590} = 1,7$ , wobei zu berücksichtigen ist, dass die zum Vergleich dienende einfache Stange einen grösseren Durchmesser an der Einspannstelle hat als jede der beiden Stangen des Doppelgestänges.

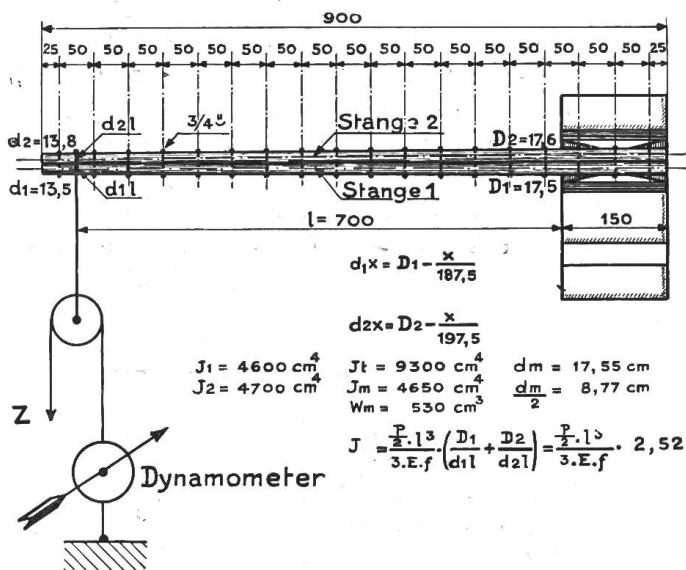


Fig. 37

Masse in cm

wendeten Fichtenholzes abhängig ist, darf daher zu  $584 \text{ kg/cm}^2$  angenommen werden. (Troschel, Holzkonservierung; Winnig, Die Grundlagen der Bautechnik für oberirdische Telegraphenlinien). Dieser Wert stimmt mit dem in Probe No. 2 ermittelten Werte annähernd überein, so dass dieser letztere zu Vergleichsberechnungen benutzt werden darf. (Bruchversuche, in der eidg. Materialprüfanstalt Zürich ausgeführt, ergaben  $K_b = 555 \text{ kg/cm}^2$  und  $K_b = 500 \text{ kg/cm}^2$ . Angaben über Feuchtigkeitszustand fehlen.)

Mit diesen Werten lassen sich die in Tabelle XXI angegebenen genauen Verstärkungsfaktoren berechnen.

Zu den Proben 10–13 ist zu bemerken, dass dieselben nach einer längeren Regenperiode (September 1922) ausgeführt wurden. Die Stangen waren dem Regen ausgesetzt, enthielten somit auch einen grösseren Wassergehalt. Am Tag der Durchführung herrschte kühles, bedecktes Wetter, der Boden war nur oberflächlich trocken, so dass der Feuchtigkeitszustand des Holzes mit luftfeucht bezeichnet werden muss. Dadurch verringert sich der Bruchmodul für Biegungsfestigkeit um zirka 20 Prozent und erreicht etwa

Um den Einfluss der ungleichen Stangendurchmesser an der Einspannstelle auf die Verstärkungsfaktoren, welche sich durch direkten Vergleich der den Bruch herbeiführenden Zugkräfte ergeben, möglichst auszuschalten, wurden auf Grund der Bruchbeanspruchung in Versuch No. 2 die Bruchbelastungen einfacher Stangen verschiedener Stangendimensionen berechnet und in nachfolgende Tabelle eingetragen. Da die Stangen vor Durchführung der Versuche etliche Wochen an der Sonne gelegen und sich vier Jahre auf dem Stangenlager befunden hatten, können die Stangen als lufttrocken bezeichnet werden. Die Biegungsfestigkeit, welche in hohem Masse vom Wassergehalt des ver-

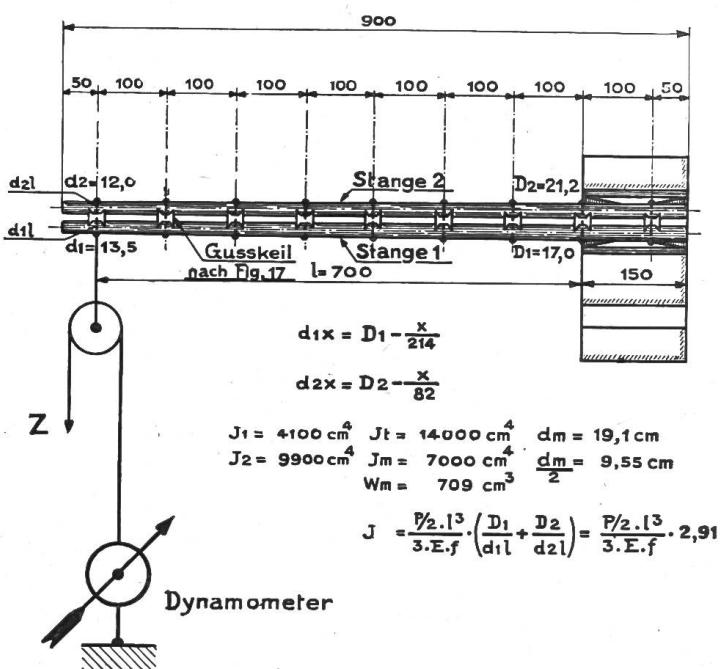


Fig. 38

Masse in cm

## Versuch No. 13 (Fig. 39)

Tabelle XXIII

No.	Zug am Dynamometer kg	Ausbiegung cm	Korrigierter Zug am Dynamometer kg	Stangenzug kg
1	150	12	50	100
2	200	24,5	100	200
3	250	35,5	155	310
4	300	41	205	410
5	100	10,5	0	0
6	300	42,5	205	410
7	350	49	255	510
8	400	58	295	590
9	450	66	335	670
10	500	77	375	750
11	560	90	410	820
12	600	105	450	900
13	650	126	485	970
14	675	152	505	1010
15 <sup>1)</sup>	675	—	505	1010

<sup>1)</sup> Bruch der Zugstange an der Einspannstelle.

Voraussetzung der Richtigkeit der Dynamometerangaben werden: 1. Kuppelstangen sind gegenüber stärker dimensionierten einfachen Stangen mit gleichem Widerstandsmoment unwirtschaftlich. Die Verschraubung der beiden zu kuppelnden Stangen mit einer grösseren Anzahl Bolzen erhöht die Festigkeit nicht wesentlich, und es kann für das Widerstandsmoment einer Kuppelstange bezogen auf die Achse  $a - a$  nur der doppelte oder höchstens der 2,5fache Wert desjenigen einer einfachen Stange in Rechnung gezogen werden, anders gesagt, die Summe der einzelnen Stangewiderstandsmomente ist mit dem Faktor  $1 \div 1,25$  zu multiplizieren. Der entsprechende Faktor für das Trägheitsmoment ist aus Fig. 12 zu bestimmen.

2. Bei Doppelstangelinien ist die Kreuzverstrebung in zirka  $\frac{2}{3}$  Stangenhöhe einzubauen unter Weglassung der beiden horizontalen Verbindungstraversen des Kreuzes. Eine solche Linie kann annähernd mit der drei- bis vierfachen Anzahl der für eine einfache Stange zulässigen

480 kg/cm<sup>2</sup>. Das Verhältnis der beiden Festigkeiten beträgt  $\frac{618}{480} = 1,285$ ; die Verstärkungsfaktoren erhöhen sich nach Tabelle XXVI und stimmen nun besser mit denjenigen der zuerst durchgeföhrten Versuche überein.

Die Gegenüberstellung der Verstärkungsfaktoren der Kuppelstangen, die auf zwei ganz verschiedenen Wegen berechnet wurden, ist aus Tabelle XXVII ersichtlich und zeigt gute Uebereinstimmung.

Im Vorangehenden beziehen sich alle Verstärkungsfaktoren auf einfache Stangen, weil diese sich im Telegraphenlinienbau als Masseinheit für kombinierte Gestänge herausgebildet haben. Richtiger ist es, die gefundenen Verhältniszahlen durch 2 zu dividieren, um so den wirklichen Verstärkungsgrad zu erhalten.

Mit diesen Koeffizienten ergeben sich folgende Bruchbeanspruchungen (Tabelle XXVIII):

Zusammenfassend kann aus den bis jetzt durchgeföhrten Versuchen und unter

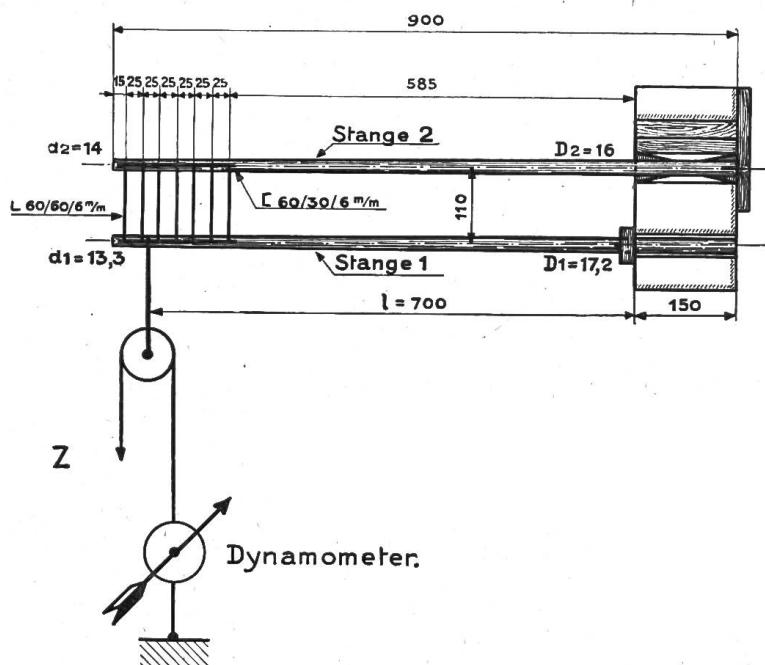


Fig. 39

Masse in cm

Drähte belastet werden, wenn die Stangen im Boden genügend verankert sind. Sämtliche Verstärkungstraversen können weggelassen werden.

Tabelle XXIV

Aus Versuch No. 2 sich ergebende Bruchbeanspruchung des Holzes = 618 kg/cm <sup>2</sup>											
Stangen-durchmesser an der Einspannstelle cm	Widerstands-moment cm <sup>3</sup>	Biegungs-moment cmkg	Bruch-belastung kg	Stangen-durchmesser an der Einspannstelle cm	Widerstands-moment cm <sup>3</sup>	Biegungs-moment cmkg	Bruch-belastung kg	Stangen-durchmesser an der Einspannstelle cm	Widerstands-moment cm <sup>3</sup>	Biegungs-moment cmkg	Bruch-belastung kg
16	402	$249 \cdot 10^3$	370	18	572	$354 \cdot 10^3$	524	20	785	$485 \cdot 10^3$	718
16,5	442	$273 \cdot 10^3$	405	18,5	622	$385 \cdot 10^3$	570	20,5	847	$524 \cdot 10^3$	775
17	482	$298 \cdot 10^3$	440	19	673	$415 \cdot 10^3$	615	21	909	$561 \cdot 10^3$	830
17,5	527	$325 \cdot 10^3$	492	19,5	729	$450 \cdot 10^3$	665	—	—	—	—

Tabelle XXV

Versuch No.	Stangen-durchmesser an der Einspannstelle	Dem Stangen-durchmesser entspr. Bruchbelastung einer einfach. Stange	Gemessene Bruchbelastung	Verstärkungsfaktor	Bemerkungen
3	17,3; 16,8 $2 \times 17$	440	1150	2,6	Kuppelstange mit fünf Bolzen am Kopfende
4	19,4; 18,4 $2 \times 18,9$	605	1180	1,95	Kuppelstange mit fünf Eisendübeln
5	19,4; 18,4 $2 \times 18,9$	605	1420	2,35	Normale Kuppelstange
6	18,75; 17,75 $2 \times 18,25$	550	1630	2,96	Doppelstange mit niedrig eingebautem Kreuz
7	18,5; 16,8 $2 \times 17,6$	498	< 1840	< 3,7	Doppelstange mit Kreuz ohne Horizontaltraverse
8	19,7; 17,5 $2 \times 18,6$	570	1800	3,16	Doppelstange mit normalem Kreuz
9	17,5; 18,5 $2 \times 18$	524	1180	2,25	Doppelstange mit einer Horizontaltraverse
10	18; 18,4 $2 \times 18,2$	542	820	1,52	Kuppelstange mit Gussdübeln
11	17,5; 17,6 $2 \times 17,35$	492	970	1,97	Kuppelstange mit 19 Schrauben
12	17; 21,2 $2 \times 19$	615	970	1,58	Kuppelstange mit Gussdübeln
13	16; 17,2 $2 \times 16,6$	412	1010	2,4	Doppelstange mit Traversengerüst

Tabelle XXVI

Versuch No.	Verstärkungsfaktor ohne Berücksichtigung des Feuchtigkeitszustandes	Verstärkungsfaktor mit Berücksichtigung des Feuchtigkeitszustandes
10	1,52	1,96
11	1,97	2,54
12	1,58	2,04
13	2,4	3,09

Tabelle XXVII

Ver-such No.	Verstärkungsfaktor erhalten durch direkten Vergleich der Zugkräfte die den Stangenbruch herbeiführten	Verstärkungsfaktor aus der Durchbiegungsformel erhalten (Gültigkeit nur innerhalb der Proportionalitätsgrenze)	Mittlerer Verstärkungsfaktor C <sub>m</sub>	Wirklicher Verstärkungsgrad C <sub>m</sub> /2
3	2,6	2,75	2,57	1,33
4	1,95	1,93	1,94	0,97
5	2,35	1,94	2,15	1,07
10	1,96	1,97	1,96	0,98
11	2,54	2,42	2,48	1,24
12	2,04	2,02	2,03	1,01

Tabelle XXVIII

Versuch No.	Bruch- biegungs- moment cmkg	Mittleres Wider- standsmoment einer einzelnen Stange cm <sup>3</sup>	Totales Widerstands- moment $W_m \cdot C_m$	Bruchmodul $K_b = \frac{M_b}{M_m \cdot C_m}$ kg/cm <sup>2</sup>	Bemerkungen
3	784 000	535	1430	550	
4	802 400	663	1285	624	Lufttrockenes Holz
5	958 000	663	1555	615	
10	540 000	592	1160	465	
11	663 000	530	1315	504	Luftfeuchtes Holz
12	664 000	709	1440	460	

## Vergleichende Betrachtungen über die Dimensionen elektrischer Grössen.

Von A. Forster, Zürich.

Der Autor leitet in leichtfasslicher Weise und ausgehend vom Prinzip der Aequivalenz aller Energieformen die Dimension der gebräuchlichen elektrischen und magnetischen Grössen ab und macht Vergleiche mit den Dimensionen mechanischer Grössen.

Partant du principe de l'équivalence de l'énergie sous différentes formes l'auteur détermine d'une manière simple les dimensions des grandeurs électriques et magnétiques les plus usitées et les compare aux dimensions des grandeurs mécaniques.

Es ist durchaus nicht immer leicht, sich die Dimensionen elektrischer und magnetischer Grössen dem Gedächtnis so einzuprägen, dass sie jederzeit prompt und ohne ein Nachschlagen der Tabellen zur Verfügung stehen. Für den reinen Mechaniker besteht diese Schwierigkeit nicht, weil er sich anhand von beinahe greifbaren Vorstellungen über die Dimension einer Grösse wie z. B. der Kraft klar werden kann. Diese Klarheit ist zwar auch nur eine scheinbare, denn über das wirkliche Wesen einer mechanischen Kraft wissen wir ebenso wenig wie über dasjenige der elektrischen, aber durch den Vergleich mit unserer physischen Muskelkraft machen wir uns ein plausibles Bild von der „Kraft“, welches uns zu einer überaus geläufigen Gewohnheit geworden ist. Dieser Vergleich wäre ja schliesslich auch im Gebiete der elektrischen Erscheinungen möglich und wird sogar in der Tat oft benutzt: Man leitet z. B. die Dimension und Einheitsquantität einer Elektrizitätsmenge ab aus der Anziehungskraft, welche diese Menge auf eine zweite gleicher Grösse im Abstand von 1 cm ausübt. Diese Anziehungskraft ist ein Dyn, d. h. eine rein mechanische Kraft, welche wir also unbedenklich in Verbindung mit elektrischen Mengen bringen, wie wenn dieselben körperliche Massen wären. Die Newtonsche Definition der Kraft basiert aber auf körperlichen Massen und es frägt sich, ob nicht die Vermischung von mechanischer Kraft und elektrischen Mengen der Ursprung manches begrifflichen Missverständnisses ist. Um dies zu verdeutlichen, wollen wir unsere oben angeführte Messung der Elektrizitätsmenge nicht an der Luft, sondern innerhalb eines beliebigen Dielektrikums, beispielsweise Öl, vornehmen. Dann ist aber die Anziehungskraft im Abstand 1 cm für dieselbe Elektrizitätsmenge, wie oben, sehr verschieden von 1 Dyn. Das ist die bekannte, zuerst von Faraday festgestellte Tatsache, dass die Anziehungskraft von der Umgebung der anziehenden Mengen ebensowohl abhängt wie von diesen Mengen selbst. Wir haben nun in der Folge auch auf den mechanischen Gebieten den Glauben verloren an die Existenz solcher Kräfte, welche von einer Menge unvermittelt über eine gewisse Distanz hinweg auf eine andere Menge einwirken sollen und suchen uns ohne Fernkräfte zu behelfen.