

<b>Zeitschrift:</b>	Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung
<b>Band:</b>	4 (1926)
<b>Heft:</b>	3
<b>Artikel:</b>	Erläuterungen zum Entwurf für die Vorschriften betreffend Erstellung, Betrieb und Instandhaltung elektrischer Schwachstromanlagen
<b>Autor:</b>	Häusler, W.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-873866">https://doi.org/10.5169/seals-873866</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 24.01.2026

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

aussi des circuits directs qui relieront Zurich à Bruxelles et, peut-être, Bâle à Rotterdam et Zurich à Amsterdam. La mise en exploitation de ces deux derniers circuits conduirait sans nul doute à l'ouverture immédiate d'un trafic néerlando-suisse sans restrictions. Hambourg, Cologne et Leipzig seront, elles aussi, reliées directement aux grandes centrales de Bâle et de Zurich. De plus, lorsque le circuit projeté Genève-Barcelone sera constitué, le trafic entre la Suisse et l'Espagne ne pourra que s'intensifier.

L'accroissement général du trafic international constaté dans tous les pays a conduit, dans le but d'étudier en commun le développement des relations internationales, à la création du Comité Consultatif International<sup>2)</sup>, dont les premières délibérations, à

Paris en avril 1923, posèrent les jalons de la future organisation internationale. A la suite des dispositions prises par ce Comité, il a été établi un programme à court et à long terme, dont une partie est déjà réalisée. Les questions de tarifs, les questions techniques en matière de câbles et d'amplification, les mesures à prendre pour combattre l'induction, etc., y sont étudiées et normalisées dans le but d'obtenir, autant que faire se pourra, un réseau international homogène et uniforme.

Ainsi, pas à pas, se réalisent les grandes communications téléphoniques internationales, qui contribueront au bien-être des peuples et faciliteront leurs relations réciproques.

<sup>2)</sup> Voir Bulletin technique No. 5, 1923, Nos. 4 et 5, 1924.

## Erläuterungen zum Entwurf für die Vorschriften betreffend Erstellung, Betrieb und Instandhaltung elektrischer Schwachstromanlagen.

Von W. Häusler, Bern.

Zweck der nachfolgenden, kurz gefassten Erläuterungen ist, soweit dies notwendig erscheint, die Grundlagen und Ueberlegungen zu erklären, auf denen die Vorschriften aufgebaut sind. Dadurch soll das Verständnis der Vorschriften erleichtert und der Weg zu ihrer Einführung in die Praxis geebnet werden. Zweck der Revision war nicht in erster Linie vermehrte Wirtschaftlichkeit, sondern die technische Abklärung der verschiedenen Fragen. Immerhin wird diese Abklärung in sehr vielen Fällen auch eine Kostenersparnis erlauben. Die neuen Vorschriften betreffend die Erstellung, den Betrieb und die Instandstellung elektrischer Schwachstromanlagen sind in sieben Abschnitte und einen Anhang eingeteilt. Im letzteren wurde alles untergebracht, was am ehesten Änderungen unterworfen ist. Dies ermöglicht, eintretende Veränderungen in den Anhang zu verweisen, ohne dass eine eigentliche Vorschriften-Revision stattzufinden hat. Die Vorschriften können sich somit den jeweiligen Verhältnissen besser und schneller anpassen. Ganz allgemein kann gesagt werden, dass es völlig unmöglich ist, Vorschriften im vorgesehenen Rahmen aufzustellen, die für alle vorkommenden Fälle passen. Bei sinngemässer Anwendung der Bestimmungen wird sich aber immer eine geeignete Lösung finden lassen. Dies ist indessen nur möglich, wenn die vorliegenden Vorschriften eingehend studiert werden. Nur durch gelegentliche, mechanische Anwendung der Artikel wird man den innern Zusammenhang nie oder erst nach langerer Zeit erfassen.

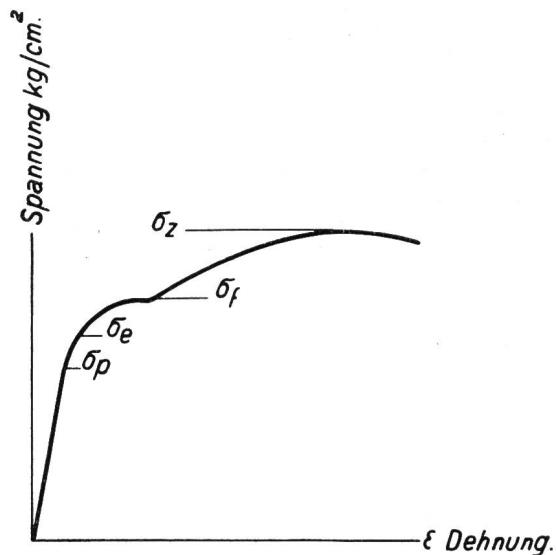
Zu den Abschnitten I und II betreffend Geltungsbereich und allgemeine Bestimmungen ist weiter nichts zu bemerken, da sich die darin vorgesehenen Artikel bereits in den alten Vorschriften vorfinden. Bei Abschnitt III, Erdungen und Erdleitungen, kann folgende Erläuterung angebracht werden: Es ist zu unterscheiden zwischen Betriebs- und Schutzerde. Bei Zentralträgern und überhaupt bei eisernen Tragwerken auf Gebäuden ist die Entladungsgefahr atmosphärischer Elektrizität gross. Es ist deshalb angezeigt, die Betriebserden nicht mit den Erdleitungen solcher Tragwerke zu verbinden. Diese Ge-

fahr ist hingegen bei oberirdischen Einzelanschlüssen ohne Zweifel bedeutend kleiner. Gemeinschaftsanschlüsse erfordern z. B. außer der Schutzerde noch eine Betriebserde. In vielen Fällen wäre eine Trennung der beiden Erden mit ausserordentlichen Schwierigkeiten und Kosten verbunden. Man denke sich eine Häuserreihe zwischen zwei Strassen. Die Schutzerde eines Anschlusses wird mit der Wasserleitung verbunden. Wohin soll aber die Betriebserde geführt werden? Aus diesen Erläuterungen geht klar hervor, dass bei Einzelanschlüssen eine Trennung von Schutz- und Betriebserden praktisch undurchführbar ist. Bei Gemeinschaftsanschlüssen ist die erwähnte Gefahr übrigens deshalb sehr gering, weil wir hier keine konstante Erdung der Apparate haben; die Leitungen werden nur während der kurzen Zeit eines Anrufes an Erde gelegt. Was die Parallelschaltung von Schutzerdungen mit Gebäudeblitzableitern anbetrifft, so kann gesagt werden, dass jedes auf einem Gebäude angebrachte eiserne Tragwerk direkt als Blitzableiter zu betrachten ist. Schon aus diesem Grunde ist jedes eiserne Tragwerk mit einem bestehenden Gebäudeblitzableiter zu verbinden. Durch Anbringung von zwei verschiedenen Erdleitungen verdoppeln wir die Sicherheit in bezug auf Ableitung atmosphärischer Entladungen in die Erde. Es ist klar, dass wir an der Parallelschaltung der Erdleitungen unserer Tragwerke und der Gebäudeblitzableiter nur dann Interesse haben, wenn sich die Erdleitungen der letztern in gutem Zustande befinden. Bei Zentralträgern spricht auch folgende Ueberlegung zu Gunsten der Parallelschaltung solcher Erdungen: Eine Trennung der Erdung der Eisenkonstruktion und derjenigen der Blitzschutzapparate ist hier nicht möglich, und es bedeutet das Verbinden mit einem bestehenden Gebäudeblitzableiter eine wesentliche Erhöhung der Sicherheit gegen das Ueberspringen einer Entladung von der Eisenkonstruktion über die Blitzschutzapparate auf die Leitungen. Hieraus ist ersichtlich, dass wir grösstes Interesse daran haben, jedes eiserne Tragwerk mit bestehenden Gebäudeblitzableitern zu verbinden.

Abschnitt 5 betreffend Freileitungen ist in einen Unterabschnitt A, Leiter, und einen Unterabschnitt B, Tragwerke, eingeteilt. Diese Gruppierung ermöglicht eine bessere Uebersicht über die einzelnen Bestimmungen. Die in Art. 17, Absatz 2, enthaltene Bestimmung betreffend Schonung des Landschaftsbildes ist so zu verstehen, dass von mehreren möglichen Varianten, die technisch annähernd gleichwertig und deren Erstellungskosten nicht erheblich verschieden wären, derjenigen der Vorzug zu geben ist, die sich dem Landschaftsbild am besten anpasst. Linienbauprojekte, die die Inanspruchnahme grosser ebener Plätze vorsehen, müssen dem Militärdepartement zur Genehmigung unterbreitet werden; es ist deshalb angezeigt, zum vornherein der Luftschifffahrt Rechnung zu tragen. Aus Art. 15 geht hervor, dass Leiter aus Aluminium, Kupfer und Bronze ohne weiteres zulässig sind, während Drähte aus Eisen und Stahl eines Schutzes gegen Verrostung bedürfen. Es ist logischer, an Stelle des kleinsten Durchmessers der Drähte die minimale Bruchsicherheit vorzuschreiben, denn die letztere kann z. B. für einen 1,5-mm-Draht von 80 kg bis 246 kg variieren, je nach dem Drahtmaterial. Bei der Festsetzung der spezifischen Bruchfestigkeit der Bronzeleiter, die vom Standpunkt des Linienbauers aus möglichst hoch sein sollte, ist zu berücksichtigen, dass die Leitfähigkeit und die Elastizität von der Bruchfestigkeit abhängig sind. Je höher die Bruchfestigkeit, desto kleiner die Leitfähigkeit, die Zahl der Torsionen und der Biegungen. Art. 18 regelt den Durchhang. Dieser kann nicht nach Belieben gewählt werden. Er darf nicht zu gross und nicht zu klein sein. Im ersten Falle wird die Verwicklungsgefahr grösser und die Leitungsmaste müssen höher gemacht werden; im zweiten Falle reissen die Leiter bei verhältnismässig kleinen Zusatzlasten und die Winkelpunkte erhalten grosse Zugkräfte. Für die Linien der Telegraphenverwaltung ergibt sich noch die Forderung, dass alle Drahtsorten gleiche Durchhänge erhalten sollen, da die Endbesetzung nie genau zum voraus bekannt ist. Die Linien sind also stets als gemischte Linien anzusehen, und in diesem Falle müssen sich die Beanspruchungen der verschiedenen Drahtsorten verhalten wie ihre spezifischen Gewichte. Ziffer 1 von Art. 18 wird also nur ausnahmsweise zur Anwendung gelangen, wenn z. B. in einer grossen Spannweite Stahldraht verwendet werden muss und ein möglichst kleiner Durchhang erwünscht ist. In gemischten Linien muss noch auf die Dehnung der Leiter Rücksicht genommen werden, um Verwicklungen auf ein Minimum zu reduzieren. Ein 3-mm-Eisendraht wird z. B. in einer 40er Spannweite bei 800 g Zusatzlast schon eine starke bleibende Dehnung erhalten, während ein 3-mm-Bronzedraht diese Belastung gut ertragen kann und nach Entlastung in seine ursprüngliche Lage zurückgeht. Für die Güte eines Leitermaterials ist also nicht nur seine Bruchfestigkeit massgebend, sondern ebenso sehr seine Streck- oder Fliessgrenze. Leitungsmaterial, dessen Proportionalitätsgrenze im Verhältnis zur Bruchgrenze sehr tief liegt, wie z. B. Weichkupfer, ist für Freileitungszwecke unbrauchbar. Es sei hier erlaubt, auf die Wichtigkeit des Durchhangs aufmerksam zu machen. Wer glaubt, die

Frage des Durchhangs im Handumdrehen zu erledigen, oder wer gar die Durchhangsvorschriften als Schikane empfindet, der ist kein Linienbauer. Es muss sich jeder bewusst sein, dass die Sicherheit der normalisierten Linienanlage zu einem sehr grossen Teil vom Durchhang abhängig ist. Wird der Durchhang z. B. zu klein gemacht, so nützen alle andern Massnahmen, um die Bruchgefahr der Linie zu vermeiden, nichts, oder sie können zum mindesten ihrem Zwecke nicht voll genügen. Es sollte heute nicht mehr vorkommen, dass man bei Neuanlagen zu stark gespannte Leiter findet.

Die den Leitungsberechnungen zugrunde zu legenden Belastungsannahmen sind in Art. 19 angegeben. Der Winddruck auf die Drähte wurde von 70 kg auf 50 kg per  $m^2$  der durch das Produkt aus der Länge des Leiters und dessen Durchmesser gebildeten Fläche reduziert. Diese Ermässigung stützt sich auf Versuche, welche von verschiedenen Gelehrten durchgeführt wurden. Dem bisher angenommenen maximalen Winddruck von 100 kg pro Quadratmeter senkrecht getroffener Fläche entspricht eine Windgeschwindigkeit von ungefähr 30 m pro Sekunde. Sie erhält nach der verbesserten internationalen Skala für Windstärken die Bezeichnung Orkan. Sie wird sehr selten beobachtet und konnte deshalb in den vorliegenden Vorschriften dem Winddruck als Maximum zugrunde gelegt werden. Die bereits erwähnten Versuche haben gezeigt, dass die von Grashoff angegebene Erfahrungszahl für zylindrische Körper, wie Drähte, zu gross ist. Mit



$\sigma_p$  = Proportionalitätsgrenze.

$\sigma_e$  = Elastizitätsgrenze.

$\sigma_f$  = Streck- oder Fliessgrenze.

$\sigma_z$  = Zugfestigkeit.

dem neu ermittelten Koeffizienten für Drähte gelangt man zu einem Winddruck von 50 kg per  $m^2$  Projektionsfläche in Stromrichtung. Es bedeutet dies eine 30prozentige Ermässigung des Winddruckes auf die Leiter. Um die Rechnung zu vereinfachen, wurde angenommen, der Wind wirke bei einer Tem-

peratur von 0° Celsius, obschon nach den Beobachtungen der meteorologischen Anstalten die grössten Windstärken bei  $-5^{\circ}$  bis  $-10^{\circ}$  Celsius auftreten.

Ausser dem Wind sind aber noch andere Zusatzlasten zu berücksichtigen, wie Schnee, Reif und Eisansätze. Um über die Grösse und die Gewichte dieser Zusatzlasten Anhaltspunkte zu erhalten, wurden während mehreren Jahren bei 45 verschiedenen Versuchsstationen und an in Betrieb stehenden Leitungen Messungen vorgenommen.

Trotz diesen Versuchen herrscht noch grosse Unsicherheit über den in Rechnung zu stellenden Schneeansatz, weil die höchsten beobachteten Zusatzlasten von 5 kg und mehr nicht berücksichtigt werden können; sie würden den Bau in der Tat zu stark versteuern. Aus dem Beobachtungsmaterial lässt sich eine Gesetzmässigkeit nicht feststellen. Die dünnern Drähte weisen oft bei gleichen Klimaverhältnissen grössere Ansätze auf als dickere Leiter und umgekehrt. Am ehesten scheint eine für alle Drahtdurchmesser und Materialien gleich grosse Zusatzlast angenommen werden zu müssen. Auch die Ansicht, dass die Grösse der Ansätze in unsern klimatischen Verhältnissen von der Höhe über Meer abhängig sei, ist irrig. Die in tiefer gelegenen Tälern und Ebenen verlaufenden Linien können, wie Beispiele aus dem Kanton Tessin beweisen, Naßschneefälle ebenso sehr ausgesetzt sein, wie solche an höher gelegenen Orten. Hingegen treten diese ausserordentlichen Belastungen nicht überall mit der gleichen Häufigkeit auf. Es gibt Gegenden, wo die Schneeansätze alljährlich wiederkehren und solche, wo sie nur alle 20 bis 30 Jahre einmal beobachtet werden. Für Starkstromanlagen wurde die in Rechnung zu stellende Zusatzlast per m Leitung für Drähte auf 1,5 kg und für Seile auf 2 kg festgesetzt, in der Meinung, dass man damit den zu erwartenden maximalen Schneeansätzen im allgemeinen genügend Rechnung getragen habe. Es ist einleuchtend, dass so hoch bemessene Zusatzlasten die Verwendung der dünnen Drähte, wie 1,5 und 2 mm Br. und 3 mm Eisen, bei Schwachstromlinien ausschliessen würden, und dass die dickern Leiter nur in verhältnismässig kleinen Spannweiten zulässig wären. Um dies zu vermeiden, konnte für die Schwachstromlinien nicht die grösste zu erwartende Zusatzlast berücksichtigt werden, sondern es musste auf eine mittlere zusätzliche Belastung und eine variable Sicherheit je nach Wichtigkeit der verwendeten Drahtsorte abgestellt werden. Die geringen absoluten Durchmesserunterschiede der im Telegraphen- und Telephonlinienbau verwendeten Drähte rechtfertigt die Annahme einer konstanten Zusatzlast. Die mittlere Grösse dieser Zusatzlast kann aus dem Beobachtungsmaterial bestimmt werden und ergibt sich zu ungefähr 800 g pro m Leitung. Dieser Mittelwert wird nicht allzu häufig beobachtet und kann für Bronzedrähte mit ziemlich hoher Bruchfestigkeit ganz wohl angenommen werden, ohne dass man dadurch genötigt wäre, kleinere Spannweiten anzuwenden als bisher. Im übrigen ist vorgesehen, dass für bestimmte Gegenden, wo erfahrungsgemäss wesentlich günstigere oder wesentlich ungünstigere Klimaverhältnisse bestehen, entsprechende Ansätze einzustellen seien. Dieses Türchen, das von der Auf-

sichtsbehörde geöffnet werden kann, leistet unter Umständen sehr gute Dienste.

In Art. 20 sind die grössten noch zulässigen spezifischen Zugbeanspruchungen der Leiter vorgeschrieben. Sie entsprechen bei 3-, 4- und 5-mm Bronzedrähten, bei 4- und 5-mm-Eisendrähten und bei Stahldrähten einer 2fachen Sicherheit gegen Bruch. Diese Sicherheit muss bei der ungünstigsten Belastungsannahme noch vorhanden sein. Für 1,5- und 2-mm-Abonnentendrähte, sowie für 3-mm-Eisendraht würde man mit der gleichen Sicherheit höchstzulässige Spannweiten von nur 18, 25 und 30 m erhalten, was für die praktischen Bedürfnisse natürlich zu klein wäre. Da nun aber tatsächlich viele 100 km 1,5-mm-Bronzedraht in Spannweiten von 30—40 m, ja sogar 50 m verwendet werden, und da Naßschneefälle, die zu Drahtbrüchen führen, meistens lokalisiert bleiben, so erscheint es, wie übrigens auch aus wirtschaftlichen Gründen, gerechtfertigt, für diese Drahtsorten eine kleinere Bruchsicherheit zuzulassen und damit ab und zu eine Linienbeschädigung als kleineres Uebel in Kauf zu nehmen. Für die 1,5- und 2-mm-Abonnentendrähte, sowie für 3-mm-Eisendraht, muss deshalb die Berechnung in dem Sinne erweitert werden, dass die Inanspruchnahme bei 800 g Zusatzlast die Streckengrenze erreichen darf. Es muss also nur noch 1,2-, 1,5- und 1,7fache Sicherheit gegen Bruch vorhanden sein. Diese geringen, in der Technik sonst nicht üblichen Sicherheiten begründen sich auch noch dadurch, dass bei Bruch von Schwachstromleitungen nur Betriebsstörungen auftreten, und dass für die Öffentlichkeit keine direkten Gefahren bestehen. Für die Starkstromleiter wurde die Streckengrenze als höchstzulässige Beanspruchung festgesetzt. Die Berechnungsmethode der Starkstromleiter mit 1,5 kg Zusatzlast und Beanspruchung bis zur Streckengrenze und diejenige der Schwachstromleiter mit 800 g Zusatzlast und 2facher Bruchsicherheit weichen bei normalen Spannweiten nicht sehr viel von einander ab. Wir haben also für die wichtigern Schwachstromleiter, wie 3—5-mm-Bronzedrähte und 4—5-mm-Eisendrähte, annähernd die gleichen effektiven Sicherheiten wie für die Starkstromleitungen, und nur für die weniger wichtigen Abonnentendrähte und lokalen Telegraphen- und Telephondrähte sind die Anforderungen nicht so gross. Um sich ein Bild von der Ueberlastbarkeit der Drähte machen zu können, seien noch die Gewichte der Schneeansätze, die den Drahtbruch hervorrufen, angegeben. So würde z. B. ein 3-mm-Bronzedraht, der vorschriftsgemäss in der höchstzulässigen Spannweite von 50 m gespannt ist, erst bei einer Zusatzlast von 2,6 kg per m Leitung reissen, während ein 1,5-mm-Bronzedraht in einer Spannweite von bloss 40 m schon bei 1,1 kg Zusatzlast brechen würde. In diesen Zahlen ist der vor dem Drahtbruch rasch abnehmende Elastizitätsmodul nicht berücksichtigt, und es erhöhen sich daher die angegebenen Werte in Wirklichkeit noch um etwa 10 %. Werden die höchstzulässigen Spannweiten überschritten, so sinkt die Ueberlastbarkeit sehr schnell, während sie sich vergrössert, wenn kleinere Spannweiten gewählt werden.

Die höchstzulässigen Spannweiten für die verschiedenen Drähte sind in Art. 21 angegeben. Sie

folgen zwangsläufig aus den Bedingungen der Art. 18, 19 und 20. Die Grenzspannweite ist also diejenige Spannweite, für die eine Leitung bei  $-20^{\circ}$  Celsius ohne Zusatzlast 6fache Sicherheit und bei  $0^{\circ}$  Celsius und 800 g Schneelast pro m noch 2fache Sicherheit gegen Bruch bietet. Für Spannweiten, die kleiner sind als die Grenzspannweite, können die Leitungen bemessen werden unter Zugrundelegung einer sechsfachen Sicherheit bei  $-20^{\circ}$  C ohne Zusatzlast. Bei grösseren Spannweiten steigt dagegen für Leitungen, die bei  $-20^{\circ}$  C ohne Schnee sechsfache Sicherheit haben, die Beanspruchung bei  $0^{\circ}$  C mit Schnee über die zweifache Bruchsicherheit hinauf bis zum Bruche selbst. Man muss also hier, um wieder von  $-20^{\circ}$  Celsius ausgehen zu können, mit wachsender Spannweite abnehmende Zugbeanspruchungen annehmen. Deshalb ist Ziffer 3 des Art. 21 in die Vorschriften aufgenommen worden. Diese Bestimmung ist auch wieder als Sicherheitsventil zu betrachten. Sie ermöglicht Lösungen, die sonst nicht erlaubt wären. Art. 22 regelt die kleinsten erforderlichen Abstände der Leitungen vom Boden. Diese sind im allgemeinen von den örtlichen Verhältnissen abhängig. Immerhin soll darnach geachtet werden, den Abstand vom Boden auf die angegebenen minimalen Werte zu reduzieren, denn je höher die Leitungen verlegt werden, desto teurer wird die Linienanlage.

Beim Unterabschnitt über Tragwerke dürften einige Erläuterungen zu Art. 24 betreffend Weichholzstangen von Nutzen sein. Die Dimensionen der Stangen sind so gewählt, dass für jede Stangenlänge die gleiche Belastung zulässig ist. Die stärkern Stangen können die doppelte Belastung einer gewöhnlichen Stange aushalten und entsprechen einer Kuppelstange. In Art. 31 sind die der statischen Berechnung der Tragwerke zugrunde zu legenden Annahmen angegeben. Wir haben 4 Typen von Tragwerken zu unterscheiden:

1. Den Tragmast, der im wesentlichen nur zur Abstützung der Leiter dient.
2. Den Eckmast, bei welchem die zusammentreffenden Leiter nicht in einer und derselben Vertikalebene liegen.
3. Den Aspannmast, der bei allfälligem Bruch einzelner Leiter den Zusammenbruch der Leitung auf grössere Strecken verhindern soll.
4. Den Endmast, der im normalen Betriebszustand nur einseitig belastet ist. Der Endmast und der sogenannte Verteilmast sind als Spezialfälle des Eckmastes zu betrachten.

Der Tragmast wird im normalen Betriebszustand nur senkrecht zur Linie beansprucht, da der Einfluss der Eigengewichte vernachlässigt werden darf. Der bei gestörtem Zustand wirklich auftretende einseitige Zug wurde fallen gelassen, da Leiterbrüche ausgeschlossen sind, wenn die Leiter nach Vorschrift berechnet und gespannt werden und man von Fällen höherer Gewalt absieht. Untersuchungen haben übrigens dargetan, dass der einseitige Zug infolge Bruches einzelner Leiter oder ungleicher Änderung des Leitergewichts und infolge Temperaturänderungen bei Holzstangenlinien mit nicht grösseren Spannweiten als 50 m und Leitungshöhen bis 10 m über-

haupt vernachlässigt werden kann. Nähere Details sind in Nr. 2 der „Technischen Mitteilungen“ vom Jahre 1924 angegeben. Nur bei Bruch aller Leiter können Beanspruchungen auftreten, denen der gewöhnliche Holzmast nicht mehr gewachsen ist. Bei richtig montierten Leitern können Drahtbrüche noch als Folge von Materialfehlern auftreten. Es ist aber nicht anzunehmen, dass bei Mehrfachleitungen alle Fehler sich gerade in der gleichen Spannweite befinden. Daraus ist ersichtlich, dass der einseitige Zug bei Leitungsbruch nicht als Grundlage für die Berechnung der Tragmaste dienen kann. Für aussergewöhnliche Fälle, wie starke Schnee- und Eisansätze, die den Bruch aller Leiter in einer Spannweite herbeiführen können und den Sturz der Linie zur Folge haben, ist das Einbauen von sogenannten Aspannmasten in Aussicht genommen. Der in Art. 31, Ziffer 1 b, vorgesehene einseitige Zug bezweckt nur, den Linienbauer zu zwingen, den Tragkonstruktionen auch in Linienrichtung einen gewissen Querschnitt zu geben; er kommt für Holzstangen nicht in Betracht.

Beim Eckmast sind im normalen Betriebszustand drei Belastungsfälle zu unterscheiden. Der erste ergibt sich bei tiefster Ortstemperatur ohne Wind. Der zweite tritt ein bei  $0^{\circ}$  Celsius mit Wind in Richtung der Mittelkraft, und der dritte, der in den weitaus meisten Fällen der ungünstigste sein wird, kommt bei  $0^{\circ}$  Celsius und Zusatzlast vor. Um auch beim Eckmast senkrecht zur Mittelkraft einen gewissen Mastquerschnitt zu erhalten, wird der Berechnung ein einseitiger, senkrecht zur Resultierenden angreifend gedachter Zug von 10 % des der ungünstigsten Mittelkraft entsprechenden Zuges und der Wind in gleichem Sinne zugrunde gelegt. Diese Annahme hat also nur konstruktive Bedeutung. Bei gestörtem Leitungszustand würden derart gebaute Masten senkrecht zur Resultierenden ungenügende Festigkeit aufweisen. Der Aspannmast wird im normalen Betriebszustand nur durch den Wind senkrecht zur Linie beansprucht. Bei diesem Tragwerk kommt nun die Hypothese eines Leitungsbruches zur Geltung, denn das Tragwerk soll bei dieser Annahme den Linienbruch auf grössere Strecken vermeiden. Zur Berechnung des Aspannmastes in Linienrichtung wurde ein einseitiger Zug von 40 % des sich bei Schneelast ergebenden Leitungszuges angenommen. Bei diesem Zug dürfen die zulässigen Tragwerksbeanspruchungen nicht überschritten werden, oder mit andern Worten ausgedrückt: Die Aspannmaste müssen mit dem vollen sich bei Schneelast ergebenden einseitigen Zug berechnet werden unter Annahme einfacher Sicherheit. Das Aspanntragwerk würde also dem ungünstigsten Fall nicht ganz gewachsen sein. Die Erfahrung lehrt aber, dass ein Bruch sämtlicher Leitungen in einer Spannweite infolge Zusatzlast nur sehr selten vorkommt. Tritt dieser Fall wirklich einmal ein, so kann meistens festgestellt werden, dass die Drähte zu stark gespannt waren. Bei Leitungsbruch infolge von Steinschlag, Baumsturz usw. wird das so berechnete Aspanntragwerk den Anforderungen voll genügen. Für Holzstangenlinien genügt im allgemeinen das Verstreben der Tragwerke in Linienrichtung in Abständen von zirka 1000 m.

Das Endtragwerk, das im normalen Betriebszustand nur einseitig belastet ist, muss den sich bei Schneelast ergebenden Zug und den Winddruck auszuhalten vermögen. Die Windrichtung wird in den meisten Fällen senkrecht zur Linie angenommen werden müssen, um die grössten Materialbeanspruchungen zu erhalten. Es gibt aber auch Fälle, wo der Wind parallel zu den Drähten die grössten Beanspruchungen erzeugt, z. B. bei Eisenkonstruktionen mit rechteckigem Querschnitt, deren Hauptachse senkrecht zur Linie steht. Art. 32 gibt die obigen, nicht zu überschreitenden höchstzulässigen Beanspruchungen der Tragwerke an. Sie entsprechen einer 2,5fachen Sicherheit für Holzkonstruktionen und einer 2fachen Bruchsicherheit für Eisen- und Eisenbetonkonstruktionen. Gegenüber den alten Vorschriften bedeutet dies eine starke Milderung. Die Reduktion der Sicherheitskoeffizienten konnte ohne grosse Bedenken durchgeführt werden, weil man bei den Belastungsannahmen den tatsächlichen Verhältnissen möglichst Rechnung getragen hat. Auf Druck beanspruchte Stäbe sollen je nach ihrem Schlankheitsverhältnis nach den Methoden von Tammayer oder Euler untersucht werden. Für Abonenten-Tragwerke soll die zulässige Beanspruchung entsprechend der Drahtsicherheit gewählt werden. Es ergäben sich sonst schwerere Konstruktionen als bis jetzt. Art. 34 umschreibt die Bedingungen, denen die Fundamente entsprechen müssen. Die alten Vorschriften verlangten mindestens einfache Sicherheit gegen Kippen, ohne Berücksichtigung des Erddruckes bei den zu machenden Belastungsannahmen. Diese Forderung hatte zur Folge, dass Fundamente, die in guten Baugrund, wie gewachsenen Ackerboden und gesetzte Erdschüttungen, zu stehen kamen, zu gross dimensioniert werden mussten, während solche in schlechtem Boden, wie nasser Sand und Lehm, loses Gerölle, sowie Torf- und Moorböden, den an sie gestellten Anforderungen gar nicht genügen konnten. Das kann an einem Beispiel leicht bewiesen werden. Betrachten wir eine Kabelsäule, die mit ihrem Fundament auf die Erde gestellt ist, was einer in schlechtem Boden stehenden Säule annähernd gleich kommt, so finden wir bei den zu machenden Belastungsannahmen, dass das Tragwerk selbst eine 3fache Bruchsicherheit aufweist, während das Fundament nur einfache Sicherheit gegen Kippen hat. Für das Tragwerk hat man eine 3fache Sicherheit gegen Bruch als notwendig erachtet, weil man sich bewusst war, dass die Belastungsannahmen den grössten zu erwartenden Kraftwirkungen nicht entsprechen.

Warum soll aber diese Überlegung für das Fundament keine Gültigkeit haben? Die Säule würde ja schon bei einer 3mal kleineren Belastung als das Tragwerk auszuhalten vermöchte, umstürzen. Daraus ist ersichtlich, dass die einfache Gewichtsstabilität ohne Berücksichtigung der Bodenfestigkeit den neuen Vorschriften nicht mehr als Grundlage dienen konnte. Es mussten also neue Wege gesucht werden. Alle in der technischen Literatur bis jetzt erschienenen und schon durchdachten Abhandlungen über diesen Gegenstand wurden zu Rate gezogen. Dabei zeigte sich bald, in welcher Richtung die Revision der Fundamentberechnung vorzunehmen sei. Zu-

gleich drängte sich aber auch die Notwendigkeit auf, einige Versuche durchzuführen. Durch Zusammenschluss der verschiedenen Interessenten konnten die als notwendig erachteten Versuche finanziert und es konnte auch ein geeigneter Platz zur Durchführung der Proben ausfindig gemacht werden. Diese Versuche zeigten nun, dass ein eigentliches Kippen der Maste gar nicht vorkommt, sondern nur ein langsames Herausdrehen aus der Erde. Schon bei den kleinsten Belastungen fängt das Fundament an sich zu drehen. Die Erde ist eben ein elastisches Material, wie jeder andere Körper auch, und wir können hier eine elastische Formänderung ebenso wenig verhindern als bei einem gestützten Balken oder einem Winkeltragwerk. Wir können sie nur auf ein erträgliches Mass beschränken. Die Maste stürzen nicht um, obschon sie vom stabilen in den labilen Gleichgewichtszustand kommen und in 12 m Höhe über Boden eine Spaltenverschiebung von 130 bis 150 cm aufweisen. Das ist die Grundlage, auf welcher Art. 34, Ziffer 1, aufgebaut ist; es wird darin ganz allgemein gesagt, dass die Tragwerke keine Verschiebungen erleiden dürfen, die die Sicherheit des öffentlichen Verkehrs gefährden würden. Es ist klar, dass so grosse Schieflstellungen, ganz abgesehen vom ästhetischen Aussehen, nicht geduldet werden können, da die Durchhangsvermehrung viel zu gross würde. Es bleibt also noch festzustellen, welches Mass der Schräglistung noch zulässig ist. Erachtet man bei den maximalen Belastungsannahmen eine Spaltenverschiebung von zirka 10 cm in 8 m über Boden oder zirka 16 cm in 12 m Höhe noch als zulässig, so können aus den Versuchen selbst die diesem Verdrehungszustand entsprechenden spezifischen Bodenpressungen bestimmt werden. Das Verfahren selbst wurde in den „Technischen Mitteilungen“ beschrieben, denen alle näheren Details entnommen werden können. Es genügt nun bei tief reichenden Fundamenten, die auftretenden Bodenpressungen zu begrenzen, um die nötige Sicherheit gegen Umsturz zu erreichen, da die Maste selbst bei einer 10mal grösseren Ausbiegung, hervorgerufen durch eine annähernd zweimal grössere Belastung, noch nicht umstürzen. Die angegebenen zulässigen spezifischen Bodenpressungen für die verschiedenen Bodenarten entsprechen einer Mastspitzenverschiebung von  $1/80$  der Mastlänge. Art. 34, Ziffer 2, stützt sich auf diese zulässige Mastverdrehung, und es gelten dadurch die Bedingungen von Ziffer 1 als erfüllt. Plattenfundamente in schlechtem Boden oder freistehende Fundamente, bei welchen eine Kippgefahr wegen der ungenügenden Erdeinspannung besteht, müssen mindestens die gleiche Sicherheit gegen Kippen aufweisen, wie das betreffende Tragwerk gegen Bruch. Da die zulässigen Bodenpressungen mit dem Quadrat der Tiefe wachsen, ist es vorteilhafter, bei gutem Baugrund möglichst tiefe Fundamente zu erstellen. In schlechtem Baugrund soll man die Fundamente mehr in die Breite entwickeln, damit die nötige Sicherheit gegen Kippen mit weniger Material erreicht wird. Die Standsicherheit der Stangen soll durch Anbringen von Steinkränen verbessert werden. Für gewachsenen Boden genügen zwei Steinkräne, die an den Stellen der grössten Bodenpressungen wirken sollen. Durch das Verdre-

hen der Stange entstehen im Boden Pressungen, die die Form einer quadratischen Parabel annehmen, deren Scheitel mit dem maximalen positiven Wert im ersten Drittel der Eingrabtiefte liegt. Der maximale negative Wert ergibt sich zu unterst in der Fundamentgrube. Ein dritter Steinkranz käme nun gerade in den Drehpunkt zu liegen, wo keine oder nur ganz kleine Pressungen auftreten; er ist somit überflüssig. Dem Widerstand gegen Zug in Richtung der Stangenachse sollte mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden als bis anhin. Bei kombinierten Gestängen ist es immer die auf Zug beanspruchte Stange, die im Boden zuerst nachgibt. Dadurch werden andere Gestängesteile vorzeitig überlastet, und es kommt zum Bruch, bevor der mögliche Widerstand voll ausgenützt ist. Am Fussende gekrümmte oder verdickte Stangen sollen also immer da verwendet werden, wo sie eine Belastung auf Zug auszuhalten haben. Treten grössere Zugkräfte auf, so muss durch besondere Massnahmen für genügende Verankerung gesorgt werden. Die von Druckstangen erzeugten Bodenpressungen bleiben meistens in den zulässigen Grenzen. Sie dürfen grössere Werte annehmen als die seitlichen Pressungen, weil eine Verschiebung in Stangenrichtung nicht die gleiche Wirkung hat wie eine seitliche. Als zulässige Bodenpressung gilt hier die Bettungsziffer. Es ist dies diejenige Zahl, die angibt, bei welcher Belastung pro  $\text{cm}^2$  die Erde 1 cm nachgibt. Es würde also die

Strebe eines Winkeltragwerkes bei schneebelasteter Linie 1 cm in Richtung der Stangenachse nachgeben, was praktisch gar nichts zu bedeuten hat. Um sich ein Bild machen zu können, soll der zulässige Strebendruck in bezug auf Bodenbefestigung für eine Stange mit 20 cm Fussdurchmesser und 2 m Eingrabtiefte angegeben werden. Er beträgt z. B. für Sand 565 kg, für gesetzte Erdschüttungen 2000 kg, für leichten Ackerboden 2800 kg, für schweren Ackerboden 3400 kg und für gewachsenen Kiesboden 7200 kg. Diese Zahlen illustrieren trefflich den Einfluss der verschiedenen Bodenarten. Werden nun unter die Druckstangen noch Steine gelegt, um die spezifische Pressung zu verkleinern, so genügt das für einigermassen druckfesten Boden vollkommen. Es ist denn auch noch nie beobachtet worden, dass eine Druckstange in gewachsenem Boden wesentlich eindringt, wohl aber, dass Zugstangen bei jeder ausserordentlichen Linienbelastung herausgerissen werden. Die Fundierungsfragen bieten also des Interessantesten genug und zeigen, dass nicht einfach schematisch verfahren werden darf. Es kann hier sehr viel gespart, es kann aber auch sehr viel verdorben werden. Durch Uebung wird man bald in der Lage sein, das Richtigste zu treffen.

Der Anhang enthält Tabellen über Materialeigenschaften, Durchhang, sowie Formeln zur Berechnung der verschiedenen Anforderungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

## Rapport sur les différents procédés employés actuellement pour la conservation des poteaux en bois.

Par suite du développement considérable des lignes téléphoniques et télégraphiques et des lignes de transport ou de distribution d'énergie électrique, le nombre des poteaux en bois implantés dans le sol atteint en France un chiffre de plusieurs millions. Ce chiffre tend à s'accroître constamment.

Il n'existe pas, dans l'Administration des P. T. T., de statistique complète des appuis qu'elle possède, mais on estime le total des poteaux en bois implantés à environ 4,500,000.

Les lignes d'énergie électrique sont posées sur des appuis en fer, en ciment, ou en bois; nous n'avons pas de donnée précise sur le nombre des poteaux de bois implantés à ce titre en France, mais on peut admettre qu'il est de l'ordre de deux millions, ce qui porte à environ 6 millions et demi le total des poteaux en bois implantés actuellement dans le sol de la France.

Etant donné que la majeure partie de ces poteaux est injectée au sulfate de cuivre, nous ne pensons pas que la durée moyenne de ces appuis dépasse 10 ans, ce qui porte à 6 ou 700,000 le nombre annuel moyen des poteaux de remplacement. Une quantité à peu près égale à ce chiffre a été nécessaire, pendant ces dernières années, pour l'extension des lignes téléphoniques et des lignes d'énergie; les besoins sont donc actuellement de l'ordre de 1,200,000 à 1,500,000 poteaux par an.

L'importation en poteaux étrangers n'a pas pris

jusqu'à ce jour un gros développement, et les industriels français ont dû surtout faire appel à nos forêts de résineux pour y trouver les bois dont ils ont eu besoin. Ils ont été amenés par suite à pousser à fond les exploitations; il n'est pas douteux que si cet état de choses persistait, le domaine forestier français (privé et d'Etat) serait bientôt dévasté, en ce qui concerne les résineux. Il y a donc un intérêt général évident à réduire les besoins d'abatage annuels; pour cela, il faut tâcher de développer les importations; et en même temps ne faire usage que de poteaux convenablement immunisés contre les causes de destruction. C'est ce dernier point qui fait l'objet de notre Rapport Sommaire. (J'ajoute que les fournitures de poteaux au titre du plan Dawes diminuent un peu l'acuité de la question au point de vue des forêts.)

De tout temps, on s'est préoccupé de préserver les bois contre les causes diverses de sa destruction; dès le 18ème siècle on traitait les bois par immersion dans les liquides conservateurs, tels que l'alun, le sulfate de fer, des solutions de sel marin, etc.

Nous ne ferons pas ici l'historique de tous les corps que l'on a essayés ou employés; il y en a plus d'une centaine. Peu à peu leur nombre s'est réduit; si bien qu'actuellement trois antiseptiques seulement sont employés de façon courante dans le monde entier: le sulfate de cuivre, le bichlorure de mercurie et le créosote.