

**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

**Herausgeber:** Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung

**Band:** 1 (1923)

**Heft:** 5

**Artikel:** Festigkeits-Versuche an Holzgestängen : Bericht an die Obertelegraphendirektion [Schluss]

**Autor:** Häusler, W.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-873083>

#### **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:** 22.02.2026

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

Jahrgang | I  
Année |  
Anno |

Nº 5

Bern, den  
Berne, le  
Berna, il

1. X. 1923

# Technische Mitteilungen

der schweizerischen Telegraphen- und Telephon-Verwaltung

## Bulletin Technique

de l'Administration des  
Télégraphes et des Téléphones suisses



## Bollettino Tecnico

dell' Amministrazione dei  
Telegrafi e dei Telefoni svizzeri

Herausgegeben im Auftrage von  
der Obertelegraphendirektion

Publié par ordre de la  
Direction Générale des Télégraphes

Pubblicato per ordine della  
Direzione Generale dei Telegrafi

### Festigkeits-Versuche an Holzgestängen.

(Bericht an die Obertelegraphendirektion.)

Von W. Häusler, Bern.

(Schluss.)

#### B. Versuchs-Serie in Arlesheim.

Nachdem die in Ostermundigen mit möglichst vollkommener Stangen-Einspannung ausgeführten Versuche über die Wirkung der gekuppelten und der mit Kreuzen versteiften Stangen nähere Aufklärung gebracht haben, soll im folgenden über die in Arlesheim vorgenommenen Festigkeitsproben nur ganz allgemein berichtet werden. Die Versuchsanordnungen und die beobachteten Instrumentangaben sind aus nachstehenden Skizzen und Tabellen ersichtlich.

Eine Trommelteilung bei Klinometer Nr. I  
= 3,148"

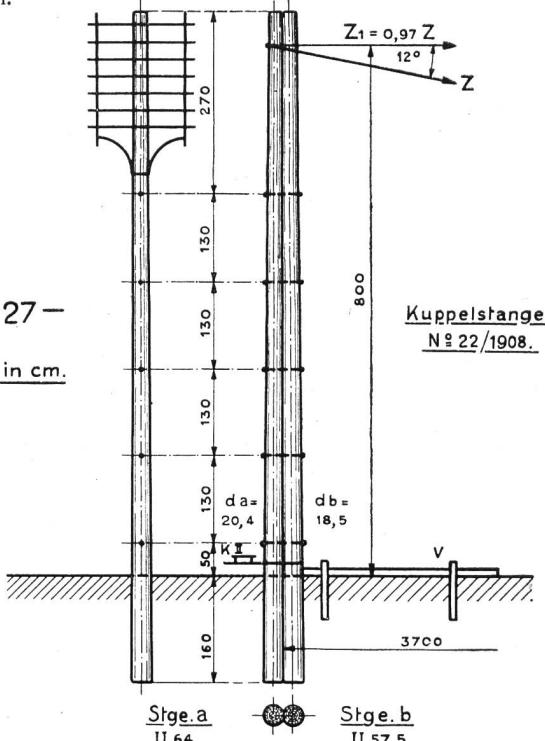
Eine Trommelteilung bei Klinometer Nr. II  
= 4,17"

Eine rechnungsmässige Untersuchung lohnt sich nicht, da die Ausbiegungen trotz der vorzunehmenden Korrekturen vermittelst der Klinometerangaben zu ungenau werden. Die Querschnittsverjüngung kann auch nur angenähert berücksichtigt werden, weil die Stangendurchmesser am Kopfende nicht gemessen wurden. Die zuverlässigsten Resultate werden sich durch direkten Vergleich der Bruchbelastungen er-

#### Versuch Nr. 1a

—Fig. 27—

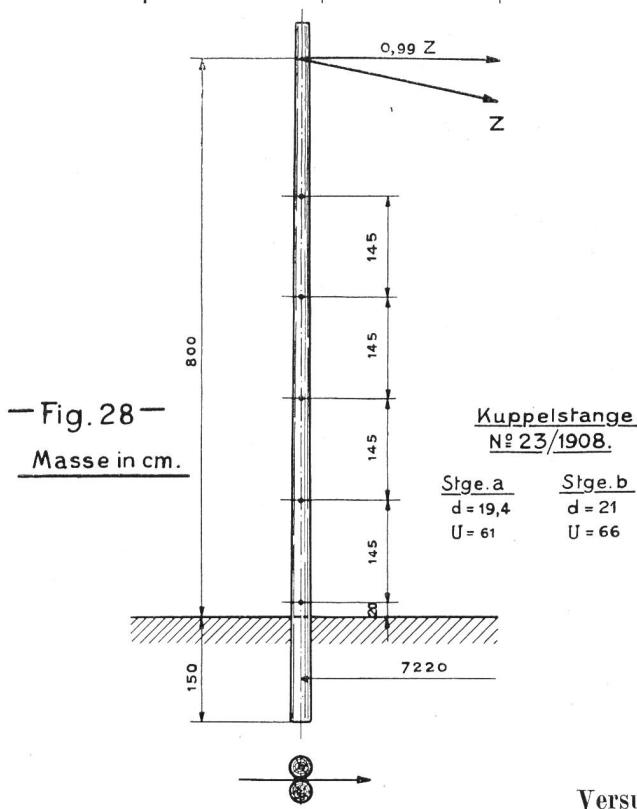
Masse in cm.



| Zug am<br>Dynamom.<br>kg | Ausbiegung<br>im Angriffspkt.<br>von Z in cm | Verschiebung<br>an Bodenober-<br>fläche in mm<br>→ | Klinometer II<br>Teilstr. der<br>Einstellung | Bemerkungen  |
|--------------------------|--|--|--|--|
| 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                    | 164  | 85   |  |  |
| 2×500                    | 182  | 95   |  | Wegen Bruchgefahr Beob-<br>achtung eingestellt.                |
| 2×525                    | 201  | 100  |  |  |
| 2×550                    | 222  | —  |  | Bruch a. d. Einspannstelle.<br>Holz nicht mehr ganz<br>gesund. |

## Versuch Nr. 2a

| Zug am Dynamom. kg | Ausbiegung im Angriffspkt. von Z in cm | Verschiebung an Erdoberfläche in mm | Klinometer II Trommelteilung | Bemerkungen             |
|--------------------|--|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 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                | 320                                    | —                                   | —                            | Bruch an Einspannstelle |



—Fig. 28—

Masse in cm.

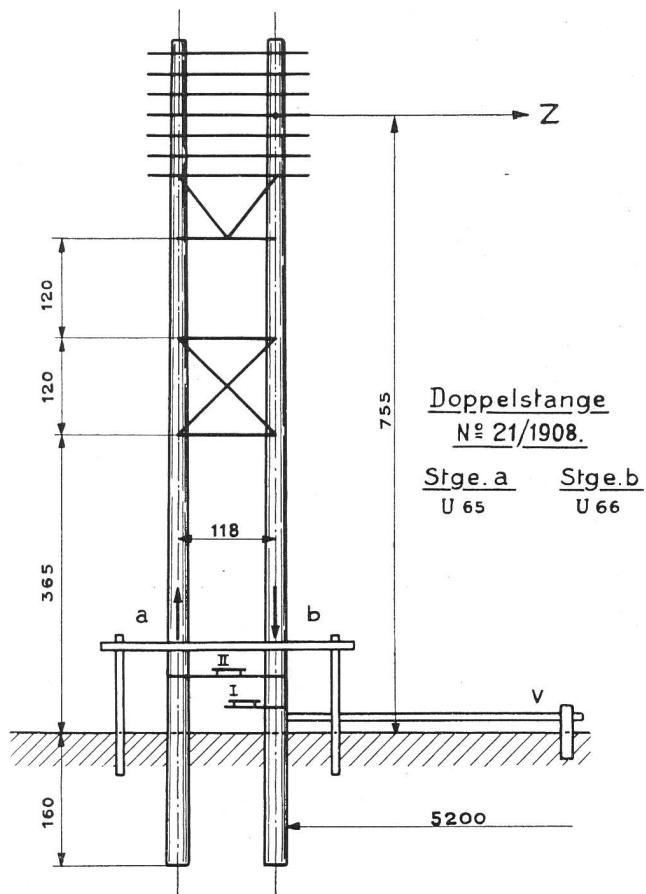
geben, da die Stangendimensionen am Erdboden nicht allzugroße Unterschiede aufweisen. Aus Versuch Nr. 2 a ergibt sich die Bruchbelastung pro Stange zu  $\frac{975}{2} = 487$  kg; somit wird der Verstärkungsfaktor für Kuppelstange Nr. 22 gleich  $\frac{2.535}{487} = 2,2$  und derjenige für Tragwerk Nr. 18 gleich  $\frac{1100}{487} = 2,04$ .

Stützpunkt Nr. 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 Nr. 5 a geht hervor, dass die Eingrabetiefe mit der Gestängsfestigkeit im Einklang sein muss, wenn der volle Widerstand der Tragwerke ausgenutzt werden soll.

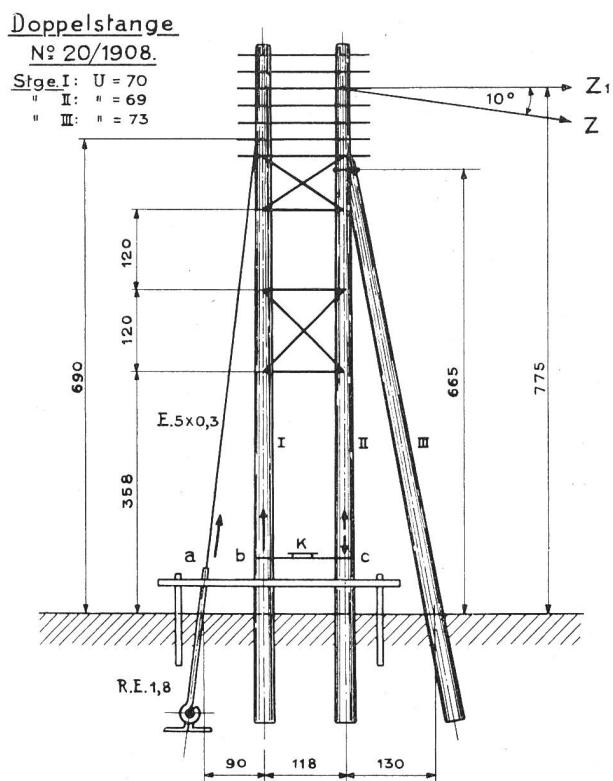
Aus einem Vergleich der Versuche 3 a und 7 a ergibt sich die Notwendigkeit, der Bodenbefestigung bei verstieften Doppelstangen erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Bei Doppelstange Nr. 21 wird die Zugstange, infolge ungenügenden Bodenwiderstandes, durch die Wirkungsweise der Kreuzverstrebung

## Versuch Nr. 3 a

| Zug am Dynamom. kg | Ausbiegung im Angriffspunkt von Z in cm | Verschiebung am Boden mm | Klinometer Trommelteilung |        | Stangenverschiebung a mm | Stangenverschiebung b mm | Bemerkungen                       |
|--------------------|---|--------------------------|---------------------------|--------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
|                    |   |                          | Nr. I                     | Nr. II |                          |                          |                                   |
| 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                       |                                   |
| 2 × 450            | 300                                     | —                        | —                         | —      | —                        | —                        | Stange a gibt nach Bruch Stange b |



—Fig. 29—

Masse in cm.

—Fig. 30—

Masse in cm.

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

## Versuch Nr. 4 a

| Zug am<br>Dynamom.<br>kg | Ausbiegung<br>im Angriffs-<br>punkt von Z<br>in cm | Verschiebungen |         |         | Klinometer<br>Trommel-<br>teilung<br>I | Bemerkungen   |
|--------------------------|--|----------------|---------|---------|--|---|
|                          |  | a<br>mm        | b<br>mm | c<br>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              | 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                  | —  | —              | —       | —       | —                                      | Flaschenzug beschädigt<br>Strebenschrauben abgescherzt. |
| 2× 1450                  | —  | —              | —       | —       | —                                      | Strebe in $\frac{1}{3}$ H. geknickt.                    |
| 2× 1500                  | —  | —              | —       | —       | —                                      |   |

## Versuch Nr. 5 a.

| Zug am<br>Dynamometer<br>kg | Ausbiegung im<br>Angriffspunkt<br>von Z in<br>cm | Verschiebung<br>am Boden<br>mm<br>→ | Klinometer II<br>Trommelteilung | Bemerkungen                              |
|-----------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|--|
| 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                         | 162  | 145                                 | 4000                            | Stangen-Ausbieg. gering; Erde gibt nach. |
| 700                         | 190,5  | 172                                 | 1293                            |  |
| 750                         | 232  | 205                                 | 1700                            |  |
| 800                         | 285  | 255                                 | 2860                            |  |
| 850                         | 329  | 289                                 | 2070                            |  |
| 900                         | 403  | 341                                 | 4000                            | Stange ohne Bruch ausgerissen.           |

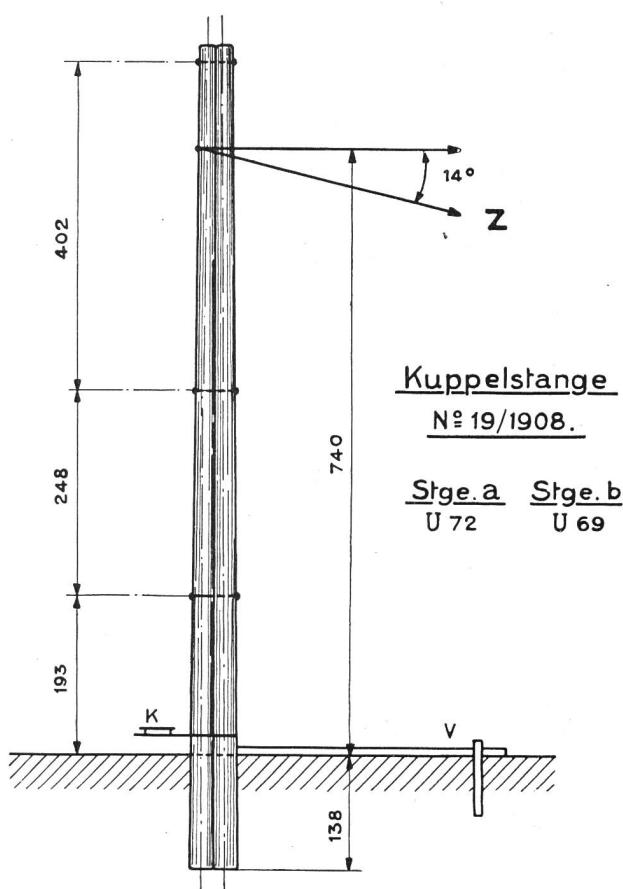
klar, dass im Boden nicht einfach die gleiche Befestigung genügt, die für einfache Stangen als notwendig erachtet wird, wenn über Boden Gestängsverstärkungen angebracht werden müssen, um eine bestimmte Drahtvermehrung gegenüber 2 einfachen Stangen zu erhalten. Als einfachstes Mittel zur Erhöhung des Einspannwiderstandes käme eine grössere Eingrabtiefe in Frage an Stelle von Querriegeln etc.

## C. Zweite Versuchs-Serie 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,

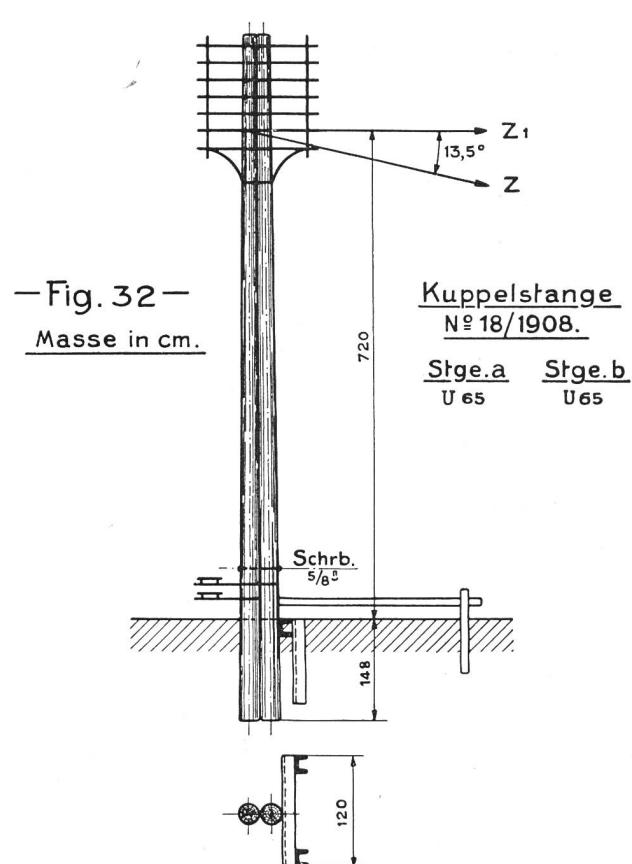
## Versuch Nr. 6 a.

| Zug am<br>Dynamometer<br>kg | Ausbiegung<br>im Angriffs-<br>punkt von Z<br>in<br>cm | Ver-<br>schiebung<br>am Boden<br>in<br>mm | Klinom. II<br>Trommel-<br>teilung | Klinom. I<br>Trommel-<br>teilung | Bemerkungen |
|-----------------------------|---|---|-----------------------------------|----------------------------------|-------------|
| 250                         | 16  | 5   | 320                               | 725                              |             |
| 300                         | 19,5  | 7   | 90                                | 250                              |             |
| 350                         | 23,5  | 9   | 145                               | 310                              |             |
| 400                         | 31  | 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                        | —   | —   |                                   |                                  | Bruch       |



—Fig. 31— Masse in cm.

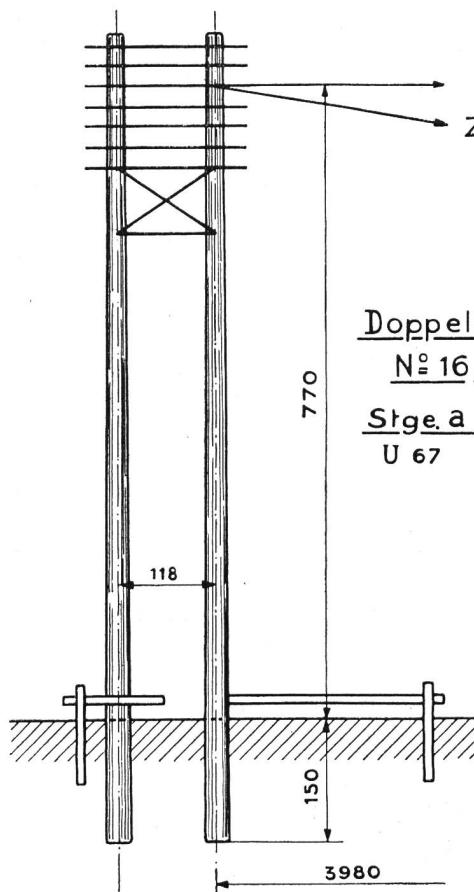
weil diese Arbeit genau und fachmännisch ausgeführt werden muss und daher teuer zu stehen kommt. Ein weiterer Nachteil ist die Lockerung der Dübelverbindungen infolge Schwindens des Stangenholzes.



Um die grossen Vorräte der Telegraphenverwaltung an Kuppelstangen-Traversen 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 Kuppel-Verbindungen mit vergrössertem Stangenabstand dienten gusseiserne

**Versuch Nr. 7 a.**

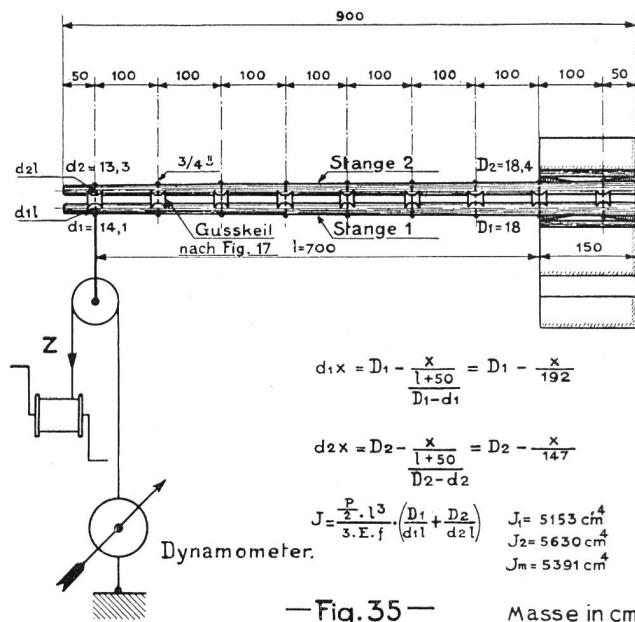
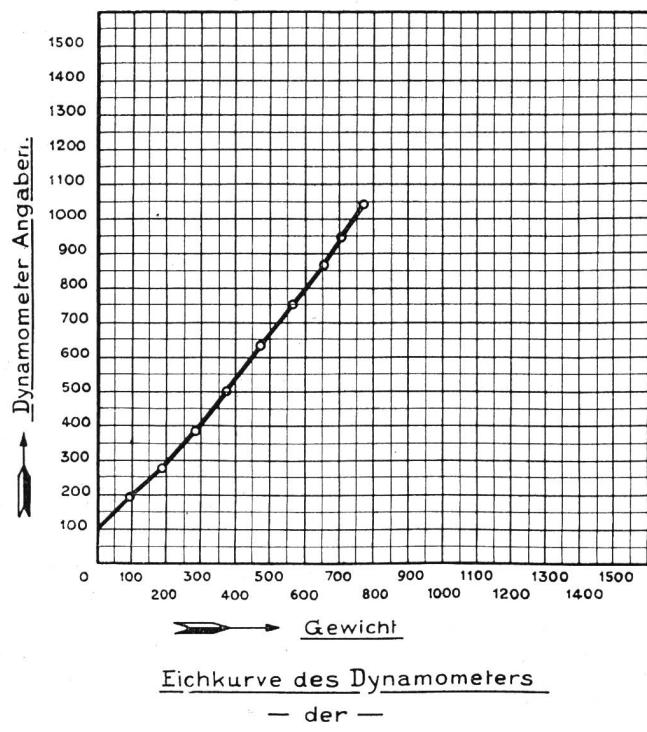
| Zug am<br>Dynamometer<br>kg | Ausbiegung im<br>Angriffspunkt<br>von Z in<br>cm | Verschiebung<br>am Boden<br>mm | Hebung von<br>Stange a<br>mm | Bemerkungen                  |
|-----------------------------|--|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 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                         | 102  | 43                             | 17                           | Abscherung der Bolzen bei C. |
| 900                         | 112  | 48                             | 10                           |                              |
| 950                         | 128  | 55                             | 10                           |                              |
| 1000                        | 140  | 62                             | —                            |                              |
| 1050                        | —  | —                              | —                            | Bruch.                       |
| 1050                        | —  | —                              | —                            |                              |



—Fig. 33—

Masse in cm.

—Fig. 34—



—Fig. 35—

Masse in cm.

Keile mit scharfkantigen Rippen nach Fig. 17, welche zwischen die beiden zu kuppelnden Stangen gelegt wurden.<sup>1)</sup>

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 Dynamometer-Angaben sind nach der Eichkurve in Fig. 34 zu korrigieren.

In folgenden Tabellen sind die gemessenen und beobachteten Größen eingetragen, sowie die betreffenden Tragwerksskizzen beigefügt.

#### Versuch Nr. 10.

Dieser Versuch wurde ausgeführt an einer Kuppelstange, aus zwei Weisstannen bestehend, mit 9 Gusskeilen und 9 Schrauben. (Fig. 35).

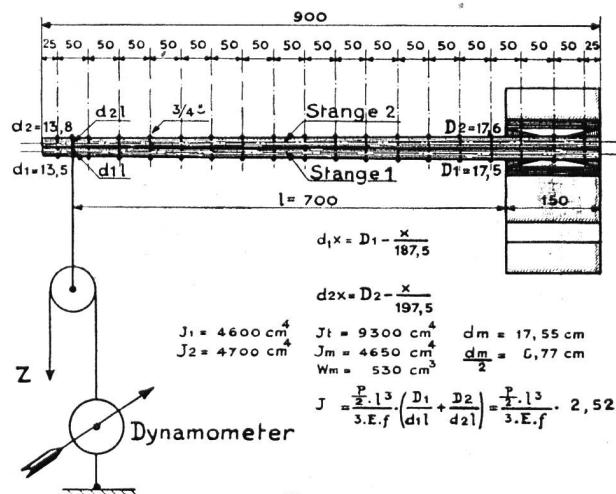
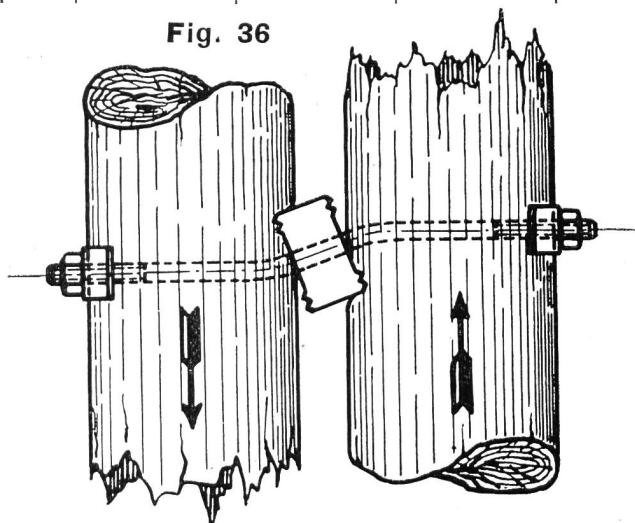
Diese Versuche ergeben keine bessern Resultate als die früheren. Nach den berechneten Verstärkungsfaktoren ist eine grössere Verstärkung nicht nachzuweisen. Vergleicht man die Zugkraft, die den Bruch herbeiföhrt, in den Versuchen 10 bis 12 mit derjenigen einer einfachen Stange, so ergibt sich für Kuppelstange Nr. 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-Angaben kann geschlossen werden, dass mit gewöhnlicher Verschraubung der beiden zu kuppelnden Stangen eine Verstärkung des Widerstandes nicht zu erreichen ist.

<sup>1)</sup> Siehe T. M. Nr. 4, Seite 76.

| Nr. | Zug am Dynamometer kg | Ausbiegung cm | Verschiebung am Kopfende mm | Verschiebung am Fussende mm | Korrigierter Zug am Dynamometer kg | Stangenzug kg | Bemerkungen  |
|-----|-----------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---------------|--|
| 1   | 150                   | 16,4          | 0                           | —                           | 50                                 | 100           |  |
| 2   | 200                   | 24,1          | 0                           | —                           | 100                                | 200           |  |
| 3   | 250                   | 36            | 0                           | —                           | 155                                | 310           |  |
| 4   | 300                   | 44,5          | 0                           | —                           | 205                                | 410           |  |
| 5   | 110                   | 8,5           | 0                           | —                           | 0                                  | 0             |  |
| 6   | 300                   | 48            | 0                           | —                           | 205                                | 410           |  |
| 7   | 350                   | 56,5          | 2                           | 6                           | 255                                | 510           |  |
| 8   | 400                   | 68,5          | 3                           | —                           | 295                                | 590           |  |
| 9   | 450                   | 83,5          | 4                           | —                           | 335                                | 670           |  |
| 10  | 500                   | 95,3          | 6                           | —                           | 375                                | 750           |  |
| 11  | 540                   | 110,5         | 6                           | —                           | 405                                | 810           |  |
| 12  | 550                   | 122           | 6                           | —                           | 410                                | 820           |  |
| 13  | 550                   | —             | —                           | —                           | 410                                | 820           |  |
| 14  | 530                   | 162           | —                           | —                           | 395                                | 790           | Die äussersten Fasern br. Vollständiger Bruch von Stange Nr. 2 an Einspannstelle |

Fig. 36



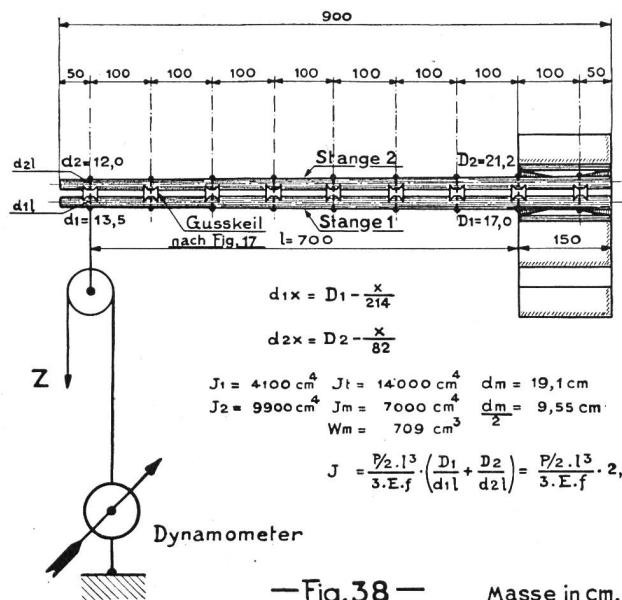
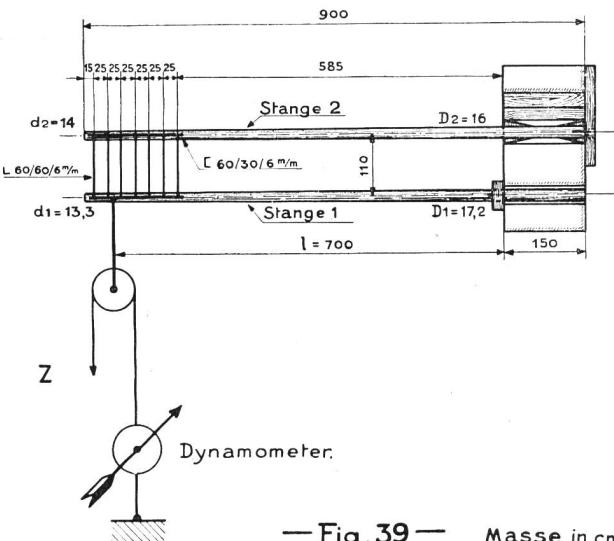
—Fig. 37—

Masse in cm.

Berechnet

| Nr. | Korrigierter Krafthebelarm cm | Trägheitsmoment cm <sup>4</sup> | Vergrösserungsfaktor d. Trägheitsmomentes einer einzeln. Stange | Abstand der neutralen Achse cm | Abstand der äussersten Faser-schicht cm | Widerstands-moment cm <sup>3</sup> | Vergrösserungsfaktor des Widerstands-momentes einer einzeln. Stange | Bieguungs-moment cm/kg | Spannung kg/cm <sup>2</sup> | Bemerkungen                                      |
|-----|-------------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------|---|------------------------------------|---|------------------------|-----------------------------|--|
| 1   | 700                           | 9050                            | 1,68  | imag.                          | —                                       | —                                  | —   | 70000                  | —                           |  |
| 2   | 700                           | 12400                           | 2,3   | 1,76                           | 10,86                                   | 1142                               | 1,93  | 140000                 | 122                         |  |
| 3   | 699                           | 12800                           | 2,38  | 1,97                           | 11,07                                   | 1159                               | 1,96  | 216500                 | 187                         |  |
| 4   | 698,5                         | 13700                           | 2,55  | 2,36                           | 11,46                                   | 1196                               | 2,03  | 286000                 | 239                         | P. Grenze  |
| 5   | 700                           | —                               | —   | —                              | —                                       | —                                  | —   | —                      | —                           |  |
| 6   | 698                           | 12700                           | 2,36  | 1,92                           | 11,02                                   | 1150                               | 1,95  | 286000                 | 248                         |  |
| 7   | 698                           | 13400                           | 2,49  | 2,26                           | 11,36                                   | 1180                               | 2,00  | 356000                 | 302                         |  |
| 8   | 697                           | 12800                           | 2,38  | 1,97                           | 11,07                                   | 1158                               | 1,96  | 411000                 | 356                         |  |
| 9   | 695                           | 11900                           | 2,2   | 1,64                           | 10,74                                   | 1108                               | 1,87  | 466000                 | 421                         | Diese Spannungen korrigieren sich                |
| 10  | 694                           | 11700                           | 2,18  | 1,34                           | 10,44                                   | 1120                               | 1,90  | 520000                 | 465                         | nach dem am                                      |
| 11  | 691                           | 10900                           | 2,02  | 0,55                           | 9,65                                    | 1130                               | 1,92  | 560000                 | 495                         | Schluss ermittelten mittlern Verstärkungs-faktor |
| 12  | 689                           | 10000                           | 1,86  | imag.                          | —                                       | —                                  | —   | 565000                 | —                           |  |
| 13  | 689                           | —                               | —   | —                              | —                                       | —                                  | —   | 565000                 | —                           |  |
| 14  | 681                           | —                               | —   | —                              | —                                       | —                                  | —   | 540000                 | —                           |  |

Die bleibenden Deformationen sind aus Fig. 36 ersichtlich.

—Fig. 38— Masse in cm.—Fig. 39— Masse in cm.

## Versuch Nr. 11.

Kuppelstange mit 18 gleichmässig verteilten Schrauben. (2 Rottannen). S. Fig. 37.

| Nr. | Zug am Dynamometer<br>kg | Ausbiegung<br>in<br>em | Verschiebung<br>am<br>Kopfende<br>mm | Verschiebung<br>am<br>Fussende<br>mm | Korrig. Zug am Dynamometer<br>kg | Stangenzug<br>in<br>kg | Bemerkungen                            |
|-----|--------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------|--|
| 1   | 150                      | 10,2                   | 0                                    | 0                                    | 50                               | 100                    |  |
| 2   | 200                      | 17,5                   | 0                                    | 5                                    | 100                              | 200                    |  |
| 3   | 250                      | 26,7                   | 0                                    | 6                                    | 155                              | 310                    |  |
| 4   | 300                      | 34,5                   | 0                                    | 6                                    | 205                              | 410                    |  |
| 5   | 110                      | 7,0                    | 0                                    | 2                                    | 0                                | 0                      |  |
| 6   | 300                      | 38,0                   | 0                                    | 6                                    | 205                              | 410                    |  |
| 7   | 350                      | 46,5                   | 0                                    | 9                                    | 255                              | 510                    |  |
| 8   | 400                      | 57,5                   | 2                                    | 12                                   | 295                              | 590                    |  |
| 9   | 470                      | 67,0                   | 2                                    | 16                                   | 350                              | 700                    |  |
| 10  | 500                      | 90,0                   | 2                                    | 17                                   | 375                              | 750                    |  |
| 11  | 550                      | 103,5                  | 2                                    | 19                                   | 410                              | 820                    |  |
| 12  | 570                      | —                      | —                                    | —                                    | 420                              | 840                    | Einspannung ausgerissen                |
| 13  | 150                      | 19,5                   | 0                                    | 1                                    | 50                               | 100                    |  |
| 14  | 200                      | 31,5                   | 0                                    | 2                                    | 100                              | 200                    |  |
| 15  | 250                      | 37,4                   | 0                                    | —                                    | 155                              | 310                    |  |
| 16  | 300                      | 50,5                   | 0                                    | 4                                    | 205                              | 410                    | Einspannung ausgerissen                |
| 17  | 150                      | 19,5                   | 0                                    | —                                    | 50                               | 100                    |  |
| 18  | 200                      | 30,2                   | 0                                    | —                                    | 100                              | 200                    |  |
| 19  | 250                      | 41,6                   | 0                                    | 9                                    | 155                              | 310                    |  |
| 20  | 300                      | 50,0                   | 0                                    | —                                    | 205                              | 410                    |  |
| 21  | 350                      | 60,0                   | 0                                    | 12                                   | 255                              | 510                    |  |
| 22  | 400                      | 72,0                   | 2                                    | —                                    | 295                              | 590                    |  |
| 23  | 450                      | 81,5                   | 2                                    | 14                                   | 335                              | 670                    |  |
| 24  | 500                      | 92,0                   | 2                                    | 16                                   | 375                              | 750                    |  |
| 25  | 550                      | 105,0                  | 3                                    | —                                    | 410                              | 820                    |  |
| 26  | 580                      | 117,0                  | 3                                    | 20                                   | 435                              | 870                    |  |
| 27  | 610                      | 130,0                  | 4                                    | —                                    | 455                              | 910                    |  |
| 28  | 650                      | 142,0                  | 4                                    | 24                                   | 485                              | 970                    |  |
| 29  | 650                      | 154,5                  | —                                    | —                                    | 485                              | 970                    | Bruch                                  |
| 30  | 600                      | 166,0                  | —                                    | —                                    | 450                              | 900                    | Bruch beider Stangen an Einspannstelle |

## Berechnet

| Nr. | Korrigierter Krafthebelarm cm | Trägheitsmoment cm <sup>4</sup> | Vergrösserungsfaktor d. Trägheitsmomentes einer einzeln. Stange | Abstand der neutralen Achse cm | Abstand der äussersten Faserschicht cm | Widerstands-moment cm <sup>3</sup> | Vergrösserungsfaktor des Widerstands-momentes einer einzeln. Stange | Biegungs-moment em/kg | Spannung kg/cm <sup>2</sup> | Bemerkungen                   |
|-----|-------------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------|--|------------------------------------|---|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1   | 700                           | 14100                           | 3,03  | 3,14                           | 11,9                                   | 1185                               | 2,24  | 70000                 | 59                          |                               |
| 2   | 700                           | 16500                           | 3,55  | 3,86                           | 12,63                                  | 1305                               | 2,46  | 140000                | 107                         |                               |
| 3   | 700                           | 16700                           | 3,58  | 3,90                           | 12,67                                  | 1320                               | 2,49  | 217000                | 164                         |                               |
| 4   | 699                           | 17000                           | 3,66  | 3,98                           | 12,77                                  | 1330                               | 2,50  | 286500                | 216                         | P. Grenze                     |
| 5   | 700                           | —                               | —   | —                              | —                                      | —                                  | —   | —                     | —                           |                               |
| 6   | 699                           | 15500                           | 3,34  | 3,57                           | 12,34                                  | 1255                               | 2,37  | 286500                | 228                         |                               |
| 7   | 698                           | 15600                           | 3,36  | 3,60                           | 12,37                                  | 1262                               | 2,38  | 356000                | 282                         |                               |
| 8   | 698                           | 14600                           | 3,14  | 3,30                           | 12,02                                  | 1210                               | 2,28  | 412000                | 340                         |                               |
| 9   | 697                           | 14800                           | 3,18  | 3,36                           | 12,13                                  | 1220                               | 2,30  | 488000                | 400                         | Diese Spannungen              |
| 10  | 694                           | 11700                           | 2,52  | 2,22                           | 10,99                                  | 1065                               | 2,01  | 520000                | 488                         | korrigieren sich              |
| 11  | 693                           | 11100                           | 2,39  | 1,91                           | 10,68                                  | 950                                | 1,80  | 569000                | 600                         | nach dem am                   |
| 12  | —                             | —                               | —   | —                              | —                                      | —                                  | —   | —                     | —                           | Schluss ermittelten mittleren |
| 13  | 700                           | 7400                            | 1,6   | imag.                          | —                                      | —                                  | —   | 70000                 | —                           | Verstärkungsfaktor            |
| 14  | 700                           | 9150                            | 1,96  | imag.                          | —                                      | —                                  | —   | 140000                | —                           |                               |
| 15  | 699                           | 11900                           | 2,56  | 2,31                           | 11,08                                  | 1075                               | 2,03  | 217000                | 202                         |                               |
| 16  | 698                           | 11600                           | 2,5   | 2,18                           | 10,95                                  | 1060                               | 2,00  | 286500                | 270                         |                               |
| 17  | 700                           | 7400                            | 1,6   | imag.                          | —                                      | —                                  | —   | 70000                 | —                           |                               |
| 18  | 700                           | 9100                            | 1,9   | imag.                          | —                                      | —                                  | —   | 140000                | —                           |                               |
| 19  | 698                           | 10600                           | 2,28  | 1,63                           | 10,40                                  | 1020                               | 1,93  | 217000                | 213                         |                               |
| 20  | 698                           | 11700                           | 2,5   | 2,22                           | 10,99                                  | 1062                               | 2,00  | 286500                | 270                         |                               |
| 21  | 698                           | 12100                           | 2,6   | 2,40                           | 11,17                                  | 1085                               | 2,05  | 356000                | 328                         |                               |
| 22  | 696                           | 11600                           | 2,5   | 2,18                           | 10,95                                  | 1060                               | 2,00  | 412000                | 389                         |                               |
| 23  | 695                           | 11600                           | 2,5   | 2,18                           | 10,95                                  | 1060                               | 2,00  | 466000                | 440                         |                               |
| 24  | 694                           | 11400                           | 2,45  | 2,06                           | 10,83                                  | 1050                               | 1,98  | 520000                | 495                         |                               |
| 25  | 693                           | 10900                           | 2,34  | 1,8                            | 10,57                                  | 1030                               | 1,94  | 569000                | 550                         |                               |
| 26  | 690                           | 10250                           | 2,2   | 1,4                            | 10,17                                  | 1008                               | 1,90  | 600000                | 595                         |                               |
| 27  | 688                           | 9550                            | 2,05  | 1,12                           | 9,89                                   | 965                                | 1,82  | 626000                | 650                         |                               |
| 28  | 685                           | 9200                            | 1,95  | imag.                          | —                                      | —                                  | —   | 664000                | —                           |                               |
| 29  | 683                           | 8400                            | 1,8   | imag.                          | —                                      | —                                  | —   | 663000                | —                           |                               |
| 30  | 680                           | —                               | —   | —                              | —                                      | —                                  | —   | —                     | —                           |                               |

## Versuch Nr. 12.

Kuppelstange mit 9 Gusskeilen und 9 Schrauben (s. Fig. 38).

| Nr. | Zug am Dynamometer kg | Ausbiegung cm | Verschiebung am Kopfende mm | Verschiebung am Fussende mm | Korrigierter Zug am Dynamometer kg | Stangenzug kg | Bemerkungen             |
|-----|-----------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---------------|-------------------------|
| 1   | 150                   | 8,0           | 0                           | 0                           | 50                                 | 100           |                         |
| 2   | 200                   | 20,5          | 0                           | 6                           | 100                                | 200           |                         |
| 3   | 250                   | 30,0          | 2                           | 9                           | 155                                | 310           |                         |
| 4   | 300                   | 39,5          | 2                           | —                           | 205                                | 410           |                         |
| 5   | 100                   | 6,0           | 0                           | —                           | 0                                  | 0             |                         |
| 6   | 300                   | 41,5          | 2                           | 13                          | 205                                | 410           |                         |
| 7   | 350                   | 51,5          | 2                           | —                           | 255                                | 510           |                         |
| 8   | 400                   | —             | —                           | —                           | 295                                | 590           | Einspannung ausgerissen |
| 9   | 150                   | 16,5          | 2                           | —                           | 50                                 | 100           |                         |
| 10  | 210                   | 23,2          | 2                           | 4                           | 105                                | 200           |                         |
| 11  | 250                   | 31,0          | 2                           | —                           | 155                                | 310           |                         |
| 12  | 310                   | 36,5          | 2                           | 7                           | 215                                | 430           |                         |
| 13  | 350                   | 41,5          | 3                           | —                           | 255                                | 510           |                         |
| 14  | 400                   | 48,5          | 4                           | 10                          | 295                                | 590           |                         |
| 15  | 450                   | 59,7          | 4,5                         | —                           | 335                                | 670           |                         |
| 16  | 475                   | 62,8          | 5                           | 12                          | 355                                | 710           |                         |
| 17  | 500                   | 68,5          | 5                           | —                           | 375                                | 750           |                         |

| Nr. | Zug am Dynamometer kg | Ausbiegung cm | Verschiebung am Kopfende mm | Verschiebung am Fussende mm | Korrigierter Zug am Dynamometer kg | Stangenzug kg | Bemerkungen             |
|-----|-----------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---------------|-------------------------|
| 18  | 525                   | 77,0          | 5,5                         | 16                          | 395                                | 790           |                         |
| 19  | 550                   | 83,5          | 6                           | —                           | 410                                | 820           |                         |
| 20  | 575                   | 93,0          | 7                           | —                           | 430                                | 860           |                         |
| 21  | 610                   | 104,0         | 9                           | 21                          | 455                                | 910           |                         |
| 22  | 640                   | 112,0         | 10                          | —                           | 480                                | 960           |                         |
| 23  | 650                   | 128,5         | 11                          | 28                          | 485                                | 970           |                         |
| 24  | 650                   | 140,0         | —                           | —                           | 485                                | 970           | Bruch an Einspannstelle |

Berechnet

| Nr. | Korrigierter Krafthebelarm cm | Trägheitsmoment cm <sup>4</sup> | Vergrösserungsfaktor d. Trägheitsmomentes einer einzeln. Stange | Abstand der neutralen Achse cm | Abstand der äussersten Faserschicht cm | Widerstands-moment cm <sup>3</sup> | Vergrösserungsfaktor des Widerstands-momentes einer einzeln. Stange | Biegemoment cm/kg | Spannung kg/cm <sup>2</sup> | Bemerkungen  |
|-----|-------------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------|--|------------------------------------|---|-------------------|-----------------------------|--|
| 1   | 700                           | 20700                           | 2,96  | 3,64                           | 13,19                                  | 1570                               | 2,2   | 70000             | 45                          |  |
| 2   | 700                           | 16100                           | 3,3   | 2,28                           | 11,83                                  | 1360                               | 1,92  | 140000            | 103                         |  |
| 3   | 700                           | 17100                           | 2,44  | 2,64                           | 12,19                                  | 1405                               | 1,98  | 217000            | 154                         |  |
| 4   | 699                           | 17100                           | 2,44  | 2,64                           | 12,19                                  | 1405                               | 1,98  | 286000            | 204                         |  |
| 5   | 700                           | —                               | —   | —                              | —                                      | —                                  | —   | —                 | —                           | entlastet  |
| 6   | 698                           | 16300                           | 2,32  | 2,36                           | 11,91                                  | 1370                               | 1,94  | 286000            | 208                         | P. Grenze  |
| 7   | 698                           | 16300                           | 2,32  | 2,36                           | 11,91                                  | 1370                               | 1,94  | 356000            | 260                         |  |
| 8   | 700                           | —                               | —   | —                              | —                                      | —                                  | —   | —                 | —                           |  |
| 9   | 700                           | 10000                           | 1,43  | imag.                          | —                                      | —                                  | —   | 70000             | —                           |  |
| 10  | 700                           | 15000                           | 2,14  | 1,81                           | 11,36                                  | 1320                               | 1,86  | 147000            | 111                         |  |
| 11  | 700                           | 16600                           | 2,37  | 2,45                           | 12,00                                  | 1380                               | 1,95  | 217000            | 157                         |  |
| 12  | 699                           | 19400                           | 2,77  | 3,32                           | 12,87                                  | 1510                               | 2,14  | 300000            | 198                         |  |
| 13  | 698                           | 20200                           | 2,90  | 3,52                           | 13,07                                  | 1545                               | 2,18  | 356000            | 230                         |  |
| 14  | 698                           | 20000                           | 2,86  | 3,46                           | 13,01                                  | 1540                               | 2,17  | 411000            | 267                         |  |
| 15  | 698                           | 18400                           | 2,63  | 3,02                           | 12,57                                  | 1465                               | 2,07  | 468000            | 320                         | Diese Spannungen korrigieren sich nach dem am Schlusse ermittelten mittleren Verstärkungsfaktor. |
| 16  | 697                           | 18500                           | 2,64  | 3,06                           | 12,61                                  | 1467                               | 2,07  | 495000            | 338                         |  |
| 17  | 696                           | 17800                           | 2,54  | 2,86                           | 12,41                                  | 1430                               | 2,02  | 522000            | 365                         |  |
| 18  | 696                           | 16700                           | 2,38  | 2,51                           | 12,06                                  | 1385                               | 1,96  | 550000            | 398                         |  |
| 19  | 695                           | 15900                           | 2,27  | 2,21                           | 11,76                                  | 1350                               | 1,90  | 570000            | 422                         |  |
| 20  | 694                           | 14900                           | 2,13  | 1,78                           | 11,33                                  | 1315                               | 1,86  | 596000            | 454                         |  |
| 21  | 693                           | 14100                           | 2,02  | 1,34                           | 10,89                                  | 1300                               | 1,83  | 630000            | 485                         |  |
| 22  | 690                           | 13600                           | 1,95  | imag.                          | —                                      | —                                  | —   | 663000            | —                           |  |
| 23  | 688                           | 11800                           | 1,69  | —                              | —                                      | —                                  | —   | 667000            | —                           |  |
| 24  | 685                           | 10700                           | 1,53  | —                              | —                                      | —                                  | —   | 664000            | —                           |  |

## Versuch Nr. 13. Doppelstange mit Traversengerüst (s. Fig. 39).

| Nr. | Zug am Dynamometer kg | Ausbiegung in cm | Korrigierter Zug am Dynamometer kg | Stangen-zug kg | Bemerkungen                           |
|-----|-----------------------|------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------------------|
| 1   | 150                   | 12,0             | 50                                 | 100            |                                       |
| 2   | 200                   | 24,5             | 100                                | 200            |                                       |
| 3   | 250                   | 35,5             | 155                                | 310            |                                       |
| 4   | 300                   | 41,0             | 205                                | 410            |                                       |
| 5   | 100                   | 10,5             | 0                                  | 0              |                                       |
| 6   | 300                   | 42,5             | 205                                | 410            |                                       |
| 7   | 350                   | 49,0             | 255                                | 510            |                                       |
| 8   | 400                   | 58,0             | 295                                | 590            |                                       |
| 9   | 450                   | 66,0             | 335                                | 670            |                                       |
| 10  | 500                   | 77,0             | 375                                | 750            |                                       |
| 11  | 560                   | 90,0             | 410                                | 820            |                                       |
| 12  | 600                   | 105,0            | 450                                | 900            |                                       |
| 13  | 650                   | 126,0            | 485                                | 970            |                                       |
| 14  | 675                   | 152,0            | 505                                | 1010           | Bruch der Zugstange an Einspannstelle |
| 15  | 675                   | —                | 505                                | 1010           |                                       |

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.

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 Nr. 2 die Bruchbelastungen einfacher Stangen verschiedener Dimensionen 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, kann der Feuchtigkeitszustand des Versuchsholzes als lufttrocken bezeichnet werden. Die Biegungsfestigkeit, welche in hohem Masse vom Wassergehalt des verwendeten 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 Nr. 2 ermittelten Werte annähernd überein, so dass letzterer zu Vergleichsberechnungen benutzt werden darf. (Bruchversuche, in der eidg. Materialprüfungsanstalt Zürich ausgeführt, ergaben  $K_b = 555 \text{ kg/cm}^2$  und  $K_b = 500 \text{ kg/cm}^2$ . Angaben über Feuchtigkeitszustand fehlen).

Aus Versuch Nr. 2 sich ergebende Bruchbeanspruchung des Holzes =  $618 \text{ kg/cm}^2$ .

| Stangen-Durchmesser an der Einspannstelle<br>cm | Widerstands-moment<br>$\text{cm}^3$ | Biegungs-moment<br>$\text{cm/kg}$ | Bruch-belastung<br>kg | Stangen-Durchmesser an der Einspannstelle<br>cm | Widerstands-moment<br>$\text{cm}^3$ | Biegungs-moment<br>$\text{cm/kg}$ | Bruch-belastung<br>kg | Stangen-Durchmesser an der Einspannstelle<br>cm | Widerstands-moment<br>$\text{cm}^3$ | Biegungs-moment<br>$\text{cm/kg}$ | Bruch-belastung<br>kg |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 16,0  | 402                                 | $249 \cdot 10^3$                  | 370                   | 18,0  | 572                                 | $354 \cdot 10^3$                  | 524                   | 20,0  | 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                   |
| 17,0  | 482                                 | $298 \cdot 10^3$                  | 440                   | 19,0  | 673                                 | $415 \cdot 10^3$                  | 615                   | 21,0  | 909                                 | $561 \cdot 10^3$                  | 830                   |
| 17,5  | 527                                 | $325 \cdot 10^3$                  | 492                   | 19,5  | 729                                 | $450 \cdot 10^3$                  | 665                   |   |                                     |                                   |                       |

Mit diesen Werten lassen sich die unten angegebenen genaueren Verstärkungsfaktoren berechnen.

| Versuch Nr. | Stangen-durchmesser an der Einspannstelle | Dem Stangen-durchmesser entspr. Bruch-belastung einer einfachen Stange | Gemessene Bruch-belastung | Verstärkungs-faktor | Bemerkungen                                      |
|-------------|---|--|---------------------------|---------------------|--|
| 3           | 17,3; 16,8<br>$2 \times 17$               | 440  | 1150                      | 2,6                 | Kuppelstange mit 5 Bolzen am Kopfende            |
| 4           | 19,4; 18,4<br>$2 \times 18,9$             | 605  | 1180                      | 1,95                | Kuppelstange mit 5 Eisendübeln                   |
| 5           | 19,4; 18,4<br>$2 \times 18,9$             | 605  | 1420                      | 2,35                | Normale Kuppelstange                             |
| 6           | 18,75; 17,75<br>$2 \times 18,25$          | 550  | 1630                      | 2,96                | Doppelstange mit niedrig eingebautem Kreuz       |
| 7           | 18,5; 16,8<br>$2 \times 17,6$             | 498  | $< 1840$                  | $< 3,7$             | Doppelstange mit Kreuz ohne Horizontal-Traversen |
| 8           | 19,7; 17,5<br>$2 \times 18,6$             | 570  | 1800                      | 3,16                | Doppelstange mit normalem Kreuz                  |
| 9           | 17,5; 18,5<br>$2 \times 18$               | 524  | 1180                      | 2,25                | Doppelstange mit einer Horizontaltraverse        |
| 10          | 18,0; 18,4<br>$2 \times 18,2$             | 542  | 820                       | 1,52                | Kuppelstange mit Gussdübeln                      |
| 11          | 17,5; 17,6<br>$2 \times 17,55$            | 492  | 970                       | 1,97                | Kuppelstange mit 19 Schrauben                    |
| 12          | 17; 21,2<br>$2 \times 19$                 | 615  | 970                       | 1,58                | Kuppelstange mit Gussdübeln                      |
| 13          | 16,0; 17,2<br>$2 \times 16,6$             | 412  | 1010                      | 2,4                 | Doppelstange mit Traversengerüst                 |

Zu den Proben 10 bis 13 ist zu bemerken, dass dieselben nach einer längeren Regenperiode (Sept. 1922) ausgeführt wurden. Die Stangen waren dem Regen

ausgesetzt gewesen, enthielten somit auch eine grössere Wassermenge. Am Tag der Durchführung der Versuche 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 ca. 20% und erreicht etwa 480 kg/cm<sup>2</sup>. Das Verhältnis der beiden Festigkeiten beträgt  $\frac{618}{480} = 1,285$ ; die Verstärkungsfaktoren erhöhen sich nach folgender Tabelle und stimmen nun besser mit denjenigen der zuerst durchgeführten Versuche überein.

| Versuch<br>Nr. | Verstärkungsfaktor<br>ohne<br>Berücksichtigung<br>des Feuchtigkeits-<br>zustandes | Verstärkungsfaktor<br>mit<br>Berücksichtigung<br>des Feuchtigkeits-<br>zustandes |
|----------------|---|--|
| 10             | 1,52  | 1,96   |
| 11             | 1,97  | 2,54   |
| 12             | 1,58  | 2,04   |
| 13             | 2,4   | 3,09   |

Die Gegenüberstellung der Verstärkungsfaktoren der Kuppelstangen, die auf zwei ganz verschiedenen

Wegen berechnet wurden, ist aus Untenstehendem ersichtlich und zeigt gute Uebereinstimmung.

| Versuch<br>Nr. | Verstärkungsfaktor<br>erhalten durch<br>direkten Vergleich<br>der Zugkräfte, die<br>den Stangenbruch<br>herbeiführten | Verstärkungsfaktor<br>aus der Durch-<br>biegungsformel er-<br>halten (Gültigkeit<br>nur innerhalb der<br>Proportionalitäts-<br>grenze) | Mittl. Ver-<br>stärkungsfaktor<br>$C_m$ | Wirkl. Ver-<br>stärkungsgrad<br>$\frac{C_m}{2}$ |
|----------------|---|--|---|---|
| 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  |

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:

| Versuch<br>Nr. | Bruch<br>Biegungs-<br>moment<br>cm/kg | Mittleres<br>Widerstands-<br>moment<br>einer einzel-<br>nen Stange<br>cm <sup>3</sup> | Totales<br>Widerstands-<br>moment<br>W <sub>m</sub> · C <sub>m</sub> | Bruchmodul<br>K <sub>b</sub> = $\frac{M_b}{W_m \cdot C_m}$<br>kg/cm <sup>2</sup> | Bemerkungen        |
|----------------|---------------------------------------|---|--|--|--------------------|
| 3              | 784000                                | 535   | 1430   | 550  | Lufttrockenes Holz |
| 4              | 802400                                | 663   | 1285   | 624  |                    |
| 5              | 958000                                | 663   | 1555   | 615  |                    |
| 10             | 540000                                | 592   | 1160   | 465  | Luftfeuchtes Holz  |
| 11             | 663000                                | 530   | 1315   | 504  |                    |
| 12             | 664000                                | 709   | 1440   | 460  |                    |

Zusammenfassend kann aus den bis jetzt durchgeführten Versuchen und unter Voraussetzung der Richtigkeit der Dynamometerangaben folgendes geschlossen 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—b nur der 2 oder höchstens der 2,5fache Wert desjenigen einer einfachen Stange in Rechnung gezogen werden; an-

ders gesagt, die Summe der einzelnen Stangen-Widerstandsmomente ist mit 1 bis 1,25 zu multiplizieren. Der entsprechende Faktor für das Trägheitsmoment ist aus Fig. 12 zu bestimmen.

2. Bei Doppelstangen-Linien ist die Kreuzverstrebung in ca.  $\frac{2}{3}$  Stangenhöhe einzubauen unter Weglassung der beiden horizontalen Verbindungs-Traversen des Kreuzes. Eine solche Linie kann annähernd mit der drei- bis vierfachen Anzahl der für eine einfache Stange zulässigen Drähte belastet werden, wenn die Stangen im Boden genügend verankert sind. Sämtliche Verstärkungs-Traversen können weggelassen werden.

## Die Fundierung von Freileitungstragwerken und ihre Berechnung.

Von G. Sulzberger, Ingenieur, Bern.  
(Schluss.)

Fröhlich führt die Festigkeit der Einspannung solcher Fundamente unter Anlehnung an Versuche und Ableitungen von Engels und Mohr auf den seitlichen Erddruck zurück, herrührend vom Gewicht eines Erdkeils, der unter einem bestimmten Böschungswinkel  $\alpha$  am Fundament anliegt und darauf

drückt. Daraus hat er Gleichungen zur Bestimmung der erforderlichen Eingrabtiefe  $h$  abgeleitet, die in bezug auf  $h$  vom fünften Grad sind. Zu ihrer bequemeren Lösung sind Tafeln aufgestellt worden, welche erlauben, ohne Rechnung für ein gegebenes äusseres Moment und angenommene Breitenabmessungen