

Normalien

für

Freileitungen

Aufgestellt durch den
Verband Deutscher Elektrotechniker

Gültig ab 1. Januar 1914

Zweiter Abdruck
(Unter Berücksichtigung der während der Kriegs- bzw. Übergangszeit
aufgestellten Ausnahmebestimmungen)



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1919

Normalien

für

Freileitungen

Aufgestellt durch den
Verband Deutscher Elektrotechniker

Gültig ab 1. Januar 1914

Zweiter Abdruck
(Unter Berücksichtigung der während der Kriegs- bzw. Übergangszeit
aufgestellten Ausnahmebestimmungen)



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1919

ISBN 978-3-662-31944-4
DOI 10.1007/978-3-662-32771-5

ISBN 978-3-662-32771-5 (eBook)

Normalien für Freileitungen.

Gültig ab 1. Januar 1914.)*

I. Leitungen.

a) Geltungsbereich:

Von den folgenden Bestimmungen werden alle¹⁾ Freileitungen betroffen. Ausgenommen sind Fahrleitungen für Bahnen²⁾, sowie alle Hausanschlüsse an Niederspannungsleitungen für Stützentfernungen bis einschließlich 20 m und Anschlüsse für Straßenbeleuchtung für Niederspannung.

b) Normale Querschnitte:*

Als kleinster Querschnitt ist für Metalle mit mehr als 7,5 spezifischem Gewicht 10 qmm, für Metalle mit weniger als 7,5 spezifischem Gewicht 25 qmm erlaubt. Die Leitungen sollen nach folgenden Normen³⁾ hergestellt werden:

*) Angenommen auf der Jahresversammlung 1913. Veröffentlicht: ETZ 1913, S. 1096. Die „Normalien für Freileitungen“ sind entstanden durch Neubearbeitung und Ergänzung der früheren „Vorschriften über die Herstellung und Unterhaltung von Holzgestängen für elektrische Starkstromanlagen“. Letztere waren am 8. 6. 03 beschlossen worden mit Gültigkeit ab 1. 7. 03. Abgedruckt waren sie ETZ 1903, S. 682. Über die verschiedenen Fassungen der „Normalien für Freileitungen“ gibt die nachstehende Tabelle Aufschluß.

	Beschlossen	Gültig ab	Veröffentlicht in der ETZ
Erste Fassung:	7. 6. 07	1. 1. 08	07, Seite 825
Änderung der ersten Fassung:	30. 5. 11	1. 7. 11	11, Seite 450
Zweite Fassung:	19. 6. 13	1. 1. 14	13, Seite 1096.

Während des Krieges und der Übergangszeit wurden einige Änderungen an den Normalien vorgenommen, welche bis auf Widerruf in Geltung bleiben sollen. Diese Änderungen sind in dieser Ausgabe durch besondere Fußnoten berücksichtigt

¹⁾ Die beigefügten Zahlen mit Klammern verweisen auf den entsprechenden Absatz der Erläuterungen.

* Der Abschnitt Ib wird für Eisenleitungen^{†)} mit Ausnahme des ersten Satzes außer Kraft gesetzt. Mit Rücksicht auf den Widerstandszuwachs durch Hauteffekt bei größerer

^{†)} Bezüglich der Verwendung von Eisen für Freileitungen s. auch ETZ 1914, S. 1109 u. 1915, S. 9 u. 44.

Querschnitt (Nennwert) qmm	Drahtzahl		Drahtdurch- messer mm (Nennwert)	Seildurchmesser mm (Nennwert d)
10	1	(massiv)	3,5	—
16	1	„	4,5	—
16	7	(verseilt)	1,7	5,2
25	7	„	2,1	6,5
35	7	„	2,5	7,7
50	14	„	2,1	9,2
70	19	„	2,1	10,9
95	19	„	2,5	12,7
120	19	„	2,8	14,2
150	30	„	2,5	15,9
185	37	„	2,5	17,7
240	37	„	2,8	20,1
310	61	„	2,5	22,9

Die Schlaglänge soll das 12- bis 15fache des äußeren Seildurchmessers betragen.

c) Material:*)

1. Normales Material⁴⁾: Als normales Material gelten Kupfer und Aluminium⁵⁾, deren Beschaffenheit folgenden Bedingungen entspricht:

Drahtstärke, sowie mit Rücksicht darauf, daß zu dünne Drähte mechanisch nicht widerstandsfähig genug sind, wird empfohlen, bei Seilen den Drahtdurchmesser von 1,5 mm nicht wesentlich zu unterschreiten^{3a)}. (Veröffentlicht ETZ 1919, H. 4, S. 41.)

*) Im allgemeinen ist als Material für Freileitungen Eisen zu verwenden. Wenn seine Leitfähigkeit nicht ausreicht, kann Aluminium angewendet werden. Reicht die Leitfähigkeit von Aluminium noch nicht aus, oder ist dieses Metall nicht in ausreichender Menge vorhanden, so darf bis auf weiteres Kupfer^{†)} verwendet werden. Die untere Grenze der Leitfähigkeit von Kupfer wird auf 40 festgesetzt, um die Verwendung von nicht elektrolytischem Kupfer zu ermöglichen. Hierbei müssen aber die Vorschriften unter Ic2 eingehalten werden. (Veröffentlicht ETZ 1919, H. 37, S. 457.)

†) Das bisher bestandene Verbot der Verwendung von Kupfer für Freileitungen (s. ETZ 1919, H. 4, S. 41) wird angesichts der zurzeit bestehenden Notlage auf dem Aluminiummarkt bis auf weiteres aufgehoben.

mm Durchmesser			Zuglast in kg, die mindestens 1 Minute lang wirken soll, ohne zum Bruch zu führen		Widerstand in Ohm/km bei 20° C höchstens	
Nennwert	Grenzwerte		Kupfer	Aluminium	Kupfer	Aluminium
	von	bis				
1,7	1,7	1,75	90	—	8,0	—
2,1	2,1	2,2	140	60	5,2	9,0
2,5	2,5	2,6	200	85	3,7	6,4
2,8	2,8	2,9	250	105	3,0	5,0
3,5	3,5	3,6	380	—	1,85	—
4,5	4,5	4,6	600	—	1,15	—

Außerdem sollen die Drähte bei dem Festigkeitsversuch in Form eines ausgeprägten Fließkegels zerreißen⁶⁾.

Die im Anhang gegebenen Montagetabellen*) beruhen auf der Annahme, daß im ungünstigsten Belastungsfall (vgl. Absatz d)

massive Kupferleiter mit 12 kg pro qmm,

Kupferseile mit 16 kg pro qmm,

Aluminiumseile mit 7 kg pro qmm**)

**) Die Durchhänge von Leitungen, die nach den „Normalien“ gespannt werden, führen durch die Gefahr des Zusammenschlagens vielfach zu einer unzulässigen Herabsetzung der elektrischen Sicherheit. Andererseits erscheint nach den vorliegenden Betriebserfahrungen die laut Id angenommene Zusatzlast (190 + 50 d) g für 1 m Leitungslänge, hervorgerufen durch Wind bzw. Eis, unnötig hoch. Außerdem ist bei Aluminiumleitungen eine Erhöhung der Höchstbeanspruchung zulässig, wenn eine erhöhte Bruchfestigkeit des Aluminiums nachgewiesen wird. Deshalb wird in Abänderung des Abschnitts Ic1 der „Normalien“ die Zugbeanspruchung für Aluminiumseile mit 9 kg/mm² zugelassen, wenn die Zuglast in kg, die mindestens eine Minute wirken soll, ohne zum Bruch zu führen, für Drähte von 2,1 mm Nenndurchmesser 65 kg, für solche von 2,5 mm 90 kg und für solche von 2,8 mm 115 kg beträgt. (Veröffentlicht ETZ 1919, H. 4, S. 42.)

*) Die Montagetabellen sind bis auf weiteres nicht gültig, da die im Abschnitt Id der Berechnung zugrunde zu legende Zusatzlast (190 + 50 d) g für 1 m Leitungslänge, hervorgerufen durch Wind resp. Eis, geändert ist (s. nächste Seite). Der in den „Normalien“ mit aufgeführte „Anhang“ sowie die dazu gehörigen Montagetabellen sind daher im vorliegenden Neudruck fortgelassen.

Zug gespannt seien. Diese Grenzwerte sind auch dann einzuhalten, wenn in Ausnahmefällen Kupfer oder Aluminium mit anderen als den in den Montagetabellen*) genannten Spannweiten verlegt werden.

2. Anderes Material⁷⁾: Anderes Material (auch Kupfer und Aluminium mit besonderen Eigenschaften) ist unter den Beschränkungen des Absatzes b zugelassen mit der Maßgabe, daß die Zugspannung im ungünstigsten Belastungsfall (vgl. Absatz d) für massive Drähte ein Drittel, für Seile die Hälfte der Streckgrenze nicht überschreiten darf. Als Streckgrenze ist diejenige Zugspannung zu verstehen, die eine Minute lang auf das Material wirken kann, ohne eine mehr als 0,2 % der Meßlänge betragende bleibende Dehnung zu erzeugen.

Außerdem sollen die Drähte bei dem Festigkeitsversuch in Form eines ausgeprägten Fließkegels zerreißen⁶⁾.

d) Festigkeitsrechnungen.

Den Festigkeitsrechnungen ist das eine Mal eine Temperatur von -20°C ohne zusätzliche Belastung, das andere Mal eine Temperatur von -5°C und eine zusätzliche Belastung, hervorgerufen durch Wind resp. Eis, zugrunde zu legen. Diese Zusatzlast ist hierbei gleich $(190 + 50 \times d)$ g pro m Leitungslänge einzusetzen †) wobei d den Leitungsdurchmesser, bei isolierten Leitungen den Außendurchmesser in mm bedeutet. In keinem dieser Fälle darf die Beanspruchung des Leitungsmaterials die unter c) festgesetzte

†) Die Zusatzlast $(190 + 50 d)$ g für 1 m Leitungslänge ist bis auf weiteres in $(180 \sqrt{d})$ geändert. In Gegenden, in denen nachweislich große Eislast zu erwarten ist, muß die Sicherheit der Anlage durch zweckdienliche Maßnahmen erhöht werden. Als solche werden empfohlen: Verringerung des Mastabstandes, Herabsetzung der Höchstbeanspruchung der Leitung bei gleichzeitiger Vergrößerung der Leiterabstände. (Veröffentlicht ETZ 1919, H. 4, S. 42.)

*) Die Montagetabellen sind bis auf weiteres nicht gültig, da die im Abschnitt I d der Berechnung zugrunde zu legende Zusatzlast $(190 + 50 d)$ g für 1 m Leitungslänge geändert ist (s. oben). Die Montagetabellen sind deshalb im vorliegenden Neudruck fortgelassen.

Höchstbeanspruchung überschreiten⁸⁾). Für blanke⁹⁾ Kupfer- und Aluminiumleitungen dürfen die Züge und Durchhänge die Grenzwerte der im Anhang beigefügten Tabellen*) nicht überschreiten. Liegen die Stützpunkte nicht auf gleicher Höhe, so gelten dieselben Grenzwerte mit der Maßgabe, daß unter Spannweite die Entfernung der Stützpunkte, horizontal gemessen, und unter Durchhang der Abstand zwischen der Verbindungslinie der Stützpunkte und der dazu parallelen Tangente an die Durchhangslinie, vertikal gemessen, verstanden wird¹⁰⁾.

e) Leitungsverbindungen.

Leitungsverbindungen müssen mindestens 85 % der Festigkeit der zu verbindenden Leitungen besitzen. Verbindungen mit kleinerer Festigkeit, sowie Lötverbindungen müssen von Zug entlastet sein¹¹⁾. †)

f) Fernsprechleitungen.

Bezüglich Fernsprechleitungen, welche an einem Freileitungsgestänge für Hochspannung verlegt sind, siehe § 20 und 22 der Errichtungsvorschriften (insbesondere § 22 i und k).

II. Gestänge.

a) Allgemeines.

Die Maste sind zu berechnen für den Spitzenzug und außerdem für den in der gleichen Richtung auf den Mast selbst entfallenden Winddruck. Unter Spitzenzug versteht man den auf die Mastspitze bezogenen, in einer der Hauptachsen angreifenden nutzbaren Zug.

Der Spitzenzug der Tragmaste wird durch den in horizontaler Richtung rechtwinklig zur Leitungsebene auf die halbe Länge sämtlicher Leitungen¹²⁾ der beiden Nachbarfelder wirkenden Winddruck bestimmt. In der Leitungs-

†) Der Abschnitt erhält bis auf weiteres folgenden Zusatz:
„Für Eisenleitungen, die mit nicht mehr als 12 kg/mm² gespannt sind, gilt letzteres nicht.“^{11a)} (Veröffentlicht ETZ 1919, H. 4, S. 42.)

*) Siehe Fußnote S. 6.

richtung müssen die Maste mindestens $\frac{1}{4}$ dieses Zuges aufnehmen können. Tragmaste sind nur in gerader Linie oder bis zur Abweichung von 5° zulässig.

Als Spitzenzug der Eckmaste für Richtungsänderungen über 20° ist die Resultierende aus den größten Leitungszügen einzusetzen. Für kleinere Richtungsänderungen gilt der Spitzenzug für 20° Abweichung.

Als Spitzenzug der Abspannmaste sind $\frac{2}{3}$ des größten einseitigen Leitungszuges einzusetzen¹³⁾. Für Endmaste ist der ganze Zug zu berücksichtigen.

b) Holzgestänge¹⁴⁾.

Einfache Holzmaste für Niederspannungsleitungen müssen mindestens 13 cm, solche für Hochspannungsleitungen mindestens 15 cm Zopfstärke aufweisen. Bei A-Masten und gekuppelten Stangen ist eine Herabsetzung der Zopfstärke bis auf 12 cm zulässig.

Die Beanspruchung der Maste darf bei imprägnierten oder gegen Fäulnis in anderer Weise geschützten Stangen oder bei solchen aus besonders widerstandsfähigen Holzgattungen (wie z. B. Lärche) 110 kg/qcm, bei nicht imprägnierten Weichholzstangen 80 kg/qcm nicht überschreiten. Die gleichen Werte sind auch der Berechnung zusammengesetzter Stützpunkte (A-Maste, Doppelmaste usw.) zugrunde zu legen¹⁵⁾.

Bei Berechnung der Maste ist der Winddruck mit 125 kg/qm senkrecht getroffener Fläche der Leitung und der Konstruktionsteile anzunehmen. Bei Leitungen ist die Fläche gleich dem 0,5fachen¹⁶⁾, bei Masten gleich dem 0,7fachen des Durchmessers, multipliziert mit der Länge in die Rechnung einzusetzen.

An Stelle der Rechnung auf vorstehender Grundlage kann für gerade Strecken und einfache Holzmaste die Zopfstärke Z entsprechend der Formel

$$Z = 1,2 \cdot \sqrt{D \cdot H} \quad 17)$$

bestimmt werden, wobei für die Stangenabstände folgende Höchstwerte zulässig sind:

Für Linien mit einem Gesamtquerschnitt der Leitungsdrähte und Schutzdrähte¹⁸⁾:

a) bis 110 qmm	80 m
b) über 110 bis 210 qmm	60 m
c) über 210 bis 300 qmm	50 m
d) über 300 qmm	40 m

In obiger Formel bedeutet D die Summe der Durchmesser aller an dem Mast verlegten Leitungen in mm und H die mittlere Höhe der Leitungen am Mast in m.

Bei Überführung über verkehrsreiche Fahrwege müssen die Stangenabstände den besonderen Umständen entsprechend geringer gewählt werden *).

c) Gestänge aus Flußeisen.

Die Beanspruchung der Eisenkonstruktionen auf Zug, Druck und Biegung darf im ungünstigsten Falle 1500 kg/qcm (Normalspannung), die Scheerbeanspruchung der Niete 1200 kg/qcm, die der Schrauben 750 kg/qcm, der Lochleibungsdruck das Doppelte dieser Werte nicht überschreiten**). Die auf Druck beanspruchten Glieder müssen eine zweifache Sicherheit gegen Knicken nach der Tetmajerschen Formel haben, wenn:

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{\text{Knicklänge in cm}}{\text{Trägheitshalbmesser}} < 105$$

ist. Der Sicherheitsgrad wird durch das Verhältnis $\frac{\text{Knicks-}}{\text{Normal-}} \frac{\text{spannung}}{\text{spannung}}$ bestimmt, worin nach Tetmajer die Knickspannung = $3100 - 11,41 \cdot \frac{l}{i}$ ist. Der Trägheitshalbmesser ist definiert durch die Gleichung $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$.

*) Dieser Absatz „Bei Überführung über verkehrsreiche Fahrwege müssen die Stangenabstände den besonderen Umständen entsprechend geringer gewählt werden“, wird bis auf weiteres außer Kraft gesetzt. (Veröffentlicht ETZ 1919, H. 4, S. 42.)

**) Dieser Satz erhält bis auf weiteres folgende Fassung:

Die Beanspruchung der Eisenkonstruktionen auf Zug, Druck und Biegung darf im ungünstigsten Falle 1500 kg/cm² (Normalspannung), die Scheerbeanspruchung der Niete 1200 kg/cm², die der Schrauben 900 kg/cm², der Lochleibungsdruck das Doppelte der Scheerbeanspruchung nicht überschreiten. Die auf Druck... (Veröffentlicht ETZ 1919, H. 4, S. 42.)

Ist $\lambda > 105$, so müssen die auf Druck beanspruchten Glieder nach der Eulerschen Formel für die zulässige Belastung P in kg nach

$$P = \frac{J \cdot \pi^2 \cdot E}{n \cdot l^2}$$

berechnet werden, worin der Sicherheitsgrad $n = 3$ zu setzen ist¹⁹⁾.

J ist in beiden Fällen das Trägheitsmoment bezogen auf die zu einem Winkelschenkel parallele Achse (J_ξ), F die ungeschwächte Querschnittsfläche des Profils in qcm und E der Elastizitätsmodul = 2150000 kg/qcm.

Hierbei müssen die Diagonalen eines Feldes bei der Abwicklung der Mastseiten parallel zueinander gerichtet sein. Bei nicht parallelen Diagonalen ist an Stelle von J_ξ das kleinste Trägheitsmoment ($J_{\min.}$) für die Eckständer einzusetzen. Bei Berechnung der Diagonalen und bei Stäben, die reine Druckspannungen erhalten, ist stets das kleinste Trägheitsmoment ($J_{\min.}$) einzusetzen.

Die Abstände für die Anschlußnieten der Diagonalen an den Knotenpunkten sind so klein wie möglich zu bemessen.

Für sämtliche Konstruktionsteile sind Anschlußnieten unter 13 mm Durchmesser und Eisenstärken unter 4 mm unzulässig.

Für die verschiedenen Mindeststabbreiten sind die größten zulässigen Nietdurchmesser nachstehender Tabelle zu entnehmen:

Stabbreite in mm	35	45	55	60	70	80
Nietdurchmesser in mm	13	16	18	20	23	26

Bei Zuggliedern ist die Nietschwächung zu berücksichtigen.

Die Durchbiegung der Maste darf höchstens 2% der freien Länge betragen, wobei der Winddruck als gleichmäßig auf die freie Mastlänge verteilt einzusetzen ist. Als ungünstigster Fall gilt eine Windbelastung von 125 kg/qm senkrecht getroffener Fläche der Leitungen und der Masten. Hierbei ist entweder der wirkliche Winddruck festzustellen, oder es ist als Windfläche die Hälfte einer als voll angenommenen Mastwand zu berücksichtigen unter Vernach-

lässigkeit der Konstruktionsteile und der Saugwirkung auf der Rückseite. Der Winddruck ist dabei in halber Höhe der freien Mastlänge angreifend anzunehmen. Bei Leitungen ist die Fläche gleich dem 0,5fachen¹⁶⁾, bei runden Masten gleich dem 0,7fachen des Durchmessers, multipliziert mit der Länge, einzusetzen.

d) Gestänge aus besonderen Materialien.

Gestänge aus besonderen Materialien dürfen bis zu $\frac{1}{3}$ der vom Lieferanten zu garantierenden Bruch- und Knickfestigkeit, gußeiserne Konstruktionsteile jedoch nur bis zu 300 kg/qcm beansprucht werden²⁰⁾.

e) Aufstellung der Gestänge.²¹⁾

Die Maste und Gestänge sind ihrer Länge und der Bodengattung entsprechend tief einzugraben (im allgemeinen wird $\frac{1}{6}$ der Mastlänge als Eingrabungstiefe gefordert) und gut zu verrammen (in weichem Boden entsprechend der Beanspruchung zu sichern). Die Verbindungen von Streben mit Holzmasten müssen durch durchgehende Verschraubungen oder durch Schellen hergestellt werden. Bei Verstrebungen sind auch noch Querverbindungen mit dem Mast anzubringen.

In Winkelpunkten der Leitungsführung ist der Eckmast mit einer seiner beiden Hauptachsen in Richtung der sich aus den Leitungszügen ergebenden Resultierenden zu stellen.

Erfolgt die Aufstellung abweichend hiervon, so ist der Mast entsprechend der Richtung des Spitzenzuges zu der Hauptachse zu berechnen, und zwar so, daß die Resultierende nach den Hauptachsen zu zerlegen und der Mast für die Summe der beiden Komponenten zu bemessen ist²²⁾.

Bei Mastfundamenten gilt die erforderliche Standsicherheit der Gestänge im allgemeinen als nachgewiesen, wenn die Kantenpressung an der Fundamentsohle ohne Berücksichtigung des seitlichen Erddruckes bei dem größten vorkommenden Umsturmmoment das für den Baugrund zulässige Maß (normal 2,5 kg/qcm) nicht überschreitet, mit der Maßgabe, daß das Gewicht des auflastenden Erdreiches bis zu einem Böschungswinkel von 30° gegen die Vertikale berück-

sichtigt werden kann*). Bei der Berechnung des Fundamentes ist das Gewicht des Betons mit 2000 kg/cbm und das Gewicht des auflastenden Erdreiches mit 1600 kg/cbm einzusetzen.

Über Anordnung der Maste an verkehrsreichen Fahrwegen wird auf § 22k der Errichtungsvorschriften verwiesen.

Bei der Errichtung von Leitungen mit Holzmasten in Gegenden, die besonders heftigen Stürmen ausgesetzt sind, soll auch in geraden Strecken in der Regel alle 500 m ein verankerter Mast vorgesehen werden. Abspannmaste gelten als verankerte Maste²³⁾.

Bei Verwendung eiserner Maste soll auch auf geraden Strecken mindestens alle 3 km ein Abspannmast gesetzt werden, sofern nicht durch Eck- oder Kreuzungsmaste schon für Abspannung gesorgt ist.

f) Konstruktion der Gestänge mit Rücksicht auf Vogelschutz.

Zur Vermeidung der Gefährdung von Vögeln sind bei Hochspannung führenden Starkstromleitungen die Befestigungsteile, Traversen, Stützen usw. möglichst derartig auszubilden, daß Vögeln eine Sitzgelegenheit dadurch nicht gegeben wird. Wo dies nicht zugänglich ist, sind die horizontalen Abstände zwischen einer Hochspannung führenden Starkstromleitung und geerdeten Eisenteilen mindestens 300 mm groß zu machen²⁴⁾.

III. Befestigungspunkte der Leitungen.

a) Bunde.

Der Bindedraht soll stets aus demselben und bei Leichtmetallen aus möglichst gleich hartem Material bestehen wie

*) Dieser Satz erhält bis auf weiteres folgende Fassung:
„Bei Mastfundamenten gilt die erforderliche Stand-
sicherheit der Gestänge im allgemeinen als nachgewiesen,
wenn die Abmessungen der Fundamente nach den Formeln
nach Fröhlich ‚Beitrag zur Berechnung von Mastfunda-
menten‘ (vgl. ‚Zeitschrift für Bauwesen‘, Jahrgang 1915,
Heft 10 bis 12) ermittelt werden.“ (Veröffentlicht ETZ 1919,
H. 4, S. 42.)

die Leitung selbst. Die Bunde der Leichtmetalleitungen sind ferner vor Zerrung, gleitender Reibung, Vibration und Einschneiden zu schützen²⁵⁾.

Bei Abweichung von der Geraden ist die Leitung so zu legen, daß der Isolator von der Leitung auf Druck beansprucht wird.

b) Isolatoren.

Die Überschlagsspannung der Hochspannungsisolatoren soll bei senkrecht und bei 45° geneigt einfallendem Regen von 3 mm Niederschlagshöhe in der Minute mindestens gleich der doppelten Netzspannung sein. Die Prüfung hat möglichst den praktischen Verhältnissen in bezug auf Stütze und Lage der Isolatoren entsprechend an Stichproben zu erfolgen. Die Benetzung soll fünf Minuten lang dauern.

Die normale Durchschlagsprüfung soll sich auf alle Isolatoren und über eine Viertelstunde im Wasserbade erstrecken, dabei soll die Durchschlagsspannung der Isolatoren größer sein als die Überschlagsspannung. Bei Isolatoren für weniger als 2000 V Netzspannung genügen Stichproben mit 5000 V Prüfspannung.

c) Stützen.

Für die Isolatorenstützen gelten die gleichen Festigkeitsgrundsätze wie für die eisernen Gestänge. Für die Befestigung der Isolatoren auf den Stützen wird Aufhanfen empfohlen²⁶⁾.

IV. Besondere Bestimmungen zur Vermeidung von Schutznetzen.*)

Sollen durch erhöhte Sicherheit²⁷⁾ im Sinne des § 22 h und k Schutznetze vermieden werden, so sind besondere Vorkehrungen zu treffen, und zwar:

*) Abschnitt IV erhält bis auf weiteres folgende Fassung:
IV. Besondere Bestimmungen zur Vermeidung von Schutznetzen.

Sollen durch erhöhte Sicherheit im Sinne des § 22 h und k Schutznetze vermieden werden, so sind besondere Vorkehrungen zu treffen.

1. Die Leitung darf nur als Seil ausgeführt werden. Kupfer- und Eisenseile sollen einen Mindestquerschnitt von 16 mm², Aluminiumleitungen von 35 mm² aufweisen.

a) bei Parallelführung von Leitungen, wenn sie sich einem verkehrsreichen Fahrweg so weit nähern, daß Vorübergehende durch Drahtbrüche gefährdet werden können:

1. Die Leitung darf bei Kupferseilen nur mit 12 kg, bei Massivkupferleitungen nur mit 8 kg, bei Aluminiumleitungen nur mit 5 kg pro qmm, bei anderen Materialien nur mit $\frac{2}{3}$ der sonst unter I_c zugelassenen Beanspruchung verlegt werden²⁸⁾.

2. Die Befestigung der Leitungen an den Isolatoren ist so auszuführen, daß bei Isolatorbruch und hierdurch entstehendem Lichtbogen zwischen Leitung und Eisenteilen die beiden Enden der etwa abschmelzenden Leitung nicht herunterfallen können, sondern durch zweckdienliche Einrichtungen zusammengehalten werden. Als solche kommen in Frage: Sicherheitsbügel²⁹⁾, doppelte Aufhängung³⁰⁾ oder Verwendung mechanisch besonders sicherer Isolatoren, in Verbindung mit besonders starkem Bund (z. B. Wickelbund).

b) Bei Kreuzungen außerdem:

3. Die Maste sind so zu berechnen, daß entweder jeder einzelne Mast den gesamten Leitungszug aufnimmt, oder es muß jeder der beiden an der Kreuzung stehenden Maste dem halben im Nachbarfeld vorhandenen Zuge genügen, wobei die Maste mit einem Spannseil verbunden sein müssen, welches die Differenz des Leitungszuges mit erhöhter Sicherheit aufzunehmen in der Lage ist.

Es ist dabei angenommen, daß bei einem Leitungsbruch im Nachbarfeld der einseitige Zug der Leitung durch beide Maste zusammen aufgenommen werden muß.

An Winkelpunkten kann erhöhte Sicherheit erreicht

2. Die Befestigung der Leitungen an den Isolatoren ist so auszuführen, daß bei Isolatorbruch und hierdurch entstehendem Lichtbogen zwischen Leitung und Eisenteilen die beiden Enden der etwa abschmelzenden Leitung nicht herunterfallen können, sondern durch zweckdienliche Einrichtungen zusammengehalten werden. Als solche kommen in Frage: Sicherheitsbügel²⁹⁾, doppelte Aufhängung³⁰⁾ oder Verwendung mechanisch besonders sicherer Isolatoren in Verbindung mit besonders starkem Bund (z. B. Wickelbund). (Veröffentlicht ETZ 1919, H. 4, S. 42.)

werden durch Fangbügel oder Abspannung der Leitungen an zwei Isolatoren.

V. Prüfung fertiger Hochspannungsfreileitungen mit Spannungen von 2000 bis einschließlich 50000 V.*)

Vor Inbetriebnahme müssen solche Hochspannungs-Freileitungen einschließlich der Einführungen in Zentrale und Unterstationen gegen Erde mit dem 1,5fachen Wert der Spannung³¹⁾ des Netzes geprüft werden³²⁾. Die Dauer der Prüfung muß mindestens 30 Minuten betragen. Tritt ein Durchschlag ein, so ist nach Beseitigung des Fehlers die Prüfung zu wiederholen.

Zur Vermeidung von Überspannungserscheinungen ist die Spannung von der Netzspannung ab tunlichst zu steigern³³⁾.

Bei Parallelführung mit Schwachstromleitungen der Telegraphenverwaltung ist es erforderlich, diese vor der Prüfung zu benachrichtigen.

Anhang.)**

Grenzwerte für Montagetabellen für blanke Kupfer- und Aluminiumleitungen.³⁴⁾

Erläuterungen zu den „Normalien für Freileitungen“.

Die bisher gültigen Normalien für Freileitungen stehen mit der praktischen Ausführung häufig in Widerspruch.

Die durch die Freileitungs-Kommission neu bearbeiteten Normalien tragen den veränderten Verhältnissen Rechnung, insbesondere stützen sie sich auf die bei dem Bau neuerer Anlagen gesammelten Erfahrungen.

1. Auch Leitungen aus isolierten Drähten fallen darunter^{***)}.

*) Der Abschnitt V wird bis auf weiteres außer Kraft gesetzt. (Veröffentlicht ETZ 1919, H. 4, S. 42.)

***) Siehe Anmerkung *) auf S. 5.

***) Zu Freileitungen werden in bestimmten Fällen sogenannte wetterfest isolierte Leitungen verwendet, z. B. bei Kreuzung von Niederspannungs-Freileitungen mit Fernsprech- und Telegraphenleitungen oder bei Freileitungen auf Dächern, in der Nähe von Ausbauten, Fenstern od. dergl.

Es wird darauf hingewiesen, daß es zwei Arten sogenannter wetterfester

2. Die grundsätzliche Verschiedenheit der Anwendungsart von Fahrleitungen gegenüber anderen Freileitungen (z. B. in bezug auf die Drahtdurchmesser) ließ es notwendig erscheinen, künftig die Material- und Berechnungsvorschriften der beiden Gebiete völlig zu trennen.

3. Massive Leitungen sind durch dynamische Beanspruchungen unter Zug so stark gefährdet, daß Leichtmetalle als massive Leiter überhaupt nicht mehr zugelassen werden konnten. Nur Metalle mit mehr als 7,5 spezifischem Gewicht, wie Kupfer, Bronzen usw., dürfen unter gewissen Vorsichtsmaßregeln (siehe Absatz c) in Einzeldrähten aufgehängt werden. Als kleinster Querschnitt ist für Schwermetalle 10 qmm, für Leichtmetalle 25 qmm erlaubt. Die normalen Seilkonstruktionen sind aus dem Wunsch entstanden, erstens möglichst wenig Drahtsorten zu benötigen, und zweitens deren Dimensionen in ein Gebiet zu verlegen, in dem nach den Erfahrungen der Fabrikanten bei dem normalen Arbeitsverfahren einerseits genügende Festigkeit gewährleistet und andererseits noch nicht übermäßige Einbuße an Zähigkeit zu befürchten ist.

3a. Die im Abschnitt Ib geforderten Seilkonstruktionen sind aus dem Wunsch entstanden, möglichst wenig Drahtsorten zu benötigen. Da aber nicht alle Fabriken, welche Drähte und Seile aus Eisen liefern, auf die in dem Abschnitt vorgeschriebenen Drahtstärken eingerichtet sind, andererseits bei Verwendung von Eisen auf Widerstandserhöhung durch Hautwirkung (Skineffekt) Rücksicht genommen werden muß, so wurde es für nötig gehalten, den Absatz für Eisen zu streichen. (Veröffentlicht ETZ 1919, H. 4, S. 41.)

4. Als normales Material für Freileitungen waren diejenigen elementaren Metalle anzusehen, deren physikalische Beschaffenheit als völlig erforscht und nur in engen Grenzen variabel gelten konnte, also Kupfer und Aluminium.

Bei gegebenem Drahtdurchmesser erschien der Stoff

Leitungen gibt, nämlich einmal blanke Leitungen, die nur mit einem wetterfesten Überzug versehen sind. Sie entsprechen also nicht den „Normalien für isolierte Leitungen“ und gelten nach § 19^a der Err. V. nicht als isolierte Leitungen, sondern als blanke. Außerdem gibt es wetterfest isolierte Leitungen, deren Isolierung nicht nur den „Normalien“ entspricht, sondern welche noch besonders gegen Verwitterung geschützt ist. Nach dieser Art isolierte Leitungen sind z. B. anzuwenden, um die in § 22 b der Err. V. gestellten Anforderungen zu erfüllen.

durch den Leitungswiderstand, sein Bearbeitungszustand und damit sein im Betrieb nutzbares Tragvermögen durch die Bruchlast zur Genüge definiert. Um Zweifel über die Meßmethode auszuschließen, wurde bestimmt, daß die vorgeschriebene Mindestzuglast mindestens eine Minute lang wirken müsse, ehe sie zum Bruch führe. Die im Betrieb höchstens zulässigen Zugspannungen für Kupfer und Aluminium sind in erster Linie nach den praktischen Erfahrungen im Leitungsbau während der letzten Jahre gewählt unter Berücksichtigung der technologischen Gesichtspunkte. Die Sicherheit massiver Kupferdrähte ist absichtlich etwas größer gewählt als die verseilter Drähte.

5. Bei Aluminium wird vor chemischen Einflüssen (z. B. Rauchgasen usw.) gewarnt. Es ist in Industriegegenden und an der Meeresküste Vorsicht geboten.

6. Als ausgeprägt soll ein Fließkegel gelten, wenn er mindestens 30 % Querschnittsverjüngung enthält. Dieser Zähigkeitsnachweis wurde als Ersatz der früheren Dehnungsmessung eingeführt, weil als Dehnung hartgezogener Drähte in der Regel nur eine winzige wirkliche gleichförmige Längung, daneben aber hauptsächlich der prozentuale Längenanteil des Fließkegels auftritt. Die Existenz des Fließkegels konnte also als das einfachere Bewertungsmittel direkt herangezogen werden. 30 % Querdurchschnittsverjüngung ist eine Erscheinung, die sich dem Auge nach kurzer Übung einprägt. Es wird sich also sogar die Messung in der Mehrzahl der Fälle erübrigen, zumal die tatsächliche Querschnittsverjüngung der zähen Metalle 30 % merklich zu übersteigen pflegt und somit zuverlässige Schätzungen ermöglicht.

7. Andere Leitungsmaterialien, also Legierungen, wie Bronzen, Hartaluminium, Bimetalle usw., sind zwar zugelassen und grundsätzlich denselben Festigkeitsrechnungen unterworfen, wie Kupfer und Aluminium; nur wird ausdrücklich in bezug auf Zähigkeit und chemische Beständigkeit zur Vorsicht gemahnt. Dies gilt auch für Kupfer und Aluminium mit besonderen Eigenschaften, z. B. mit ungewöhnlich hoher Festigkeit, weil die Verfestigung unter Umständen auf Kosten der Zähigkeit zu weit getrieben sein kann.

Leitungen, welche stark angreifenden Dämpfen ausge-

gesetzt sind, können bei Verwendung sehr feindrätiger Litzen unter Umständen gefährdet sein. Daher wird es sich empfehlen, solche Leitungen nicht unter 35 qmm Querschnitt zu machen, damit die einzelnen Drähte mindestens 2,5 mm Durchmesser erhalten, und ein Seil von 50 qmm statt 14-litzig 7-litzig auszuführen.

8. Die Erfahrung der letzten Jahre lehrt, daß die alte Berechnungsregel, die ein vielfaches des Querschnittes als Zusatzlast bei -5°C annahm, zur Sicherung kleinerer Querschnitte nicht genügte, die großen Querschnitte jedoch zu ungünstig belastete. Selbst die Annahme von Proportionalität zwischen Zusatzlast und \sqrt{q} ist nur für den Winddruck richtig, für Eis, Schnee und Reif jedoch immer noch bei kleinem q zu günstig. Da Drahtbrüche bei 35 qmm Querschnitt infolge Überlastung durch Eislast oder Winddruck nicht bekannt wurden, so wurde für diesen Querschnitt die frühere Zusatzlast als ungefähr richtig angenommen.

Es wurde nun eine empirische Formel, welche die ungünstigsten Fälle für Eis und Wind einbegriff, aufgestellt, welche für stärkere Querschnitte (50 qmm und darüber) eine geringere Zusatzlast ergibt, für die kleineren Querschnitte dagegen eine größere Sicherheit bietet. Obige Formel ergibt für Kupferleitungen eine Gewichtsvermehrung durch Zusatzlast, welche z. B. bei 95 qmm Leitungsquerschnitt das Doppelte, bei 16 qmm das Vierfache, bei 10 qmm sogar das Sechsfache des Eigengewichtes beträgt, während diese Gewichtsvermehrung nach den bisherigen Normalien bei allen Querschnitten dem 2,65-fachen Eigengewicht entsprach.

Bei Leitungen verschiedenen Querschnittes auf einem Gestänge sind die Leitungen nach dem Durchhang des schwächsten Querschnittes zu spannen, sobald die gegenseitige Lage der Drähte ein Zusammenschlagen derselben möglich erscheinen läßt.

9. Bei Berechnung von Freileitungen mit wetterfester Schutzhülle ist das Mehrgewicht entsprechend zu berücksichtigen.

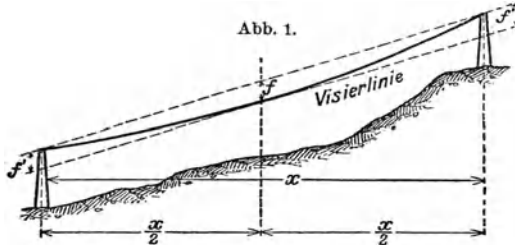
10. Die Definition der Spannweite x und des Durchhangs f bei Stützpunkten verschiedener Höhe ergibt sich aus der folgenden Abb. 1.

11. Die Vorschrift, daß die Leitungsdrähte nicht unmittelbar durch Lötung miteinander verbunden werden dürfen, wenn die Lötstelle nicht von Zug entlastet ist, rechtfertigt sich durch den Umstand, daß die Festigkeit durch die bei der Lötung eintretende Erwärmung erheblich verringert wird, so daß ohne Entlastung schwache Stellen in der Leitung vorhanden sein würden, die zum Bruch führen können.

Bezüglich der Gefahr durch Kontakt verschiedener Metalle siehe Erläuterung 25.

11a. Die im Abschnitt 1e geforderte Zugentlastung von Lötverbindungen rechtfertigt sich durch den Umstand, daß die Festigkeit von Kupferleitungen durch die bei der Lötung

$f' = f$ ist am Mast abzutragen.



eintretende Erwärmung erheblich verringert wird. Bei Eisenleitungen jedoch, die aus weichem Material bestehen, tritt eine derartige Verringerung laut ausführlichen Versuchen des Materialprüfungsamtes nicht ein, so daß von der Forderung abgesehen werden kann. (Veröffentlicht ETZ 1919, H. 4, S. 42.)

12. Etwa vorhandene Prelldrähte sind einzurechnen.

13. Um mißverständlicher Auffassung vorzubeugen, wird ausdrücklich bemerkt, daß Abzweigmaste nicht als eine Mastart für sich anzusehen sind, sondern je nach den örtlichen Verhältnissen entweder als gewöhnliche Tragmaste oder als Abspannmaste (Spitzenzug = $\frac{2}{3}$ des größten einseitigen Leitungszuges) oder als Eckmaste zu berechnen sind; es kann auch eine Verbindung beider Rechnungsarten in Betracht kommen, z. B. so, daß bei Kreuzung zweier Leitungszüge der Mast in der Richtung der einen Leitung wie ein

Abspannmast, in der Richtung der anderen Leitung wie ein Tragmast behandelt wird.

14. Zur Beurteilung des geraden Wuchses von Holzmasten kann die Telegraphen-Bauordnung der Reichspost- und Telegraphenverwaltung als Anhalt dienen, wonach die Verbindungslinie zwischen den Mittelpunkten der Hirnflächen des Stamm- und Zopfendes nirgends außerhalb des Stammes fallen darf.

15. Die Festigkeitsverhältnisse der Hölzer variieren mit der Art des Holzes und der Behandlung. Insbesondere hat auch Feuchtigkeit großen Einfluß. Daher wird auch die Festigkeit der gesetzten Stangen je nach ihrem Zustand verschieden sein. Schon daraus ergibt sich, daß eine sehr scharfe Rechnung keine innere Berechtigung hat. Man kann jedoch auf Grund zahlreicher Versuche die mittlere Bruchfestigkeit des Holzes mit 550 kg/qcm annehmen. Wenn man bei imprägnierten Stangen eine 5-fache Sicherheit als genügend betrachtet, so ergibt sich eine höchstzulässige Beanspruchung von 110 kg/qcm. Den gleichen Wert kann man auch für nicht imprägnierte Stangen aus besonders widerstandsfähigem Holz zulassen. Dagegen empfiehlt es sich, für nicht imprägnierte Stangen, bei welchen mit einer baldigen Abnahme des tragenden Querschnittes zu rechnen ist, einen geringeren Wert vorzuschreiben; deshalb wurde für solche eine Höchstbeanspruchung von 80 kg/qcm festgesetzt.

16. Für Windbelastung ist die auch für Bauwerke festgesetzte Belastung von 125 kg/qm senkrecht getroffener Fläche zugrunde zu legen. Für runde Körper wurde der Abrundungskoeffizient auf 0,5 ermäßigt, wobei man von folgenden Erwägungen ausging: Nach der Berechnung der Beanspruchung von Freileitungen durch Winddruck auf Grund der bisherigen Normalien ergibt sich beispielsweise, daß Kupferleitungen von 35 und 50 qmm Querschnitt um etwa 60° gegen ihre Ruhelage abgetrieben werden müßten. In der Praxis sind jedoch Abweichungen über 25° nicht beobachtet worden. Diese Unstimmigkeit zwischen den Ergebnissen der Berechnung und der Praxis deutet auf Unrichtigkeit der Rechnungsunterlagen hin. Auf Grund eingehender Versuche, welche übereinstimmend von mehreren Seiten unabhängig voneinander angestellt worden sind (Rebora Atti dell' Assoc.

Electr. Ital. — fasc. 3, Mai—Juni 1908; Göttinger Versuche, s. „Hütte“ 1911, Teil I, S. 376; Bowie, „Electr. World“ vom 29. September 1906; Krohne, „ETZ“ 1902, S. 593), ergaben sich Winddrücke auf zylindrische Körper von maximal 65 kg/qm bei einer Windgeschwindigkeit von 33 m/sek. Diese Drücke ergeben Auspendelungen von ca. 50°, welche immer noch wesentlich höher sind als die in der Praxis beobachteten; sie würden der Herabsetzung des Koeffizienten 0,7 für die Abrundung der getroffenen Fläche auf ca. 0,5 entsprechen. Die Kommission war daher der Meinung, daß diese Herabsetzung um so mehr gerechtfertigt ist, als der bisher übliche Wert von 0,7 nicht auf experimenteller Grundlage entstanden ist, sondern auf Annahme beruht. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß der Winddruck immer nur Teile der Leitungsanlage gleichzeitig in derselben Stärke trifft.

17. Für die Bestimmung der erforderlichen Zopfstärken der Maste ist die bisherige Formel beibehalten worden, aus der sich die Zopfstärke als proportional der Wurzel aus dem Produkte der Summe der Leitungsdurchmesser und der mittleren Höhe der Leitungen über dem Erdboden ergibt. Diese Formel ist aus der Überlegung entstanden, daß die Festigkeit des Mastes proportional dem Quadrate der Zopfstärke wächst, während für die Beanspruchung der Maste die seitliche Windbeanspruchung der Leitungen maßgebend ist.

In Verbindung mit den angegebenen Minimalstärken führt die Formel zu brauchbaren Werten; die geringste Zopfstärke ist bei einfachen Masten und Niederspannung auf 13 cm, bei Hochspannung auf 15 cm, bei A-Masten und gekuppelten Stangen auf 12 cm beschränkt worden.

18. Der Grundsatz, daß der Abstand der Masten bei größerer Belastung kleiner werden muß, ist beibehalten worden. Die unterste Grenzzahl, nach der die Spannweite bei Leitungen bis zu 110 qmm Gesamtquerschnitt bis zu 80 m betragen darf, ergibt sich aus der Überlegung, daß es z. B. bei drei Leitungen von je 25 qmm und einem Blitzschutzseil von 35 qmm bei entsprechender Wahl der Masten keine Bedenken hat, in gerader Strecke diesen Abstand zuzulassen. Bei größerer Belastung sind die Spannweiten entsprechend kleiner zu wählen.

19. Nach den bisherigen Bestimmungen war für Gestänge

aus Flußeisen allgemein eine größte Beanspruchung von 1500 kg/qcm festgesetzt. Aus dem Verhältnis der Festigkeit des Flußeisens von 3700 bis 4400 kg/qcm zu dieser Beanspruchung hat man dann die Sicherheit der Konstruktion zu 2,5 bis 3 angenommen. Die Maste waren allgemein nach der Eulerschen Formel mit diesen Sicherheitsfaktoren berechnet, teilweise unter Einsetzung des auf die zu einem Flansch parallele Achse bezogenen Trägheitsmomentes für die Eckwinkeleisen.

In der Praxis haben die auf diese Weise berechneten Maste zwar bisher den Beanspruchungen standgehalten, doch hat sich in zahlreichen Umbruchversuchen (Z. d. V. d. I. 1912 S. 1901 Festigkeitsversuche von Albert Buss & Co., Wyhlen, Baden; noch nicht veröffentlichte Versuche des Kaiserlichen Telegraphen-Versuchsamtes, des Freileitungsbureaus der Siemens-Schuckert-Werke, der Weserhütte-Oeynhausens, der Firma C. H. Jucho, Dortmund) gezeigt, daß die Maste eine geringere als 2-fache Sicherheit hatten. Die Kommission ist der Ansicht, daß aber eine 2-fache Gesamtsicherheit vorhanden sein muß, d. h. daß z. B. Maste für einen Gesamtspitzenzug von 1000 kg erst bei einer Belastung von mehr als 2000 kg zum Bruch kommen dürfen.

Bei beiden Berechnungsarten soll gemäß der bei versetzten Diagonalen möglichen Ausknickungsrichtung das auf die zu einem Schenkel parallele Achse bezogene Trägheitsmoment J_{ξ} eingesetzt werden.

20. Um die Einführung anderer Gestängematerialien nicht zu beschränken, ist für diese die zulässige Beanspruchung von der zu gewährleistenden Bruchfestigkeit abhängig gemacht worden.

21. Bezüglich der Aufstellung der Gestänge ist zu bemerken, daß allgemeine Regeln für die Befestigung im Boden sich nicht geben lassen. Es ist jedoch als leitender Gesichtspunkt hervorzuheben, daß diese Bodenbefestigung der Festigkeit des Mastes möglichst entsprechen soll. In gutem Boden und bei gerader Leitungsführung wird im allgemeinen ein hinreichend tiefes Eingraben und Wiederbefestigung des Bodens genügen, bei winkliger Leitungsführung und in weichem Boden wird man dagegen eine besondere Befestigung vornehmen müssen; es sei hier auf das Einbetonieren der

Masten hingewiesen. Bezüglich der Beschaffenheit des Betons ist näheres den allgemeinen Baubestimmungen zu entnehmen. Auch durch vorgelegte imprägnierte Schwellen kann gegebenenfalls der einseitigen Beanspruchung des Bodens durch den Zug der Drähte wirksam begegnet werden.

Von Drahtankern ist bei Hochspannungsmasten abzuraten, weil dadurch Beschädigungen von Personen vorgekommen sind.

Einige Zeit nach der Inbetriebnahme sind eingegrabene Masten zweckmäßig nachzustampfen.

22. Wird ein Eckmast so aufgestellt, daß die Resultierende R der Leitungszüge mit der einen Hauptachse XX des Mastes den Winkel α bildet, demnach mit der anderen Hauptachse YY den Winkel $(90^\circ - \alpha)$, so ist er für die gleichzeitig wirkenden Kräfte $R \cdot \cos \alpha$ in Richtung der Hauptachse XX und für $R \cdot \cos (90^\circ - \alpha)$ in Richtung der Hauptachse YY zu berechnen. Der Angriffspunkt der Kräfte am Mast ist der gleiche wie der der Resultierenden aus den Leitungszügen.

23. Bei Leitungen, die längs der Verkehrswege aufgestellt und besonders heftigen Stürmen, z. B. in Küstengegenden oder auf kahlen Bergrücken, ausgesetzt sind, muß eine besondere Sicherung der Maste gegen Umfallen getroffen werden, wobei die am häufigsten auftretenden Weststürme möglichst berücksichtigt werden sollen. Hierbei wird die Sicherung in Entfernungen von je 500 m für ausreichend erachtet.

24. Die Anbringung von Sitzgelegenheiten für Vögel in größeren Entfernungen von den Leitungsdrähten (z. B. durch Sitzstangen an den Mastspitzen in Richtung der Leitungen) ist ebenfalls zur Verhütung von Schäden für die Vogelwelt von einigen Seiten empfohlen worden, sollte jedoch nicht unterhalb der Leitungen stattfinden.¹⁾

25. Bei Aluminium und einigen anderen Metallen kann hartes Material positiv und weiches negativ sein, wodurch

¹⁾ Bezüglich empfehlenswerter Ausführungen mit Rücksicht auf den Vogelschutz sei auf die Veröffentlichung „Elektrizität und Vogelschutz“ hingewiesen, welche kostenlos bei der Geschäftsstelle des Bundes für Vogelschutz in Stuttgart, Jägerstraße, sowie auch bei der Geschäftsstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Berlin SW., Königgrätzerstraße 106, erhältlich ist.

elektrolytische Zerstörungen eingeleitet werden können. Bei der Verwendung von Kopfbunden ist gewisse Vorsicht nötig, weil die auf den Isolator aufliegende Leitung infolge von Schwingung und gleitender Reibung leicht verletzt wird. Am besten werden für Aluminium praktisch erprobte Spezialbunde benutzt.

Bei Aluminiumabzweigungen von Aluminiumleitungen wird darauf hingewiesen, daß durch Verwendung von Abzweigklemmen aus anderem Metall als reinem Aluminium elektrolytische Zerstörungen eingeleitet werden können. Außerdem wird empfohlen, den Zutritt von Feuchtigkeit durch geeignete Mittel zuverlässig zu verhindern. Bei Kupferabzweigungen von Aluminiumleitungen wird aus dem nämlichen Grunde zur Vorsicht gemahnt. Am besten werden praktisch erprobte Spezialkonstruktionen benutzt unter Anwendung des vorstehend empfohlenen Feuchtigkeitsabschlusses.

26. Mittel, welche ein Treiben befürchten lassen, sind zu verwerfen*).

27. Die Erfüllung der Forderung, daß in den in § 22h

* In der jetzigen Zeit soll mit Hanf sparsam gewirtschaftet werden.

Als Ersatz für das Aufhanfen von Isolatoren für Freileitungen ist die Verwendung imprägnierter Papierhülsen zu empfehlen, die von verschiedenen Firmen auf den Markt gebracht werden. Diese Isolatorhülsen, die mit einem ölartigen Isolierstoff imprägniert sind, werden in der nötigen Anzahl aufeinander über die Stütze gezogen und mit der Hand etwas zusammengepreßt; der Isolator wird dann auf die Stütze, die zweckmäßig mit einer Anzahl zahnartiger Schnitte zu versehen ist, durch langsames Drehen und mäßiges Drücken aufgeschraubt. Dadurch pressen sich die Hülsen zusammen, so daß der Zwischenraum zwischen Stütze und dem inneren mit Schraubengewinde versehenen Teil des Isolators durch die Hülsen vollständig ausgefüllt wird. Diese gewähren beim Einschrauben des Isolators einen durchaus festen elastischen Sitz. Ein Abnehmen des Isolators geht auch nach geraumer Zeit gut und leicht vonstatten. Nach Abschrauben des Isolators sind die Hülsen mit einem Schraubengewinde versehen. Isolatorbrüche sind nicht bekannt geworden. Es kommt jedoch darauf an, für jede Isolatorart die richtige Länge und Zahl der Hülsen anzuwenden. Bei der Bestellung ist daher zweckmäßig eine Zeichnung des Isolators und der Stütze einzureichen. Die Befestigung der Hülsen erfordert allerdings einige Übung. Wenn geübtes Personal nicht zur Verfügung steht, so kommt es vor, daß die Hülsen sich beim Aufdrehen durchscheuern, oder der Isolator bei stärkerer Zugbeanspruchung sich schief zieht.

Neben der Verwendung solcher Papierhülsen werden als Ersatz für Hanf auch noch Streifen von Sackleinen empfohlen. Die Reichstelegraphenverwaltung verwendet ferner noch Putzwolle und in Karbolineum getränktes Papiergewebe sowie Zeitungspapier (ohne Bindemittel). Besonders ist noch darauf hinzuweisen

und k der Errichtungsvorschriften angeführten Fällen Drahtbrüche ausgeschlossen oder die Gefahren bei Drahtbrüchen verhindert werden müssen, wurde bisher vielfach durch Verwendung von Erdungsbügeln an den Masten unterhalb der Leitungen zu erreichen versucht. Die Erfahrung hat aber gezeigt, daß diese Bügel nicht betriebssicher sind. Weiter hat sich ergeben, daß die Erdungsbügel den Nutzvögeln außerordentlich gefährlich werden. Diese lassen sich gerne auf den geerdeten Bügeln bzw. den zur Befestigung dieser Bügel dienenden Traversen nieder und gehen dann bei gleichzeitiger Berührung eines Leitungsdrahtes zugrunde. Es wird deshalb empfohlen, die Erdungsbügel durch eine andere Sicherheitsvorrichtung zu ersetzen, z. B. durch Ausführung der Leitung mit „erhöhter Sicherheit“.

28. Es wird besonders darauf hingewiesen, daß eine zu weitgehende Verminderung der zugelassenen Beanspruchung keine Vergrößerung, sondern eine Verminderung der Sicherheit zur Folge hat, da die Gefahr des Zusammenschlagens und Durchschmelzens mit dem Durchhang wächst.

29. Diese Sicherheitsbügel werden zweckmäßig aus dem gleichen Material wie die Stromleitungen hergestellt und vor und hinter dem Isolator so an diesem befestigt, daß bei Isolatorbruch die beiden Leitungsenden durch den Sicherheitsbügel zusammengehalten werden und die Leitung von der Traverse aufgefangen wird oder, falls sie von dieser abgleitet, noch mindestens 3 m vom Erdboden entfernt bleibt.

30. Sogenannte Sicherheitskupplungen geben zu Betriebsstörungen Anlaß und sind daher nicht unbedingt zu empfehlen.

31. Spannung ist bei Zweiphasenstrom die Spannung zwischen den zwei Leitern einer Phase, bei Drehstrom die verkettete Spannung.

32. Vor Beginn der Prüfung ist durch Ausästen etwa in der Nähe der Leitung stehender Bäume dafür zu sorgen, daß eine Berührung zwischen Leitungen und Baumzweigen auch bei starkem Wind ausgeschlossen ist.

daß die zum Tränken der Stoffe unter verschiedenen Namen vorhandenen Leinölersatzmittel nicht durchweg brauchbar sind, weil sie vielfach einen beißenden Geruch haben und beim Aufdrehen des Isolators die Augen der Arbeiter stark reizen. (Veröffentlicht ETZ 1916 S. 173.)

33. Bei dieser Prüfung empfiehlt es sich, passende Dämpfungswiderstände als Strombegrenzer vorzuschalten.

34. Blanke Leitungen sind so zu spannen, daß die Durchhänge nicht kleiner oder die Leitungszüge nicht größer werden, als die in den Tabellen angegebenen Grenzwerte. Dies kann erreicht werden einmal dadurch, daß man die Durchhänge an den Stützpunkten von der Rille des Isolators aus abmißt und die Leitung entsprechend der durch diese Punkte festgelegten Visierlinie spannt, oder dadurch, daß man den erforderlichen Zug mit Hilfe eines Federdynamometers einstellt.

**Allgemeine Verfügung Nr. 29/1913 des Ministeriums für
Landwirtschaft, Domänen und Forsten, Geschäftsnummer
III 5960, vom 27. Juni 1913, betreffend:**

Führung von Starkstromleitungen durch Forstbestände.

I. Aufhiebe.

In der allgemeinen Verfügung vom 8. August 1910
— III. 8502 — betreffend „Führung elektrischer Hochspann-
— II. 7708 — leitungen durch Forstbestände“ ist gesagt:

„Zum gefahrlosen Betrieb muß der Baumbestand zu beiden Seiten der Leitung aufgehauen werden. Im allgemeinen genügt hierfür ein Aufhieb von beiderseits 5 m.“

Aus dieser Fassung geht hervor, daß in besonderen Fällen auch ein geringeres Maß innegehalten werden kann. Da es nun sowohl im Interesse der Forstverwaltung (Verhütung von vielen Nachteilen für Boden, Bestand und Wirtschaftsbetrieb) wie in dem der Überlandzentralen (Kostensparnis) liegt, die Aufhiebe bei der Durchführung von Starkstromleitungen möglichst einzuschränken, wird den Regierungen anheimgestellt, soweit die örtlichen Waldverhältnisse es angebracht erscheinen lassen, von der Forderung des 10 m breiten Aufhiebes abzusehen. Insbesondere wird — gegebenenfalls unter Zuziehung unbeteiligter Sachverständiger — zu prüfen sein, ob es nicht am zweckmäßigsten ist, in älteren langschäftigen Beständen Aufhiebe gänzlich zu

vermeiden und hier die Leitungen unter dem Kronendach durchzuführen. Selbstverständlich bleibt in allen Fällen Voraussetzung, daß die Überlandzentrale, wie bisher, für jeden Schaden, welcher der fiskalischen Forst durch ihren Betrieb zugefügt wird, sowie für sämtliche Ansprüche haftet, die infolge des Betriebes etwa gegen den Forstfiskus erhoben werden.

II. Jährliche Mietzinse.

Die Höhe der jährlichen Mietzinse, die für die Benutzung forstfiskalischer Grundstücke von den Überlandzentralen zu zahlen sind, ist in erster Linie davon abhängig zu machen, ob und in welcher Breite Aufhiebe stattfinden. Einheitliche Sätze, die allen Verhältnissen Rechnung tragen, können von hier aus nicht vorgeschrieben werden.

Bei Aufhieben sind die jährlichen Mietzinse je ha Aufhiebsfläche festzusetzen. Bei ihrer Bemessung ist dafür Sorge zu tragen, daß der Forstfiskus nicht nur für die Nutzungsentziehung, sondern auch für Verluste und Nachteile, die durch Windwurf, Windbruch, Bodenverödung, Bodenverangerung, Sonnenbrand, Erschwerung des Wirtschaftsbetriebes usw. zu erwarten sind, angemessen entschädigt wird. Als Mindestsatz des jährlichen Mietzinses je ha Aufhiebsfläche hat der Betrag von 50 M. zu gelten.

Werden die Leitungen über Freiflächen geführt oder finden keine nennenswerte Aufhiebe oder nur Aufästungen statt, so ist der jährliche Mietzins je km Leitungslänge festzusetzen. Seine Höhe wird sich im wesentlichen nach dem Maße richten müssen, in dem der Wirtschaftsbetrieb auf den betreffenden Grundstücken durch die Leitungsführung erschwert wird. Als Mindestsatz je km Leitung ist der Jahresbetrag von 10 M. anzusehen.

Handelt es sich um Überlandzentralen, die hauptsächlich gemeinnützigen Interessen dienen, so ist dem bei Bemessung des Mietzinses je ha Aufhiebsfläche oder je km Leitung nach Möglichkeit Rechnung zu tragen.

III. Einmalige Entschädigung.

Die einmaligen Entschädigungen für Verluste durch vorzeitigen Abtrieb noch nicht hiebsreifer Bestandteile sind im allgemeinen aus dem Bestandskosten- oder Bestands-

erwartungswert unter Abzug des erntekostenfreien Erlöses aus dem besonders aufzuarbeitenden und zu verkaufenden Holze zu berechnen, bei einem Zinsfuß von 3 %.

IV. Verträge.

Für die Verträge mit den Überlandzentralen über die Benutzung forstfiskalischer Grundstücke ist eine Vertragsdauer von längstens 18 Jahren vorzusehen.

In letzter Zeit sind verschiedentlich Anträge, die sich auf die Führung von Starkstromleitungen durch Forstbestände bezogen, mit einem Vorbehalt über die endgültige Festsetzung des jährlichen Mietzinses von mir genehmigt worden. Die betreffenden Regierungen wollen nunmehr selbstständig die Ergänzung jener Verträge im Rahmen der vorstehenden Bestimmungen vornehmen.
