

Liechtensteinisches Landesgesetzblatt

Jahrgang 1985

Nr. 26

ausgegeben am 24. Mai 1985

Starkstromverordnung

vom 7. August 1984

Aufgrund von Art. 4 des Elektrizitätsgesetzes vom 15. Dezember 1982, LGBL 1983 Nr. 16, verordnet die Regierung:

I. Geltungsbereich

Art. 1

Anwendung der Verordnung

1) Die Bestimmungen dieser Verordnung sind bei der Erstellung neuer Anlagen und bei gänzlichem Umbau bestehender Anlagen in vollem Umfange anzuwenden.

2) Auf bestehende Anlagen finden sie Anwendung

- a) in Fällen drohender Gefahr oder erheblicher störender Beeinflussung anderer elektrischer Anlagen;
- b) bei Erweiterungen, Umbauten und bedeutenderen Reparaturen, soweit dies ohne wesentliche Änderungen der bestehenden Anlagen möglich ist.

3) Stehen der Erfüllung einzelner Bestimmungen dieser Verordnung ausserordentliche Schwierigkeiten entgegen oder erweisen sie sich für die technische Entwicklung als hinderlich, so können auf begründetes Gesuch an die Regierung hin Abweichungen bewilligt werden. In Fällen von untergeordneter Bedeutung kann die von der Regierung bezeichnete Kontrollstelle für Starkstromanlagen von sich aus darüber entscheiden.

Art. 2

Geltung anderer Vorschriften

Soweit in der vorliegenden Verordnung keine abweichenden Bestimmungen enthalten sind, gelten auch die Verordnungen über

- a) elektrische Einrichtungen von Bahnen,
- b) elektrische Schwachstromanlagen,
- c) Parallelführungen und Kreuzungen,
- d) Vorlagen für elektrische Starkstromanlagen.

II. Allgemeine Bestimmungen

Art. 3

Grenze zwischen Hoch- und Niederspannung

Anlagen, deren Betriebsspannung 1 000 V nicht überschreitet, gelten als Niederspannungsanlagen und solche, deren Betriebsspannung mehr als 1 000 V beträgt, als Hochspannungsanlagen.

Art. 4

Sicherheit der Starkstromanlagen

1) Starkstromanlagen sind so zu erstellen und zu unterhalten, dass in allen Betriebsfällen eine Gefährdung von Personen und unter den vor auszusehenden Betriebsverhältnissen auch von Sachen vermieden ist.

2) Sind Starkstromanlagen allgemein zugänglich, so muss sowohl eine unmittelbare Berührung unter Spannung stehender Anlageteile, als auch eine solche mit Werkzeugen, Geräten des täglichen Gebrauchs und dergleichen selbst bei Unachtsamkeit ausgeschlossen sein.

Art. 5

Rücksicht auf Schwachstromanlagen

1) Starkstromanlagen sind so zu erstellen, dass sie auf benachbarte Schwachstromanlagen eine möglichst geringe störende Fernwirkung ausüben. Zu diesem Zwecke sollen die zur Erzeugung, Transformierung,

Umformung, Fortleitung und Verwendung der elektrischen Energie dienenden Starkstromeinrichtungen, soweit sich dies ohne aussergewöhnliche Aufwendungen erreichen lässt, so erstellt werden, dass die von ihnen erzeugten elektrischen und magnetischen Störungsfelder möglichst abgeschwächt und möglichst frei von Oberschwingungen sind.

2) Verursachen Starkstromanlagen trotzdem Störungen von benachbarten Schwachstromanlagen, so haben sich die Inhaber der störenden und der gestörten Anlagen aufgrund der Wegleitungen der Regierung zur Begrenzung der Einwirkungen von Starkstrom- auf Schwachstromanlagen (einschliesslich Radioanlagen) über die zur möglichsten Beschränkung der Störungen geeigneten Massnahmen zu verständigen.

Art. 6

Zugänglichkeit der Starkstromanlagen

1) Anlagen, die den Anforderungen von Art. 4 Abs. 2 nicht genügen, dürfen für Sachkundige nicht zugänglich und ohne besondere Hilfsmittel nicht erreichbar sein. Dem Bedienungspersonal müssen dagegen die zum Zutritt zu den Anlagen erforderlichen Hilfsmittel jederzeit zur Verfügung stehen.

2) Müssen solche Anlagen aus irgendwelchen Gründen vorübergehend allgemein zugänglich gemacht werden, so sind Massnahmen zu treffen, welche die Gefährdung von Sachkundigen verhindern.

3) Der Zutritt zu Starkstromanlagen, in denen Besucher Gefahren ausgesetzt sind, ist solchen nur in kleinen Gruppen unter sachkundiger und vom Betriebsinhaber ermächtigter Führung gestattet.

Art. 7

Arbeiten an Starkstromanlagen

1) An Starkstromanlagen dürfen, auch wenn sie spannungslos sind, Arbeiten nur von fachlich ausgebildetem und zweckmässig ausgerüstetem Personal ausgeführt werden. Müssen für besondere Arbeiten Leute beigezogen werden, die nicht elektrotechnisch ausgebildet sind, so sind sie vorher entsprechend zu instruieren.

2) An unter Hochspannung stehenden Anlageteilen dürfen keine Arbeiten vorgenommen werden.

3) An unter Niederspannung stehenden Anlageteilen darf nur dann gearbeitet werden, wenn die Arbeitenden durch zuverlässige Sicherungsmassnahmen ausreichend geschützt sind und von den dafür verantwortlichen Dienststellen nur besonders für diese Arbeiten geeignetes Personal damit betraut wird.

4) Die Handhabung von Einrichtungen, welche für die Bedienung unter Spannung gebaut sind, wird nicht als Arbeit im Sinne der Bestimmungen unter den Abs. 2 und 3 betrachtet.

5) Bei Arbeiten an spannungslosen Anlageteilen müssen Vorkehrungen getroffen werden, um zu verhindern, dass benachbarte, unter Spannung stehende Anlageteile die Arbeitenden gefährden.

Art. 8

Massnahmen zum Schutze der Arbeitenden

1) Im allgemeinen sind Vereinbarungen über Zeit, Ort, Art und Umfang der auszuführenden Arbeiten durch die verantwortlichen Betriebsorgane den mit der Ausführung der Arbeiten Beauftragten schriftlich zu übergeben.

2) Von einer schriftlichen Vereinbarung kann Umgang genommen werden,

- a) wenn der mit der Ausführung der Arbeit Beauftragte hinreichend technisches Verständnis und Erfahrung besitzt und genügend instruiert ist, um die notwendigen Sicherungsmassnahmen für sich und seine Gehilfen unter eigener Verantwortung treffen zu können;
- b) wenn das verantwortliche Betriebsorgan alle Schaltungen selbst vornimmt oder unter seiner Aufsicht vornehmen lässt und die Arbeiten persönlich überwacht.

3) Muss ein Auftrag durch mündliche oder telefonische Übermittlung erfolgen, so ist er vom Empfänger zu wiederholen.

4) Wenn ein Anlageteil spannungslos gemacht werden muss, um Arbeiten daran auszuführen, so darf die Arbeit nicht begonnen werden, bevor die Sicherheit besteht, dass der Anlageteil spannungsfrei ist. Ebenso darf nicht wieder eingeschaltet werden, bevor die Sicherheit besteht, dass dies ohne Gefahr für die Arbeitenden geschehen kann. Werden zu diesem Zwecke an der Arbeits- und Einschaltstelle bestimmte Zeiten für das Aus- und Einschalten abgemacht, so muss dies immer schriftlich geschehen. Die Uhren aller Beteiligten sind genau in Übereinstimmung

zu bringen, und es muss genügend Zeit als Sicherheitszuschlag zwischen dem Einschalten und dem Aufhören der Arbeit eingeschaltet werden.

5) Wo eine Gefährdung der Arbeitenden durch irrtümliches oder unbefugtes Schalten möglich ist, sind die Schalter- und Trennerantriebe zu verriegeln oder es sind Anhängetafeln mit Aufschriften wie "Schalten verboten", "Auf Leitung wird gearbeitet" anzubringen.

6) Zu Arbeiten an unter Niederspannung stehenden Teilen im Freien (Art. 7 Abs. 3) müssen mindestens zwei Mann beordert werden, wobei einer derselben für die Durchführung verantwortlich zu machen ist.

7) Soll an abgeschalteten Hochspannungsanlageteilen gearbeitet werden, so sind diese vorher zu erden und kurzzuschliessen. Die verantwortlichen Betriebsorgane haben dafür zu sorgen, dass während der Dauer der Arbeiten keine Schaltungen vorgenommen oder andere Anordnungen getroffen werden, welche die Arbeitenden gefährden könnten. Erst nach Beendigung aller Arbeiten und Verständigung aller Beteiligten dürfen Kurzschliessung und Erdung aufgehoben werden.

8) Erdung und Kurzschliessung sind in der Nähe der Arbeitsstelle und wo möglich zwischen dieser und der Stromquelle vorzunehmen. Sie sind unter allen Umständen so anzubringen, dass sie durch die vorzunehmenden Arbeiten nirgends unterbrochen werden. Kann eine Arbeitsstelle von verschiedenen Seiten her unter Spannung kommen, so ist durch eine genügende Anzahl und entsprechende Anordnung der Erdungen und Kurzschliessungen hierauf besonders Rücksicht zu nehmen.

Art. 9

Instruktion und Ausrüstung des Personals

1) Dem in Starkstromanlagen beschäftigten Personal sind die für seine Arbeiten und Pflichten aufgestellten Vorschriften und Bestimmungen durch die Unternehmung bekanntzugeben und zu erläutern. Bei nur vorübergehend oder unter Aufsicht Beschäftigten genügt eine ihrer Tätigkeit entsprechende Unterweisung.

2) Die Starkstromunternehmungen sind verpflichtet, das Personal für die Ausführung von Leben und Gesundheit gefährdenden Arbeiten mit den nötigen Hilfs- und Schutzmitteln auszurüsten sowie an geeigneten Orten nach Bedarf Einrichtungen zur Hilfeleistung bei Unfällen bereitzuhalten.

Art. 10

Verständigung der Inhaber anderer Anlagen bei Arbeiten

Will der Betriebsinhaber einer Anlage Arbeiten ausführen, durch welche Anlagen anderer Unternehmungen gefährdet oder gestört werden können oder bei denen sein Personal durch andere Starkstromanlagen gefährdet ist, so hat er die Betriebsinhaber der anderen Anlagen von seinem Vorhaben rechtzeitig in Kenntnis zu setzen. Aufgrund gegenseitiger Vereinbarungen sind alsdann alle zur Vermeidung von Störungen und Gefahren nötigen Schutzvorkehrungen zu treffen. Für solche Vereinbarungen gelten im übrigen sinngemäss die Bestimmungen des Art. 8.

Art. 11

Fernmeldeverbindungen zwischen Anlagezentren

Wichtige Stromerzeugungs- und -verteilungsanlagen müssen jederzeit durch öffentliche oder werkeigene Telefon- oder Telegrafenanlagen miteinander verkehren können.

III. Schutzmassnahmen

A. Erdung

Art. 12

Erdungsarten

Die Erdungen im Sinne der vorliegenden Verordnung werden eingeteilt in Schutzerdungen, Betriebserdungen und Sondererdungen.

Art. 13

Schutzerdung

1) Die Schutzerdung soll verhindern, dass bei allfälligem Stromübertritt auf Anlageteile, die normalerweise spannungslos sind oder unter ungefährlicher Spannung stehen, gefährliche Spannungen auftreten können zwischen diesen und benachbarten anderen leitenden Teilen, die sich

in Hand- und Fussreichweite befinden und normalerweise ebenfalls spannungslos sind.

2) An die Schutzerdung sind anzuschliessen: die Gehäuse von Maschinen, Transformatoren und Apparaten, die Apparatengestelle und leitenden zugänglichen Gebäudeteile, die für Arbeiten abgeschalteten und sonst unter Hochspannung stehenden Anlageteile, die Bleimäntel und Armaturen von Hoch- und Niederspannungskabeln, die Sekundärwicklungen der Messwandler, ein Punkt des Stromkreises derjenigen Schwachstrom- und Niederspannungsanlagen, die in ihrer gesamten Ausdehnung innerhalb des Bereichs des Schutz- und Betriebserdungssystems der betreffenden Anlage liegen und derjenigen Schwachstromkreise, die durch Schutzübertrager von den ausserhalb der betreffenden Anlage verlaufenden Schwachstromnetzteilen getrennt sind, sowie die Erdseile von Hochspannungsfreileitungen. Bei Schwachstromanlagen der Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe, die unter Vorschaltung eines Schutzübertragers in eine Werkanlage eingeführt sind, ist der werkseitige Anlageteil an die Schutzerdung anzuschliessen; ist kein Schutzübertrager vorgeschaltet, so ist die Schwachstromanlage für eine Prüfspannung von mindestens 4 000 V von den an die Schutzerdung angeschlossenen Gegenständen zu isolieren.

3) Anlageteile und Gehäuse, die aus besonderen Gründen nicht an die Schutzerdung angeschlossen werden, sind wie unter voller Betriebsspannung stehende Teile zu behandeln und dementsprechend gegen Zutritt abzusperren oder so anzuordnen, dass sie nur von einem für die volle Spannung isolierenden Standort aus erreichbar sind.

Art. 14

Erdleitungen für Schutzerdungen

Die Leiter der Schutzerdung sind blank zu verlegen und dürfen nicht isoliert befestigt werden. Die mit Schutzerdung zu versehenden Teile verschiedener Spannungssysteme dürfen an eine gemeinsame Erdleitung angeschlossen werden.

Art. 15

Betriebserdung

1) Unter Betriebserdung ist in dieser Verordnung eine Erdung verstanden, die den Zweck hat, zur Verhütung oder Unschädlichmachung von die Anlagen gefährdenden Überspannungen normalerweise unter

Spannung stehende Anlageteile vorübergehend zu erden oder bestimmte Punkte des Stromkreises von Starkstromanlagen dauernd mit Erde zu verbinden.

2) An die Betriebserdung sind die Überspannungsableiter und der Nullpunkt oder ein Pol des Systems (sofern aus Betriebsgründen eine solche Erdung angewandt wird) sowie die Erdungstrenner von Freileitungen mit Erdseil anzuschliessen. Eine Ausnahme bilden die in den Art. 17 und 26 genannten Fälle.

Art. 16

Erdleitungen für Betriebserdungen

1) Betriebserdungen müssen so angeordnet sein, dass sie das richtige Arbeiten der geerdeten Anlageteile ermöglichen. Dazu ist für jeden an die Betriebserdung anzuschliessenden Anlageteil ein nach Art. 19 bemessener Erdungsleiter vorzusehen. Vorbehalten bleibt Abs. 4.

2) Die betriebsmässige direkte Erdung von Nullpunkten und Polen von Hochspannungswicklungen von Leistungstransformatoren und Generatoren muss durch einen Erdungsleiter nach Art. 19 geschehen, dessen Querschnitt ohne Rücksicht auf das Vorhandensein von dazu parallelgeschalteten Teilen metallischer Tragwerke stets nach Art. 19 bemessen wird.

3) Erdungsleiter von Überspannungsableitern sollen unmittelbar bei diesen auf kürzestem Weg mit der Schutzerdung verbunden werden.

4) Sofern mindestens zwei den Bedingungen des Art. 19 entsprechende Stromwege zur Erdungsstelle bereits vorhanden sind, darf von weiteren Erdleitungen für Überspannungsableiter, Pole von Spannungswandlern und Erdungstrenner von Freileitungen mit Erdseil abgesehen werden.

5) Die Betriebserdungen von Niederspannungsanlagen, die mit Netzteilen ausserhalb der Hochspannungsanlage in Verbindung stehen, sind als Sondererdungen von den Betriebserdungen der Hochspannungsanlagen und von deren Schutzerdung zu isolieren. Es gelten dafür die Bestimmungen des Art. 17.

Art. 17

Sondererdung

1) Sondererdung ist als Schutzmassnahme da anzuwenden, wo verhindert werden muss, dass allfällig an der Schutz- oder Betriebserdung eines räumlich geschlossenen Anlagekomplexes (Gebäude oder Freiluftanlage) einer Hochspannungsanlage auftretende Spannungsdifferenzen auf ausserhalb dieses Komplexes liegende Netzteile übertragen werden.

2) An je eine Sondererdung sind anzuschliessen:

- a) Schwachstrom- und Niederspannungsstromkreise sowie deren Überspannungsableiter, die über den Wirkungsbereich des Schutz- und Betriebserdungssystems einer Hochspannungsanlage in Gebäuden oder einem geschlossenen Freiluftkomplex hinausreichen, und ferner die Gehäuse der an solche Stromkreise angeschlossenen Apparate, sofern sie von diesen Stromkreisen nicht für eine Prüfspannung von mindestens 4 000 V isoliert sind;
- b) Freileitungen ohne Erdseil, solange sie zu Reparaturzwecken abgeschaltet sind, ausgenommen die Fahrleitungen elektrischer Bahnen;
- c) Überspannungsableiter von Schwachstromleitungen der Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe.

Art. 18

Erdleitungen für Sondererdungen

Die Erdleitungen für Sondererdungen sind von allen übrigen Erdleitungen vollständig getrennt zu verlegen. Sie selbst und die mit ihnen verbundenen Anlageteile sind im Bereiche von Hochspannungsanlagen gegen die an die Schutz- und Betriebserdung angeschlossenen Anlageteile für eine Prüfspannung von mindestens 4 000 V zu isolieren.

Art. 19

Ausführung der Erdleitungen

1) Die Erdungsleiter dürfen weder durch Sicherungen noch durch Schalter unterbrochen werden und müssen für die voraussehbaren Erdschlussströme reichlich bemessen sein.

2) Die Leiter zwischen Erdelektrode und Erdungsstelle oder zwischen Erdelektrode und Anlage sollen soweit als möglich aus gleichem Material wie die Erdelektrode selbst bestehen. Ihr Querschnitt muss bei

Verwendung von Kupfer mindestens 16 mm^2 betragen. Bei Verwendung von anderem Material muss der Querschnitt wenigstens gleiche Leitfähigkeit wie der verlangte Kupferquerschnitt aufweisen. Soweit die Erdungsleiter nicht offen zutage treten oder nicht zugänglich sind, müssen sie einen Mindestquerschnitt von 50 mm^2 besitzen.

3) Die Leiter zwischen der Erdungsstelle und den einzelnen zu erdenden Anlageteilen müssen aus Kupfer oder aus anderem Material von mindestens gleicher Haltbarkeit bestehen. Wird Kupfer verwendet, so muss der Querschnitt mindestens 16 mm^2 betragen. Bei Verwendung von anderem Material muss der Querschnitt so bemessen werden, dass mindestens gleiche Leitfähigkeit wie bei dem verlangten Kupferquerschnitt vorhanden ist.

4) Die Erdungsleiter müssen für die Vornahme von Kontrollen von den an die Erdung anzuschliessenden Teilen abgetrennt werden können. Alle Verbindungen und Anschlüsse müssen dauernd gutleitend und mechanisch haltbar sein.

5) Die zu erdenden Anlageteile sind an durchgehende Sammelerdleitungen anzuschliessen, die zur Erdungsstelle führen.

6) Die Erdungsleiter mit ihren Verbindungen und Anschlussstellen müssen als solche leicht kenntlich sein und, soweit sie sich ausserhalb des Erdbereiches befinden, auf ihrer ganzen Länge der Kontrolle zugänglich bleiben. Sie sind von brennbaren Gebäudeteilen getrennt zu halten und gegen mechanische Beschädigungen sowie gegen Korrosion zu schützen.

7) In den Erdungsleitern der Betriebserdung sind scharfe Krümmungen nach Möglichkeit zu vermeiden.

Art. 20

Leitungen zu den Erdelektroden und Erdungsstelle

1) Von einem Gebäude bzw. einer Freiluftanlage, die zu erdende Teile enthalten, ist zu den Erdelektroden für jeden halben m^2 nach Art. 22 verlangter Erdelektrodenoberfläche mindestens eine Verbindungsleitung zu erstellen. Diese Verbindungsleitungen müssen zur Ermöglichung von Kontrollmessungen unmittelbar nach dem Eintritt in das Gebäude bzw. bei ihrem Anschluss an die Freiluftanlage eine lösbare Verbindung besitzen. Diese Einführungsstelle bzw. Anschlussstelle wird in der vorliegenden Verordnung als Erdungsstelle bezeichnet.

2) Alle Erdungsstellen der Schutz- und Betriebserdung sind dauernd zuverlässig und gutleitend miteinander zu verbinden. Die Erdungsstellen

der Sondererdungen müssen dagegen unter sich und von der Erdungsstelle der Schutz- und Betriebserdung getrennt sein.

Art. 21

Erdelektroden

1) Für die Erdung sind wo möglich künstliche Erdelektroden zu verwenden. Ausserdem müssen innerhalb des Gebäudes bzw. der Freiluftanlage allfällig vorhandene natürliche Erdelektroden, die mit dem Erdreich in dauernd gutleitender Verbindung stehen, zur Schutz- und Betriebserdung mit herangezogen werden. Die Einlegung künstlicher Erdelektroden in den Boden darf unterbleiben, wenn ihre Erstellung mit ausserordentlichen Schwierigkeiten verbunden wäre und der Erdungswiderstand einer vorhandenen natürlichen Erdelektrode dauernd kleiner als 2 Ohm ist.

2) Für ausserhalb des Bereiches des Schutz- und Betriebserdungssystems von Hochspannungsanlagen liegende Teile von Niederspannungsanlagen genügen dauernd zuverlässige, natürliche Erdelektroden, unter der Voraussetzung, dass ihr Erdungswiderstand unter allen Verhältnissen 20 Ohm nicht überschreitet.

Art. 22

Mindestoberfläche von Erdelektroden

1) Die wirksame Gesamtoberfläche der für die Schutz- und Betriebserdung zusammen einzulegenden Erdelektroden muss mindestens so viele m^2 betragen, als die betreffende Anlage Hochspannungssysteme besitzt. Sind auch Niederspannungssysteme vorhanden, so ist die wirksame Gesamtoberfläche um mindestens 1 m^2 zu vergrössern.

2) Für die Sondererdung der Schwachstrom- und Niederspannungsstromkreise der Anlage einerseits und für die Erdung von ausgeschalteten Hochspannungsfreileitungen ohne Erdseil andererseits ist je eine Erdelektrode von mindestens $0,5 \text{ m}^2$ wirksamer Oberfläche zu verlegen. Ist ein Schwachstromanschluss an das öffentliche Telefonnetz vorhanden, so ist für die Sondererdung der zugehörigen Überspannungsableiter eine weitere Erdelektrode von mindestens $0,5 \text{ m}^2$ wirksamer Oberfläche vorzusehen. Die Erdelektroden jeder Sondererdung sind mit ihren Zuleitungen voneinander und von der allgemeinen Schutz- und Betriebserdung getrennt zu halten.

3) Bei Transformatorstationen bis zu 300 kVA total installierter Leistung, die auf Niederspannung transformieren, genügt für die Schutz- und Betriebserdung der Hochspannungsseite eine gemeinsame Erdelektrode von mindestens $0,5 \text{ m}^2$ wirksamer Oberfläche. Dagegen muss im Falle von mehreren Niederspannungssystemen von wesentlich verschiedener Spannung für jedes System eine eigene Sondererdung vorhanden sein. Diese Sondererdungen müssen voneinander unabhängige Erdelektroden von je mindestens $0,5 \text{ m}^2$ wirksamer Oberfläche besitzen.

4) Die hiervor angegebenen Masse für die Grösse der Erdelektroden sind bei ungünstigen Erdungsverhältnissen entsprechend den Bestimmungen des Art. 23 zu vergrössern.

Art. 23

Spannungsdifferenz und Erdungswiderstand von Erdelektroden

1) Der Erdungswiderstand für jeden Quadratmeter der nach Art. 22 minimal verlangten wirksamen Erdelektrodenoberfläche muss so klein sein, dass der einpolige Erdschlussstrom keine grössere Spannungsdifferenz als 50 V zwischen der Zuleitung der Erdelektrode und der Erde hervorruft. Dabei ist jedoch stets mit mindestens 5 A Erdschlussstrom zu rechnen.

2) Jede künstliche Erdelektrode für Sondererdung muss so dimensioniert sein, dass ihr Erdungswiderstand unter allen zu erwartenden Verhältnissen 20 Ohm nicht überschreitet.

3) Genügen die in Art. 22 angegebenen Minimalmasse für die Erdelektrodenoberflächen nicht, um die Bedingungen der Abs. 1 und 2 zu erfüllen, so ist entweder die Erdelektrodenoberfläche zu vergrössern oder es sind andere Massnahmen zu treffen, um die nötige Sicherheit zu erreichen.

Art. 24

Ausführung der Erdelektroden

1) Jede künstliche Erdelektrode muss aus Platten, Röhren oder Bändern aus haltbarem Metall oder anderen geeigneten Metallmassen bestehen.

2) Metallplatten aus Kupfer müssen mindestens 1 mm und solche aus Eisenblech mindestens 2,5 mm dick sein.

3) Die Rohre der Rohrerdelektroden müssen eine lichte Weite von mindestens 50 mm und eine Länge von mindestens 2 m besitzen. Die einzelnen Rohre einer gemeinsamen Erdelektrode müssen wenigstens 2 m voneinander entfernt sein.

4) Bandlektroden aus Kupfer dürfen keinen kleineren Querschnitt als 90 mm² besitzen und nicht dünner als 3 mm sein; bei solchen aus Eisen müssen die entsprechenden Abmessungen mindestens 150 mm² und 5 mm betragen.

Art. 25

Verlegung der Erdelektroden

Alle Erdelektroden sind so zu verlegen, dass sie mit ihrer gesamten Oberfläche voll zur Wirkung kommen. Die Erdelektroden und Erdungsleitungen der Schutz- und Betriebserdung einerseits und diejenigen der Sondererdungen andererseits sind vollständig getrennt und in solchem Abstand voneinander zu verlegen, dass sie sich gegenseitig so wenig als möglich beeinflussen. Dasselbe gilt für die verschiedenen Sondererdungen unter sich.

Art. 26

Erdung der Niederspannungsnetze

1) In Wechselstromniederspannungsanlagen ist der Systemnullpunkt direkt zu erden, und zwar soll er an die Sondererdung nach Art. 17 Abs. 2 angeschlossen werden.

2) Gehen von einer Transformatorenstation Niederspannungsleitungen wesentlich verschiedener Spannung aus, so ist der Systemnullpunkt jedes dieser Niederspannungsnetze je an eine Sondererdung anzuschliessen.

3) Geht vom Systemnullpunkt ein im Leitungsnetz durchgeführter Nulleiter aus, der aber nicht gemäss Abs. 4 zur Nullung benutzt wird, so ist er als unter Spannung gegen Erde stehender Leiter auszuführen.

4) Wird der betriebsmässig geerdete Nulleiter eines Niederspannungsverteilnetzes für die Schutzerdung in Hausinstallationen eingeführt und verwendet (Nullung), so ist dafür zu sorgen, dass beim Auftreten von Erdschlüssen keine Spannungen über 50 V gegenüber Erde an genullten, der Berührung ausgesetzten Apparatengeräten, Metallumhüllun-

gen von Leitern u. dgl. auftreten bzw. länger als einige Sekunden bestehen können.

5) In genullten Niederspannungsanlagen müssen alle nicht stromführenden Metallteile von Apparaten und Metallumhüllungen von Leitungen, für welche besondere Schutzmassnahmen für den Fall möglicher Isolationsdefekte vorgeschrieben sind, ausnahmslos an den Nulleiter angeschlossen werden. Ebenso sind alle Metallteile, die mit Einzelerdung versehen sind, sowie solche, die in natürlicher Weise gut mit Erde verbunden und auf welche Überschläge von Polleitern zu befürchten sind, an den Nulleiter anzuschliessen. Ferner sind in genullten Niederspannungs-Freileitungsnetzen metallische Dachständer und ähnliche, bei Arbeiten an den Freileitungen von unsicherem Standort aus berührbare, nicht isolierte metallische Teile während solcher Arbeiten mit dem benachbarten Nulleiter leitend zu verbinden.

6) In genullten Niederspannungs-Freileitungsnetzen müssen Querschnitt und mechanische Festigkeit der Nulleiter überall mindestens so gross sein wie bei den zugehörigen Polleitern.

7) Sind in genullten Niederspannungs-Freileitungsnetzen die von einer oder mehreren Transformatorenstationen abgehenden Nulleiter auch ausserhalb der Stationen leitend miteinander verbunden (vermascht), so dürfen diese Nulleiter bei Abschaltung einzelner Netzteile weder an den Trennstellen der Leiter in Transformatorenstationen und im Netz noch irgendwo abgetrennt werden. Ihre Trennstellen sollen die Trennung nur unter Zuhilfenahme eines Werkzeuges zulassen. Gehen in solchen genullten Niederspannungs-Freileitungsnetzen dagegen Nulleiter einzelner Zweige nur von je einer Transformatorenstation aus und sind sie ausserhalb derselben nirgends mit anderen verbunden, so können sie in den Transformatorenstationen für Einzelabtrennung ohne Werkzeug eingerichtet werden. Trenner und Schalter der Nulleiter wie der Polleiter sind so einzurichten, dass ein Polleitungsstrang nicht eingeschaltet werden kann, bevor der zugehörige Nulleiter angeschlossen worden ist, und umgekehrt. Für Trennstellen, die nur unter Zuhilfenahme eines Werkzeuges geöffnet werden können, ist dazu eine zwangsläufige Schaltung mit den zugehörigen Polleitern nicht erforderlich, dagegen sollen bei solchen Trennstellen geeignet angebrachte Aufschriften erzielen, dass die Nulleiterverbindung bei Abschaltung von Leitungssträngen zuletzt unterbrochen und zuerst wieder hergestellt wird.

Art. 27

Revisionen

Jede Erdungsanlage ist bei ihrer Erstellung zu kontrollieren, und ihre zugänglichen Teile sind später je nach den Verhältnissen alle zwei bis vier Jahre gründlich nachzusehen. Dabei sind die Erdungswiderstände zu messen und allfällige Fehler sofort zu beseitigen. Wo die Bodenbeschaffenheit für die Haltbarkeit der Erdelektroden ungünstig ist, sollen diese mit ihren Anschlussleitungen mindestens alle zehn Jahre zur Kontrolle freigelegt werden. Über das Ergebnis dieser Untersuchungen und über vorgenommene Änderungen sind geordnete Aufzeichnungen zu führen.

B. Überspannungsschutz

Art. 28

Schutzmassnahmen gegen Überspannungen

Gefährliche Überspannungen und ungewollte Unterspannungsetzungen sind je nach den Verhältnissen durch zweckentsprechenden Bau der Anlagen nach Möglichkeit zu vermeiden, durch geeignete Mittel im Entstehen zu unterdrücken oder durch entsprechende Apparate in ihrer Wirkung abzuschwächen.

Art. 29

Ableitung statischer Ladungen

Wechselstromhochspannungsanlagen sollen in der Regel durch dauernde Erdung eines Symmetriepunktes des Systems gegen das Auftreten gefährlicher Überspannungen infolge statischer Ladungen geschützt werden.

C. Überstromschutz

Art. 30

Massnahmen gegen Wirkungen von Überstrom

Alle Anlageteile sind so zu bemessen und anzuordnen, dass sie in allen Betriebsfällen den Wirkungen des maximalen Kurzschlussstromes bis und mit seiner Unterbrechung widerstehen, ohne Personen zu gefährden, Brandausbrüche zu verursachen oder selbst Schaden zu nehmen. Hierbei ist mit Bezug auf die Erwärmung die Dauerkurzschlussstromstärke und mit Bezug auf die dynamische Beanspruchung die Momentan-Kurzschlussstromstärke massgebend.

Art. 31

Schmelzsicherungen und selbsttätige Schalter

1) Der Schutz der Anlageteile vor Überstrom soll in der Regel durch Schmelzsicherungen oder selbsttätige Schalter erfolgen.

2) Der Überstromschutz ist so anzubringen, dass die gefährdeten Leiter in jedem Störfalle unterbrochen werden. In geerdeten Systemen darf dagegen beim Funktionieren des Überstromschutzes weder die Erdung vom System abgetrennt noch der Erdungswiderstand erhöht werden.

3) Die Schmelzsicherungen und selbsttätigen Schalter sind so zu wählen, dass sie den grössten Kurzschlussstrom, der an der betreffenden Stelle auftreten kann, zuverlässig unterbrechen. Die Schalter müssen mehrere kurz aufeinanderfolgende Überstromabschaltungen aushalten können, ohne betriebsuntauglich zu werden.

IV. Apparate

Art. 32

Schutz gegen Feuererscheinungen

Starkstromapparate müssen so beschaffen oder angeordnet sein, dass bei ihrer Handhabung oder ihrem Funktionieren allfällig auftretende Feuererscheinungen weder Personen noch Sachen gefährden.

Art. 33

Erwärmung bei dauernder Belastung

1) Die Apparate und ihre Verbindungen müssen so beschaffen sein, dass sie sich bei dauernder Belastung mit der höchsten Stromstärke, für die sie bestimmt sind, nicht in nachteiliger Weise erwärmen.

2) Apparate, bei denen ohne Nachteil für ihre Verwendung oder wegen ihres Zweckes Temperaturen vorkommen, die bei Übertragung auf andere Gegenstände gefährlich werden könnten, müssen so beschaffen und angeordnet sein, dass eine feuergefährliche Erwärmung entzündlicher Materialien nicht eintreten kann.

Art. 34

Isolation

1) Die stromführenden Teile von Starkstromapparaten müssen unter sich und gegen Erde der Betriebsspannung und den örtlichen Verhältnissen entsprechend in dauernd sicherer Weise isoliert sein.

2) Befinden sich in einem Apparat neben dem Hauptstromkreis noch Hilfsstromkreise, so ist dafür zu sorgen, dass der Hauptstromkreis keine Störung der Hilfsstromkreise oder Gefährdungen verursachen kann.

Art. 35

Schutzverschaltungen

Die Schutzverschaltung eines gemäss Art. 4 Abs. 2 vor Berührung zu schützenden Apparates muss den am Aufstellungsort zu gewärtigenden mechanischen Beanspruchungen gewachsen sein und eine gefahrlose Bedienung, auch bei allfälligen Feuererscheinungen an den Apparaten, gewährleisten.

Art. 36

Anordnung der Apparate

1) Apparate und Instrumente, die im Betriebe zu bedienen bzw. abzulesen sind, müssen an gut und gefahrlos zugänglichen Stellen angebracht werden und leicht bedienbar sein.

2) Schmelzsicherungen, die von Hand oder auch mit Schaltzangen und dergleichen bedient werden, und die Handgriffe von Schaltern müssen in Schaltanlagen in einer geeigneten Höhe, höchstens aber 1,70 m über dem Bedienungsstandort, angebracht werden.

Art. 37

Antriebe

1) Die Antriebe von Starkstromapparaten müssen die im Betriebe vorkommenden Beanspruchungen ohne schädliche Deformation aushalten können und so angeordnet sein, dass sie im Falle eines Defektes nicht mit unter Spannung stehenden Teilen in Berührung kommen.

2) Gestänge, Drahtseile und Ketten von Übertragungsorganen sind so anzuordnen bzw. zu schützen, dass sie auch bei Bruch nicht mit unter Spannung stehenden Anlageteilen in Berührung kommen können.

Art. 38

Schaltstellungen

In ausgeschalteter Stellung muss die Unterbrechung der Schalter und Trenner vollkommen und sicher sein. Freileitungsschalter müssen dieser Bedingung unter dem Einfluss jeder Witterung genügen. Die Schaltstellungen jedes Apparates sind in Schaltanlagen und bei Freileitungen deutlich anzugeben; insbesondere müssen die Endstellungen eindeutig bezeichnet sein.

Art. 39

Überstromschutz in Hilfsstromkreisen

Im Stromkreis von Auslösemagneten, Relais und ähnlichen Hilfsapparaten, die selbsttätige Hauptapparate mit einem Hilfsstrom betätigen, dürfen in der Regel keine Schmelzsicherungen angebracht werden. Sind solche aus betriebstechnischen Gründen doch notwendig, so sollen sie ein Vielfaches des Hilfsstromes dauernd führen können.

Art. 40

Schutzerdung

Jeder Starkstromapparat, welcher der Berührung ausgesetzte Metallteile aufweist, die bei Isolationsdefekten unter Spannung kommen können, muss mit wenigstens einer Anschlussvorrichtung für die Erdleitung versehen oder in anderer Weise so gebaut sein, dass eine dauernd zuverlässige Verbindung der an Erde zu legenden Teile leicht herstellbar ist.

Art. 41

Bezeichnungen an Apparaten

Alle Starkstromapparate für mehr als 100 A Nennstrom sowie Messwandler, Messinstrumente und selbsttätige Abschaltapparate (einschliesslich Schmelzsicherungen) jeglicher Stromstärke und Spannung sind mit haltbaren deutlichen Bezeichnungen zu versehen, aus denen ihre Haupteigenschaften eindeutig hervorgehen. Die Bezeichnungen müssen so angeordnet werden, dass sie auch bei in Schaltanlagen eingebauten Apparaten möglichst leicht erkennbar sind.

V. Anlagen

A. Allgemeines

Art. 42

Anordnung der Anlagen

1) Die Anlagen müssen klar und übersichtlich angeordnet sein, so dass für ihre Bedienung sowie für Revisionen und Reparaturen eine sichere und rasche Orientierung möglich ist.

2) Alle wichtigen Anlagebestandteile und Apparate müssen leicht zugänglich sein und ohne Schwierigkeit ein- und ausgebaut werden können.

3) Kommen in der gleichen Anlage verschiedene Spannungen oder Stromarten vor, so sind die zugehörigen Anlageteile nach Möglichkeit zu Gruppen zusammenzufassen und räumlich voneinander zu trennen.

4) Die Anlagen müssen so unterteilt werden, dass der Betrieb, auch bei Ausserbetriebsetzung einzelner Teile der Anlagen, durch Störungen

oder für Revisionen und Reparaturen, weitgehend aufrechterhalten werden kann. Die ausser Betrieb gesetzten Anlageteile oder Apparate müssen an geeigneten, sichtbaren Trennstellen spannungslos gemacht werden können.

5) Bei der Anordnung der Anlagen ist auch auf voraussehbare Erweiterungen und den damit verbundenen Baubetrieb Rücksicht zu nehmen.

Art. 43

Aufschriften

Die einzelnen Räume und Anlageteile sowie die Maschinen, Apparate und Leitungen sind in dauerhafter Weise so zu bezeichnen, dass ihr Zweck für das Personal deutlich ersichtlich ist. Wo der Zweck von Apparaten ohne weiteres klar ist, können Bezeichnungen unterbleiben.

Art. 44

Anschläge

In den Anlagen sind an geeigneten Stellen anzuschlagen:

- a) die Anleitung zur Hilfeleistung bei durch elektrischen Strom verursachten Unfällen;
- b) das Schaltungsschema der Anlage;
- c) eine kurze Instruktion über die beim Bedienen der Anlagen besonders zu beachtenden Massnahmen.

Art. 45

Verwendung brennbarer Materialien

Brennbare Materialien dürfen nur Verwendung finden, sofern sie derart angeordnet oder verkleidet sind, dass Brand- und Rauchgefahr vermieden ist.

Art. 46

Beleuchtung

Alle Anlageteile müssen soweit möglich eine gute natürliche Beleuchtung, jedenfalls aber eine ausreichende und möglichst gleichmässige

künstliche Beleuchtung besitzen. Ist letztere nicht in allen Betriebsfällen sichergestellt, so muss eine Notbeleuchtung vorhanden sein, welche die gefahrlose Begehung der Bedienungs- und Kontrollgänge und die Vor-
nahme der erforderlichen Bedienungsarbeiten gestattet.

Art. 47

Beschaffenheit von Fussböden

In der Nähe von in Bewegung befindlichen Maschinenteilen und von unter Spannung stehenden Anlageteilen ist der Fussboden so zu erstellen und zu unterhalten, dass die Gefahr des Ausgleitens oder Strauchelns vermieden ist. Ist diese Gefahr nicht ausgeschlossen, so ist für Schutz gegen die Berührung der bewegten oder unter Spannung stehenden Teile zu sorgen.

Art. 48

Benützung von Hochspannungsräumen zu anderen Zwecken

1) In Hochspannungsräumen dürfen keine Gegenstände aufbewahrt werden, die nicht unmittelbar zum Gebrauch in diesen Räumen notwendig sind.

2) Nicht ausgebaute Anlageteile dürfen nur dann für andere Zwecke benützt werden, wenn sie von in Betrieb befindlichen Anlageteilen vollkommen getrennt sind und wenn ihr Zugang nicht durch im Betrieb befindliche Teile führt.

Art. 49

Bedienungsgeräte

Alle Werkzeuge und Utensilien, die der Bedienung im Betriebe dienen, sind in geeigneter Weise aufzubewahren und dauernd in vollkommen gebrauchsfähigem Zustande zu erhalten.

Art. 50

Revisionen

Die Anlagen sind in angemessenen Zeitabständen zu reinigen und zu revidieren. Werden Apparate aussergewöhnlich beansprucht, so sind sie

unabhängig von den periodischen Revisionen jeweilen so rasch als möglich nachzusehen. Über alle Revisionen sind Aufzeichnungen zu führen.

B. Maschinenanlagen

Art. 51

Aufstellung und Schutz bei Maschinen

1) Die elektrischen Maschinen sind so aufzustellen, dass ihre gefahrlose Bedienung, Revision und Reparatur gewährleistet ist. Die Bedienungsstandorte und Gänge sind stets freizuhalten.

2) Die Maschinen und allfällige Schutzeinrichtungen müssen so angeordnet sein, dass eine gleichzeitige, zufällige Berührung von Teilen, zwischen denen eine Spannung von mehr als 250 V herrscht, ausgeschlossen ist.

3) Die Entstehung und Ausbreitung von Maschinenbränden ist durch geeignete Anordnungen möglichst zu verhüten.

Art. 52

Niederspannung bei isolierten Hochspannungsmaschinen

Niederspannungsstromkreise, die mit isoliert aufgestellten Hochspannungsmaschinen und -apparaten in Verbindung stehen, sind mit Bezug auf ihre Anordnung und Bedienung als Hochspannungsanlageile zu behandeln.

C. Akkumulatorenanlagen

Art. 53

Räume, Beleuchtung und Lüftung

1) In Akkumulatorenräumen ist für reichliche natürliche oder künstliche Lüftung zu sorgen. Die künstliche Beleuchtung von Akkumulatorenräumen, in denen Gasentwicklung auftreten kann, darf nur durch elektrisches Glühlicht erfolgen. Das Betreten solcher Räume mit offenen Flammen und das Rauchen darin ist zu verbieten.

2) Gebäudeteile und Leitungen sind so zu erstellen, dass sie in wirksamer Weise vor Zerstörungen durch Säure, Gase oder dergleichen geschützt sind.

Art. 54

Aufstellung

1) Die Akkumulatoren sind durch nicht hygroskopische Isolierkörper von den Gestellen und diese wiederum von Erde zu isolieren.

2) Die Anordnung der Batterien sowie allfälliger Schutzeinrichtungen muss die gleichzeitige zufällige Berührung von Teilen, zwischen denen eine Spannung von mehr als 250 V herrscht, ausschliessen.

3) Die Aufstellung der Akkumulatoren hat so zu erfolgen, dass jede Zelle leicht besichtigt und gereinigt werden kann.

4) Die Bedienungsgänge müssen in Niederspannungsanlagen mindestens 60 cm, in Hochspannungsanlagen mindestens 80 cm breit sein und dürfen an keiner Stelle eine geringere Höhe als 2 m aufweisen.

5) Die Akkumulatorenbatterien müssen von den übrigen Anlagen allpolig abschaltbar sein.

Art. 55

Schutz des Personals

Das Betriebspersonal ist auf die bei der Behandlung der Akkumulatoren bestehenden Gefahren aufmerksam zu machen, und es sind Massnahmen zu seinem Schutze zu treffen.

D. Schaltanlagen in geschlossenen Räumen

Art. 56

Berührungsschutz in Anlagen mit mehr als 250 V gegen Erde

1) In Schaltanlagenräumen, die vom Personal während des Betriebs betreten werden müssen und in denen die effektive Betriebsspannung zwischen irgendeiner Leitung und Erde 250 V überschreitet, müssen mindestens die nachstehend angegebenen Gangdimensionen und Schutzeinrich-

tungen, wie Schranken, Verschalungen und dergleichen, vorhanden sein. Die Unterschreitung dieser Dimensionen oder das Weglassen von Schranken oder Gittern ist nur zulässig, wenn alle unter Spannung stehenden Teile der Berührung dauernd entzogen sind oder eine allfällige Berührung durch andere Mittel unschädlich gemacht ist.

2) Befinden sich auf einer Seite eines Ganges unter Spannung stehende, durch Schranken oder Geländer geschützte Teile, so muss von diesen Teilen bis zur gegenüberliegenden Wand ein Abstand von mindestens 1,20 m, vermehrt um je 1,2 cm/kV Betriebsspannung, vorhanden sein. Dieser Abstand darf um einen Zehntel vermindert werden, sofern die unter Spannung stehenden Teile mindestens bis zu einer Höhe von 1,40 m durch widerstandsfähige engmaschige Gitter oder Verschalungen geschützt sind.

3) Befinden sich zu beiden Seiten eines Ganges unter Spannung stehende, durch Schranken oder Geländer geschützte Teile, so muss zwischen diesen Teilen ein Abstand von mindestens 1,40 m, vermehrt um je 2,4 cm/kV Betriebsspannung, vorhanden sein. Dieser Abstand darf um einen Zehntel verringert werden, sofern die unter Spannung stehenden Teile mindestens bis zu einer Höhe von 1,40 m zu beiden Seiten des Ganges durch widerstandsfähige engmaschige Gitter oder Verschalungen geschützt sind.

4) Die in den Abs. 2 und 3 angegebenen Abstände dürfen um einen weiteren Zehntel verringert werden, wenn in den betreffenden Gängen keine Apparate bedient oder keine Instrumente abgelesen werden müssen und sofern die daselbst im Betriebe voraussehbaren Transporte gefahrlos durchgeführt werden können.

5) Befinden sich über einem Bedienungsgange ungeschützte, unter Spannung stehende Teile, so muss von diesen Teilen bis zum Fussboden ein Abstand von mindestens 2,30 m, vermehrt um je 1,2 cm/kV Betriebsspannung, vorhanden sein. Sofern die unter Spannung stehenden Teile durch widerstandsfähige engmaschige Gitter oder Verschalungen geschützt werden, so sind die in den Abs. 6 und 7 dieses Artikels vorgeschriebenen Abstände einzuhalten. Sind im Gange Isolierschemel oder einzelne Stufen vorhanden, so ist die Minimalhöhe von solchen erhöhten Standorten aus einzuhalten.

6) Die lichte Gangbreite muss unter allen Umständen mindestens 85 cm betragen; bei Eingängen und Türen darf dieses Mass bis auf 70 cm verringert werden. Die lichte Höhe von Gängen und Türen muss durchwegs mindestens 2 m betragen.

7) Der Abstand unter Spannung stehender Teile von den Schranken oder Geländern darf nicht kleiner sein als 10 cm, vermehrt um je 0,8

cm/kV Betriebsspannung. Sofern Gitter oder Verschalungen angebracht sind, darf dieser Abstand um 5 cm verringert werden.

8) Die hievor angegebenen Abstände gelten als Mindestabstände für normale Verhältnisse. Sind Apparate vorhanden, die beim Funktionieren ihre Umgebung in grösserem Umkreis beeinflussen, wie z. B. Hörnerableiter und dergleichen, oder erheischen im Betriebe vorkommende Transporte oder die Bedienung von Apparaten einen grösseren Platzbedarf, so sollen entsprechend grössere Abstände gewählt werden.

9) In Räumen, in denen sich das Personal dauernd aufhalten muss, soll die Berührung unter Spannung stehender Anlageteile auch bei Unachtsamkeit ausgeschlossen sein.

Art. 57

Erleichterungen in Anlagen bis zu 250 V gegen Erde

1) In Schaltanlagen, in denen die effektive Betriebsspannung zwischen irgendeiner Leitung und Erde 250 V nicht überschreitet, brauchen, in Abweichung von den Bestimmungen des Art. 56, unter Spannung stehende Teile vor zufälliger Berührung nicht geschützt zu werden.

2) In solchen Schaltanlagen darf der Mindestabstand unter Spannung stehender Teile von der gegenüberliegenden Wand auf 80 cm herabgesetzt werden. Wenn auf beiden Seiten der Gänge Teile unter Spannung stehen, so muss zwischen diesen ein Abstand von mindestens 1,20 m vorhanden sein. Dieser Abstand ist auch einzuhalten, wenn auf einer Seite unter Spannung stehende Teile, auf der anderen abzulesende Instrumente, zu betätigende Apparate oder dergleichen vorhanden sind.

3) Ferner dürfen in solchen Schaltanlagen die Mindestgangbreite und die Türbreite (Art. 56 Abs. 6) bis auf 65 cm, die lichte Höhe bis auf 1,90 m verringert werden.

Art. 58

Kommunikationen in den Gebäuden

1) Gänge von Schaltanlagen, in denen erhebliche Rauch- oder Feuererscheinungen auftreten können, müssen an beiden Enden Ausgänge besitzen.

2) Die einzelnen Stockwerke von Schaltanlagen sind an gut zugänglichen Stellen durch feuersichere Treppen von mindestens 70 cm Breite zu

verbinden. Für Räume, die nicht täglich betreten werden müssen, dürfen festangebrachte Leitern von mindestens 30 cm oder Treppen von mindestens 60 cm Breite angewendet werden. Dabei muss sowohl die Breite der lichten Aufstiegsöffnung für die Leitern als auch die von den Sprossen aus gemessene Tiefe der Öffnung mindestens 60 cm betragen. Die Aufstiegsöffnungen sind so anzuordnen oder durch Geländer so zu schützen, dass eine Absturzgefahr für das Personal ausgeschlossen erscheint. Sofern ein Raum nur durch einen Zugang erreicht werden kann, ist über Aufstiegsöffnungen die Anwendung von Klappdeckeln verboten.

Art. 59

Anordnung von Apparaten in Raumwinkeln

1) Die Anordnung von Schaltgestellen in gebrochener oder gebogener Front mit Bedienungsstandort im Innern der dabei entstehenden Schaltwandwinkel ist tunlichst zu vermeiden. Wo dies nicht möglich ist, sind entweder alle unter Spannung stehenden Teile hinter Verschaltungen zu legen, die gegen den Bedienungsstandort vollständig abgeschlossen sind, oder es sind im Bereiche der Bedienungsstandorte bei den gegeneinander abgedrehten Schaltanlagen minimale Abstände einzuhalten wie folgt: Der Abstand von einem unter Spannung stehenden Teile an einer Schaltwand bis zu der lotrechten Ebene, die durch einen unter Spannung stehenden Apparat an einer dagegen abgedrehten Schaltwandfront senkrecht zu dieser gelegt gedacht ist, darf nirgends kleiner sein als 40 cm, wenn der erstgenannte unter Spannung stehende Teil unter Niederspannung steht, und nirgends kleiner als 70 cm vermehrt um $1,2 \text{ cm/kV}$, wenn er unter Hochspannung steht.

2) Zur Verhütung zufälliger Berührung derart seitlich von Bedienungsstandorten gelegener Hochspannungsteile sind vor diesen Schranken oder Geländer gemäss Art. 56 anzubringen.

Art. 60

Schaltschränke und dergleichen

1) Bei Schaltschränken, Schalttafeln und dergleichen müssen alle zu- und wegführenden Leitungen übersichtlich angeschlossen sein und ohne Schwierigkeit abgetrennt werden können; die Anschlüsse müssen kontrollierbar sein.

2) Ringsum verschaltete Schaltschränke, Schaltgestelle und dergleichen von geringerer Höhe als 2,20 m, müssen auch oben geschlossen werden.

E. Transformatorenstationen

Art. 61

Allgemeines

Für die Transformatorenstationen gelten auch die Vorschriften über Schaltanlagen, sofern im nachstehenden nicht ausdrücklich andere Bestimmungen enthalten sind.

Art. 62

Abtrenn- und Abschaltbarkeit der Transformatorenstationen von der Oberspannung

1) Jede Transformatorenstation mit Freileitungsanschluss muss vor der Station durch einen in ihrer Nähe befindlichen Freileitungsschalter unabhängig von anderen Anlagen vom Netz abgetrennt werden können. Ist die Leistung der Station so gross, dass ihre Belastung durch den Freileitungsschalter nicht zuverlässig abgeschaltet werden kann, so muss ausserdem die Möglichkeit vorhanden sein, die Belastung im Innern der Station auf der Hochspannungsseite rasch abzuschalten.

2) Bei Transformatorenstationen mit Kabelzuleitungen muss die Abtrennung der Station durch unmittelbar bei den Kabelendverschlüssen befindliche Trennvorrichtungen möglich sein. Ausserdem muss auch bei solchen Transformatorenstationen die Anordnung im Innern so getroffen werden, dass die Belastung der Station rasch abgeschaltet werden kann. Sind dafür Schalter eingebaut, so müssen in unmittelbarer Nähe der Kabelendverschlüsse noch besondere Trenner angeordnet werden, sofern es nicht möglich ist, die Kabel in nicht zu grosser Entfernung abzuschalten.

Art. 63

Abtrennbarkeit der Leitungen in den Stationen

In den Transformatorenstationen muss sowohl auf der Primär- als auch auf der Sekundärseite jede an eine Sammelschiene angeschlossene oder von einer anderen Leitung abgezwigte Leitung mit einer unter Spannung bedienbaren Trennstelle versehen sein. Davon ausgenommen ist die Zweigleitung zu Überspannungsableitern und Spannungswandlern. Für die Nulleiter gelten die besonderen Bestimmungen von Art. 26 Abs. 7.

Art. 64

Überstromschutz

1) Jeder Leistungstransformator ist für sich auf der Hochspannungsseite entweder durch eine Sicherung in jeder Phase gegen Kurzschluss oder durch einen Schalter mit Relais gegen Überlast und Kurzschluss allpolig zu schützen. Diese Schutzorgane müssen folgenden Anforderungen genügen:

- a) Jeder Kurzschluss an den Niederspannungsklemmen des Transformators und im Leitungsbereich bis zu den ersten Niederspannungsschutzorganen muss durch die Hochspannungssicherungen oder durch den zugeordneten Hochspannungsschalter innert höchstens fünf Sekunden abgeschaltet werden.
- b) Die Hochspannungsschutzapparate sind so zu bemessen, dass sie die bei Kurzschlüssen auf der Hochspannungsseite des Transformators auftretenden Beanspruchungen aushalten, ohne Schaden zu nehmen.

2) Jede von einer Transformatorenstation abgehende Niederspannungsleitung muss für sich gegen Überstrom geschützt sein.

F. Freiluftanlagen

Art. 65

Geltungsbereich

Unter die Bestimmungen dieses Abschnittes fallen alle im Freien aufgestellten oder nicht allseitig geschlossenen Anlagen. Ausgenommen sind Freileitungen und zu den Hausinstallationen zu zählende Anlagen im Freien sowie Stangen-Transformatorenstationen, sofern bei ihnen keine unter Spannung stehenden ungeschützten Anlageteile tiefer an den Boden herunterreichen, als dies für Freileitungen zulässig ist.

Art. 66

Schutzeinrichtungen und Gangdimensionen

1) Für Freiluftanlagen gelten sinngemäss die Vorschriften über Schaltanlagen, sofern im nachstehenden nicht andere Bestimmungen enthalten sind.

2) Freiluftanlagen müssen allseitig von einer mindestens 1,80 m hohen Umzäunung umgeben werden, die so beschaffen sein muss, dass Unbefugten der Eintritt in die Anlage ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel nicht möglich ist.

3) Im Innern der Anlage dürfen längs der Umzäunung in einer Breite von 1,50 m, vermehrt um je 1,2 cm/kV Betriebsspannung, bis zu einer Höhe von 6 m über Boden keine unter Hochspannung stehenden Anlageteile angeordnet werden.

4) Unter Spannung stehende Teile, die im Innern der Anlage in geringere Höhe als 2 m, vermehrt um je 1,2 cm/kV Betriebsspannung, herabreichen, sind gegen Zutritt so zu schützen, dass eine Gefährdung des Personals auch bei Unachtsamkeit ausgeschlossen ist.

5) Über den Bedienungsstandorten dürfen unter Spannung stehende Teile nicht in geringerer Höhe als 3 m, vermehrt um je 1,2 cm/kV Betriebsspannung, angebracht werden.

6) In den eigentlichen Bedienungs- und Kontrollgängen muss zwischen den geerdeten Teilen von Apparaten, Verschaltungen, Traggerüsten und dergleichen mindestens eine freie Breite von 1,20 m vorhanden sein. Ausserdem müssen diese Gänge eine freie Höhe von mindestens 2,5 m über Boden aufweisen.

7) Bei mehrstöckigen Freiluftanlagen ist Art. 58 Abs. 2 sinngemäss anzuwenden.

Art. 67

Besondere Anforderungen an Apparate und Tragkonstruktionen

1) Alle Apparate und Einrichtungen sind so zu konstruieren bzw. zu wählen, anzuordnen und zu unterhalten, dass sie den Temperatur- und Witterungseinflüssen, wie Feuchtigkeit, Wind, Schnee- und Eisansatz, Elektrolyse, ohne Beeinträchtigung ihrer Funktion dauernd standhalten.

2) Alle Tragkonstruktionen sind den einschlägigen Vorschriften über Freileitungen gemäss zu dimensionieren. Niedrige Gestelle für Trennschalter, Messwandler und dergleichen gelten hiebei nicht als Tragkonstruktionen.

G. Prüffelder und Laboratorien

Art. 68

Anwendung der Verordnung

Auf Anlagen in Prüffeldern und Laboratorien sind alle einschlägigen Bestimmungen dieser Verordnung, soweit der Zweck solcher Anlagen dies gestattet, sinngemäss anzuwenden. Der Schutz von Personen ist durch schriftliche Instruktion und andere geeignete Hilfsmittel zu gewährleisten.

Art. 69

Abgrenzung

Prüffelder und Laboratorien sind von den übrigen Räumen abzugrenzen. Der Zutritt zu ihnen ist nur den besonders hierzu ermächtigten Personen zu gestatten.

Art. 70

Prüfungen in Fabrikations- und Montageräumen

Prüfungen an elektrischen Maschinen in allgemeinen Fabrikations- und Montageräumen sind nur gestattet, wenn die zugehörigen, vorübergehenden Einrichtungen während der Prüfungen allseitig in genügendem Umkreis durch Umzäunungen abgegrenzt und vor zufälliger Annäherung durch Überwachung geschützt werden.

VI. Leitungen

A. Freileitungen

1. Allgemeines

Art. 71

Geltungsbereich

Die nachfolgenden Bestimmungen gelten für alle zwischen einzelnen Stützpunkten gespannten Starkstromleitungen im Freien.

Art. 72

Schutz des Landschaftsbildes

Bei der Erstellung von Freileitungen ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass sie das landschaftliche Bild möglichst wenig stören.

Art. 73

Anschläge; Feuerwehr

1) Starkstromunternehmen, deren Freileitungen Ortschaften berühren, haben in ortsüblicher Weise Anleitungen zu veröffentlichen, die Auskunft geben über:

- a) die Gefahr der Leitungen;
- b) das Verhalten von Drittpersonen bei Arbeiten in der Nähe elektrischer Leitungen;
- c) das Verhalten gegenüber herabgefallenen Drähten;
- d) die erste Hilfeleistung bei durch elektrischen Strom verursachten Unfällen.

2) Soweit Freileitungen das überbaute Gebiet von Ortschaften berühren, haben die Starkstromunternehmen ausserdem im Einvernehmen mit den Ortsbehörden dafür zu sorgen, dass bei der Feuerwehr Leute eingestellt werden, welche mit den Leitungen und den einschlägigen Arbeiten vertraut sind.

Art. 74

Revisionen

- 1) Die Leitungen samt Tragwerken und Erdungen müssen von den Betriebsinhabern periodisch revidiert werden.
- 2) Über diese Revisionen und die erfolgten Instandstellungen sind Aufzeichnungen zu führen.

Art. 75

Ausser Betrieb gesetzte Leitungen

- 1) Ausser Betrieb gesetzte Leitungen sind zu erden.
- 2) Freileitungen, die für längere Zeit ausser Betrieb gesetzt werden, sind entweder sofort abzubrechen oder so zu unterhalten und zu kontrollieren wie im Betrieb befindliche Leitungen.

Art. 76

Leistungsarten

In den nachfolgenden Artikeln werden bezeichnet als:

- a) Regelleitungen: Freileitungen mit einfachen Holzstangen und mit Spannweiten bis zu 50 m;
- b) Weitspannleitungen: Freileitungen mit Spannweiten von mehr als 50 m.

Art. 77

Abnormale Spannweiten in Regelleitungen

In Regelleitungen dürfen nur dort, wo es aus triftigen Gründen nötig ist, grössere Spannweiten, als die für solche Leitungen festgesetzte Maximalspannweite von 50 m, eingefügt werden. Vergrösserung der Spannweiten lediglich zum Zwecke, die Tragwerke auf Grenzmarchen aufzustellen, ist nicht zulässig. Teilstrecken von Regelleitungen, die der besonderen Gestaltung des Geländes wegen mit grösseren Spannweiten als 50 m erstellt werden müssen, sind als Weitspannleitungen zu behandeln.

2. Leiter und Isolatoren

Art. 78

Leitermaterial

1) Für die Leiter ist Kupfer, Aluminium oder anderes in bezug auf Festigkeit und chemische Beständigkeit gleichwertiges Material zu verwenden.

2) Drähte und Drahtseile aus Eisen und Stahl dürfen nur verwendet werden, wenn sie mit einem ununterbrochenen, metallischen Schutzüberzug versehen sind, der gegen schädliche Einwirkungen am Verwendungsorte dauernd widerstandsfähig ist.

3) Für die Leiter von Freileitungen jeglicher Art und jeglichen Querschnitts aus Aluminium sowie für diejenigen von Weitspannleitungen aus anderem Material mit mehr als 50 mm² Leiterquerschnitt ist Drahtseil zu verwenden.

4) Material, dessen Elastizitätsgrenze im Verhältnis zu seiner Zerreißfestigkeit wesentlich höher oder tiefer liegt, als bei den in der Tabelle 2 am Schlusse dieser Verordnung erwähnten gebräuchlichsten Leitermaterialien, darf für Freileitungen nicht verwendet werden.

Art. 79

Blanke und isolierte Leiter

Für Freileitungen sind in der Regel blanke Drähte oder Drahtseile zu verwenden. Leiter mit isolierender Faserstoffhülle sind nur bei kurzzeitigen Anlagen ausnahmsweise zulässig, wenn die Witterungsbeständigkeit der Hülle während der Dauer ihrer Verwendung gewährleistet ist.

Art. 80

Mindestfestigkeit und Durchmesser der Leiter

1) Die einzelnen Leiter von Niederspannungsleitungen müssen wenigstens 350 kg, diejenigen von Hochspannungsleitungen wenigstens 560 kg Zerreißfestigkeit aufweisen.

2) Die einzelnen Leiter von Niederspannungsleitungen aus Kupfer-, Bronze-, Eisen- oder Stahldraht sowie aus Aluminiumlegierung müssen einen Durchmesser von wenigstens 4 mm (12,5 mm² Querschnitt), dieje-

nigen von Hochspannungsleitungen einen solchen von wenigstens 5 mm (19, 6 mm² Querschnitt) besitzen.

Art. 81

Leiterverbindungen

1) Leiterverbindungen in freier Spannweite sind möglichst zu vermeiden. Die Verwendung zusammengesetzter Abfallstücke von Leitern ist nicht zulässig.

2) Verbindungen in freier Spannweite von Regelleitungen müssen eine Zerreißfestigkeit von wenigstens 85 % derjenigen der zu verbindenden Leiter besitzen. Bei Hochspannungs-Regelleitungen dürfen die Verbindungen weder gelötet noch geschweisst sein. Dagegen sind bei Niederspannungs-Regelleitungen sorgfältig gelötete Leiterverbindungen in freier Spannweite zulässig.

3) Die Leiterverbindungen in freien Spannweiten von Weitspannleitungen müssen folgenden Bedingungen entsprechen:

- a) Sie dürfen weder gelötet noch geschweisst sein.
- b) Sie müssen eine Zerreißfestigkeit von wenigstens 90 % derjenigen der zu verbindenden Leiter besitzen.
- c) Sie müssen so beschaffen sein, dass die durch Proben mit Typenmustern nachgewiesene Zerreißfestigkeit auch bei nicht besonders sorgfältiger Herstellung erreicht wird.
- d) Sie müssen Gewähr für dauernd einwandfreie Leitfähigkeit und Festigkeit bieten.

4) Auf Verlangen der Kontrollstellen hat der Bauherr über die Eignung der vorgesehenen Typen von Leiterverbindungen einen Prüfungsbefund der Materialprüfungsanstalt einer von der Regierung anerkannten Hochschule zu erbringen. Die Kontrollstellen entscheiden über die Art und den Umfang der Prüfungen und über die Zulässigkeit der Verbindungen.

Art. 82

Leiterverzweigungen

Wird von einem Leiter ein anderer Leiter abgezweigt, so ist die Verbindungsstelle vom Zuge des abzweigenden Leiters zu entlasten und so

herzustellen, dass die Festigkeit der Leiter nicht nennenswert beeinträchtigt wird.

Art. 83

Befestigungsbünde

1) Alle Befestigungsbünde müssen so beschaffen sein, dass sie die richtige Lage des Leiters am Isolator dauernd sicher und ohne nennenswerte Beeinträchtigung seiner Festigkeit unter folgenden Annahmen gewährleisten:

- a) Regelbünde bei betriebsmässigem Zustand des Leiters, mit Zusatzlast nach Art. 88;
- b) Arretierbünde bei einem einseitigen Leiterzug, welcher der nach Art. 89 zulässigen Höchstbeanspruchung des Leiters entspricht;
- c) Endbünde bei einem einseitigen Leiterzug, welcher der Zerreißfestigkeit des Leiters entspricht.

2) Die Befestigungsbünde müssen ohne Beschädigung des Leiters und des Isolators lösbar sein.

Art. 84

Isolatoren

1) Isolatoren müssen witterungsbeständig und von hinreichender Widerstandsfähigkeit gegenüber den auftretenden mechanischen und elektrischen Beanspruchungen sein.

2) Für die Befestigung der Isolatoren auf ihren Stützen und für den Zusammenbau ihrer einzelnen Teile dürfen keine Stoffe verwendet werden, die infolge von Volumenänderung oder von anderen Vorgängen den Isolator unzulässig beanspruchen.

3) Die Isolatorenstützen müssen unter den für die Tragwerkteile, an denen sie befestigt sind, geltenden Berechnungsannahmen wenigstens gleich hohe Sicherheit gegen Bruch bieten, wie diese Tragwerkteile selbst.

Art. 85

Abstand der Leiter vom Tragwerk und unter sich

1) Der Abstand der einzelnen Leiter unter sich und vom Tragwerk ist so zu bemessen, dass keine Erd- und Kurzschlüsse durch Spannungsüberschlag auf das Tragwerk oder durch Zusammenschlagen der Leiter infolge von den durch Wind oder durch Abfallen von Schneelast auftretenden Schwingungen zu befürchten sind.

2) Die für die Befestigung von Isolatoren dienenden Tragwerkteile von Hochspannungsleitungen sind in der Nähe der Leiter möglichst so auszubilden, dass Erdschlüsse durch Vögel vermieden werden.

Art. 86

Höhe der Leiter über Boden

1) Die Leiter müssen bei 0° und der gemäss Art. 88 Abs. 1 Bst. b bzw. Abs. 2 in Betracht zu ziehenden Zusatzlast in der Regel mindestens folgende Abstände vom Erdboden besitzen:

Örtlichkeit	Lotrecht gemessen		In der Richtung des kleinsten Abstandes gemessen	
	Hochspannung	Niederspannung	Hochspannung	Niederspannung
Nicht befahrbares, wenig begangenes Gebiet (Alp- und Weidgebiet, Gebirge, nicht schiffbare Gewässer).....	m	m	m	m
	6.0	5.0	5.0	4.0
Befahrbares Gebiet (Wiesen, Äcker und Feldwege).....	6.5	5.5	5.0	4.0
Ortschaften, Strassen und Plätze	7.0	6.0	5.0	4.0

Bei Leitungen mit höheren Spannungen sind diese Abstände um je 1 cm für jedes kV zu erhöhen, um das die Spannung 70 kV übersteigt.

2) Ausnahmsweise können unter Vorbehalt der Zustimmung der Kontrollstellen kleinere Abstände, als sie in der Tabelle angegeben sind, gewählt werden, wenn eine Berührungsgefahr zufolge der örtlichen Verhältnisse und allfälliger besonderer Vorkehrungen ausgeschlossen erscheint.

3) Über den schiffbaren oder noch schiffbar zu machenden Gewässerstrecken müssen die Leiter so hoch über dem Hochwasserspiegel angebracht werden, dass sie der freien Durchfahrt der höchsten Teile der auf den Gewässern verkehrenden Schiffe nicht hinderlich sind.

Art. 87

Abstand der Leitungen von Bäumen

Bäume in der Nähe von Freileitungen sind zu beseitigen oder so weit zurückzuschneiden, dass die Leitungen nicht gefährdet werden. Der Abstand zwischen Leitern und Obstbäumen muss so gross sein, dass Personen bei Besorgung der Bäume nicht der Gefahr zufälliger Berührung der Leiter ausgesetzt sind.

Art. 88

Zug und Durchhang der Leiter

1) Der Berechnung der Zugbeanspruchung der Leiter und des für die grösste zulässige Leiterbeanspruchung massgebenden Durchhangs von Weitspannleitungen sind, je für sich, folgende Zustände zugrunde zu legen:

- a) tiefste Ortstemperatur, ohne Zusatzlast und ohne Wind;
- b) bei der Temperatur von 0°, ohne Wind, eine gleichmässig verteilte Zusatzlast, herrührend von Schnee und Eis, von 2 kg auf den Meter Länge.

2) Die Kontrollstellen können die Annahme grösserer Zusatzlasten verlangen, wenn es sich um Leitungen an Orten handelt, wo erfahrungsgemäss zeitweise solche vorkommen. Bei Leitern von über 4 cm Durchmesser ist ferner der Nachweis genügender Sicherheit zu leisten bei einem seitlichen Winddruck von 50 kg pro m² der Ansichtsfläche des Leiters bei der Temperatur von 0° ohne Zusatzlast.

3) Der Durchhang der Leiter von Regelleitungen ist normalerweise den in der Tabelle 1 am Schlusse dieser Verordnung enthaltenen Angaben entsprechend zu bemessen. Bei Spannweiten von mehr als 40 m ist in Gegenden, wo stärkere Eis- und Schneeansätze zu befürchten sind, die Verwendung von Kupferdrähten von weniger als 4,5 mm Durchmesser und von Aluminiumseilen von weniger als 40 mm² Querschnitt tunlichst zu vermeiden.

Art. 89

Höchstbeanspruchung der Leiter

1) Die Zugbeanspruchung des Leitermaterials darf unter den in Art. 88 Abs. 1 bzw. 2 angenommenen Zuständen das in der Tabelle 2 am Schlusse dieser Verordnung angegebene Mass, jedenfalls aber zwei Drittel der Zerissfestigkeit nicht übersteigen.

2) Leiter, die aus Teilen verschiedenen Materials bestehen, dürfen nicht stärker beansprucht werden als bis in irgendeinem der verwendeten Materialien die gemäss Abs. 1 zulässige Beanspruchung erreicht ist, sofern nicht das eine Material, ohne Rücksicht auf die Festigkeit des anderen, für sich allein als Tragorgan genügt. Im letzteren Falle ist das nicht vom Tragorgan herrührende Gewicht des Leitermaterials als Zusatzlast in Rechnung zu stellen.

3) Den Durchhangsberechnungen sind die in der Tabelle 2 angegebenen Zahlenwerte der Eigenschaften der Materialien zugrunde zu legen. Die Einsetzung anderer Eigenschaftswerte ist dann zulässig, wenn durch Prüfungsbefund der Materialprüfungsanstalt einer von der Regierung anerkannten Hochschule nachgewiesen wird, dass sie für das betreffende Material zutreffen.

4) Wenn es sich um Leitermaterial mit anderen als in der Tabelle 2 angegebenen Eigenschaften oder um Anlagen handelt, bei denen die genaue Kenntnis der Materialeigenschaften von besonderer Bedeutung ist, können die Kontrollstellen vom Bauherrn Prüfungsbefunde der Materialprüfungsanstalt einer von der Regierung anerkannten Hochschule über die Festigkeits- und Dehnungseigenschaften der zu verwendenden Leitermaterialien verlangen. Die Kosten der Prüfungen gehen in allen Fällen zu Lasten des Bauherrn.

Art. 90

Spannweiten

1) Die Spannweite von Leitungen aus Leitern von verschiedenem Durchmesser oder Material ist durch denjenigen Leiter begrenzt, für den sich aus der Rechnung die kleinste zulässige Spannweite ergibt.

2) Soweit es die örtlichen Verhältnisse erlauben, sind beträchtliche Unterschiede in der Grösse benachbarter Spannweiten zu vermeiden.

3. Tragwerke

Art. 91

Bezeichnung von Tragwerkarten

Für die meist gebräuchlichen Ausführungsarten von Tragwerken gelten folgende Bezeichnungen:

- a) Tragmaste, für normalerweise in gerader Leitungsstrecke stehende Tragwerke. Sind sie im wesentlichen nur zur Abstützung von Leitern bestimmt und weder für eine beträchtliche Beanspruchung in der Längsrichtung der Leitung noch für Torsionsbeanspruchungen berechnet, so dürfen sie nur bei Aufstellung einer ausreichenden Anzahl von Abspannmasten verwendet werden. Besitzen sie dagegen für sich allein eine für die soeben genannten Beanspruchungen genügende Festigkeit, so kann von der Aufstellung von Abspannmasten abgesehen werden;
- b) Eckmaste, für Tragwerke, die in einem Winkelpunkt der Leitung stehen;
- c) Abspannmaste, für Verankerungstragwerke, deren Zweck darin besteht, im Falle des Bruches einzelner Leiter den Zusammenbruch grösserer Strecken der Leitung zu verhindern, oder für Tragwerke am Ende einer Freileitung.

Art. 92

Tragwerkmaterial der Weitspannleitungen

1) Tragwerke von Weitspannleitungen sollen in der Regel aus haltbarem Material bestehen, wobei für Tragmaste in besonderen Fällen auch Holz zulässig ist.

2) Für Abspann- und Eckmaste der Weitspannleitungen darf nur ausnahmsweise Holz verwendet werden. In solchen Fällen sind für die Befestigung der Maste im Boden Fundamente nach Art. 105 Abs. 3 anzuwenden.

3) Auf Tragwerken aus haltbarem Material sind hölzerne Einbauten aus gegen Witterungseinflüsse widerstandfähigem Holz für die Befestigung von Stützisolatoren zulässig.

Art. 93

Wertannahmen für die wirkenden Kräfte

1) Für die Festigkeitsberechnung von Tragwerken sind die in Rechnung zu stellenden Kräfte mit folgenden Werten anzunehmen:

- a) das Eigengewicht der Tragwerke und dasjenige der Leiter, bezogen auf die virtuelle Spannweite, dazu die Zusatzlast gleichmässig verteilt, entsprechend den in Art. 88 Abs. 1 Bst. b bzw. Abs. 2 angegebenen Werten;
- b) der Leiterzug entsprechend den Bestimmungen der Art. 94 und 95;
- c) ein Winddruck für jeden m^2 Fläche, von 100 kg für senkrecht getroffene ebene Flächen, 70 kg für die Ansichtsfläche zylindrischer Tragwerkteile und der Isolatoren, 50 kg für die Ansichtsfläche von Drähten und Drahtseilen.

2) Zur Bestimmung der vom Wind getroffenen Flächen F eines Fachwerkes ist folgende Formel zu verwenden:

In dieser Formel bedeuten:

$F'g$ die ganze Umrissfläche der vorderen, dem Winde zugekehrten Mastwand,

$F'm$ die Fläche der Lücken der vorderen Mastwand,

$F''g$ die ganze Umrissfläche der hinteren Mastwand,

$F''m$ die Fläche der Lücken der hinteren Mastwand.

3) Für Teile von Leitungen in mehr als 30 m Höhe über Boden sind die Ansätze für den Winddruck um 25 % zu erhöhen. Für die Leiter und das Erdseil ist dies indessen nur dann erforderlich, wenn sie sich auf ihrer ganzen Ausdehnung zwischen zwei Tragwerken in einer Höhe von mehr als 30 m über Boden befinden.

Art. 94

Allgemeine Annahmen für Tragwerkberechnungen

Die Festigkeitsberechnung ist für alle Arten von Tragwerken für folgende Annahmen über den Zustand und die Belastung durchzuführen:

- a) auf die in betriebsmässigem Zustand befindliche, keine Zusatzlast tragende Leitung wirke senkrecht zu ihrer Längsrichtung der in Art. 93 festgesetzte Winddruck waagrecht;
- b) auf die in betriebsmässigem Zustand befindliche Leitung wirke kein Wind, jedoch seien die Leiter mit der in Art. 88 Abs. 1 Bst. b bzw. Abs. 2 angegebenen Zusatzlast belastet.

Art. 95

Berechnungsannahmen für die verschiedenen Tragwerkarten

Ausser den in Art. 94 für alle Tragwerkarten vorgeschriebenen Festigkeitsberechnungen sind noch besondere für die einzelnen Tragwerkarten durchzuführen, welche folgenden Annahmen über den Zustand und die Belastung der Tragwerke entsprechen:

I. Tragmaste

1. Für die Ausleger und Isolatorenstützen von Leitungen ohne Abspannmaste:

Auf diese wirke einseitig vier Fünftel des maximal auftretenden Leiterzuges. Sind die Leiteraufhängungen beweglich, so darf die Verminderung des Leiterzuges durch ihre Beweglichkeit, nicht aber durch die allfällige Beweglichkeit der Ausleger, berücksichtigt werden, soweit sie durch eine Rechnung nachgewiesen wird.

2. Für den Mastschaft:

Bei Leitungen mit Abspannmasten wirke auf den Tragmast einschliesslich Ausleger und Isolatoren in der Leitungsrichtung der in Art. 93 festgesetzte Winddruck und ausserdem in der Höhe der Mittelkraft der Leiterzüge, in der Achse des Mastes angreifend gedacht, ein einseitiger Zug entsprechend 5 % des maximal auftretenden Zuges sämtlicher Leiter. Dieser einseitige Zug darf bis auf 2 % des maximal auftretenden Zuges sämtlicher Leiter ermässigt werden, wenn die Tragwerke durch ein Erdseil, das wenigstens gleiche Festigkeit wie der stärkste Leiter aufweist und an den Mastspitzen unverschiebbar befestigt ist, unter sich verankert sind.

Werden in der Leitung keine Abspannmaste aufgestellt, so sind für den Tragmast noch folgende Berechnungsannahmen zu machen:

Annahme a. Auf den Mast wirke einseitig, in der Achse des Mastes angreifend gedacht, der maximal auftretende Zug des Leiters, der bei Bruch das grösste Biegemoment erzeugt.

Annahme b. Auf den Mast wirke einseitig der maximal auftretende Zug des Leiters, der bei Bruch das ungünstigste Torsionsmoment erzeugt. Haben dabei die übrigen Leiter zufolge starrer Befestigung am Mast eine verankernde Wirkung, so darf diese berücksichtigt werden. Sind die Leiteraufhängungen beweglich, so darf die Verminderung des Leiterzuges durch diese Beweglichkeit berücksichtigt werden, soweit sie durch eine Rechnung nachgewiesen wird. Für die Bemessung der einzelnen Teile des Mastschaftes sind jeweilen die grössten der unter den Annahmen a und b sich ergebenden Kräfte massgebend.

II. Eckmaste

1. Für die Ausleger und Isolatorenstützen:

Es gelten entweder die Bestimmungen der Ziff. I 1 oder diejenigen der Ziff. III 1, je nachdem ein Trag- oder ein Abspannmast als Eckmast gewählt wird. Diese Berechnung ist bei Leitungen mit Abspannmasten für die nach Ziff. I 2 Abs. 1 berechneten Tragemaste in Leitungswinkeln von 175° und mehr, wenn sie als Eckmaste gebraucht werden, nicht erforderlich.

2. Für den Mastschaft:

Wenn ein Trag- oder Abspannmast als Eckmast dient, so hat er zu dem folgenden Bedingungen zu genügen:

Annahme a. Auf den Mast wirke die aus den einzelnen Leiterzügen und dem Zug im Erdseil bei einer Temperatur von 0° ohne Zusatzlast sich ergebende Mittelkraft und der in Art. 93 festgesetzte Winddruck auf Leiter und Mast in gleicher Richtung.

Annahme b. Auf den Mast wirke die aus dem maximal auftretenden Zug sämtlicher Leiter und des Erdseiles sich ergebende Mittelkraft.

Für die Berechnung der Eckmaste, die in Winkelpunkten der Leitung von weniger als 175° (360° -Teilung) stehen, kommen weiter folgende Bedingungen hinzu:

Annahme c. Auf dem Mast wirke in der Höhe der Mittelkraft der Leiterzüge, senkrecht zur Winkelhalbierenden in der Mastachse angreifend gedacht, ein einseitiger Zug entsprechend 15 % des maximal auftretenden Zuges sämtlicher Leiter.

Annahme d. Auf den Mast, einschliesslich Ausleger und Isolatoren, wirke senkrecht zur Winkelhalbierenden der in Art. 93 festgesetzte Winddruck und ausserdem in der Höhe der Mittelkraft der Leiterzüge, in der Achse des Mastes und in der gleichen Richtung wirkend gedacht, ein einseitiger Zug entsprechend 15 % des bei 0° ohne Zusatzlast herrschenden Zuges sämtlicher Leiter.

Für die Bemessung der einzelnen Teile des Mastschaftes sind jeweils die grössten der unter den Annahmen a und b bzw. a, b, c und d sich ergebenden Kräfte massgebend, es sei denn, dass die Maste als reine Trag- oder Abspannmaste schon stärker beansprucht sind.

III. Abspannmaste

1. Für die Ausleger und Isolatorenstützen:

Auf diese wirke ein einseitiger Zug im Leiter, entsprechend dem maximal auftretenden Leiterzug.

2. Für den Mastschaft:

Annahme a. Auf den Mast wirke in der Höhe der Mittelkraft der Leiterzüge, in der Achse des Mastes angreifend gedacht, ein einseitiger Zug von sovielen % des maximal auftretenden Zuges sämtlicher Leiter, als die nachfolgende Tabelle angibt:

Gesamtzahl der Leiter (ausschl. Erdseil)	In Rechnung zu stellender Prozentsatz
1 und 2	100 %
3	75 %
4	60 %
5	50 %
6 und mehr	40 %

Steht der Abspannmast am Ende einer Leitung (Endmast), so kommen 100 % des maximal auftretenden Zuges sämtlicher Leiter in Anrechnung und dazu der Zug des Erdseiles, sofern ein solches am Mast selbst abgespannt ist.

Annahme b. Auf den Mast wirke in denjenigen zwei benachbarten Leitern, die zusammen bei Bruch das ungünstigste Torsionsmoment erzeugen, oder auch nur in einem Leiter, wenn dieser Fall eine grössere Beanspruchung des Mastschaftes ergibt, ein einseitiger Zug entsprechend dem in den betreffenden Leitern maximal auftretenden Zuge. Haben dabei die übrigen Leiter eine verankernde Wirkung, so darf diese berücksichtigt werden, wenn sie durch eine Berechnung nachgewiesen wird.

Für die Bemessung der einzelnen Teile des Mastschaftes sind jeweils die grösseren der unter den Annahmen a und b sich ergebenden Kräfte massgebend.

IV. Besondere Fälle

1. In den unter den Ziff. I-III nicht vorgesehenen Fällen sind die ungünstigsten wirklich zu gewärtigenden Belastungen anzunehmen.
2. Die in den Art. 94 und 95 enthaltenen Bestimmungen sollen auch auf allfällige andere Tragwerkarten sinngemäss Anwendung finden, d. h. die Berechnungen sollen aufgrund der wirklich auftretenden Belastungen und der vorstehend vorgenommenen Milderungen ausgeführt werden.

Art. 96

Zulässige Materialbeanspruchungen

1) Unter allen in den Art. 94 und 95 vorgeschriebenen Annahmen über Zustand und Belastung der Tragwerke darf die Beanspruchung ihrer einzelnen Teile, bei Verwendung von Material von Normalgüte, die in nachstehender Tabelle angegebenen Beträge nicht überschreiten. Bei Berechnung mit diesen Zahlen ist ein besonderer amtlicher Nachweis der Festigkeit der Materialien nicht erforderlich.

Zulässige Beanspruchung in kg/cm²

Material	Zug	Druck	Biegung	Absche- rung	Loch- leibungs- druck
Weich- und Hartholz (in der Faserrichtung)	100	100	150	15	
Flussstahl	1 800	1 800	1 800	1 440	3 600
Nieten und eingepasste Schraubenbolzen	1 600	-	-	1 600	3 600
Verbindungs- und Ankerschrauben	1200	-	1600	1200	2700
Bolzen	1 400	-	1 800	1 400	3 300
Mannesmannmaste	2 600	2 600	2 600	-	-

2) Bei Verwendung von Konstruktionsmaterial von besonderer Qualität bleibt die Festsetzung der zulässigen Beanspruchung durch die Kontrollstellen aufgrund eines Prüfungsausweises der Materialprüfungsanstalt einer von der Regierung anerkannten Hochschule vorbehalten. In solchen Fällen darf die Zugbeanspruchung bei metallischen Baustoffen den einer 2 1/4fachen und bei Holz den einer dreifachen Sicherheit gegen Bruch entsprechenden Betrag erreichen. Die übrigen Beanspruchungen dürfen alsdann ebenfalls im gleichen Verhältnis wie die durch die Versuchsergebnisse nachgewiesene Erhöhung der Zugfestigkeit erhöht werden.

3) Auf Druck beanspruchte Fachwerkstäbe, bei denen Knickgefahr besteht, sind auf ihre Knicksicherheit zu untersuchen. Bezeichnen l die freie Knicklänge in Zentimetern und i den in Betracht fallenden Trägheitshalbmesser in Zentimetern, so darf bei ganz oder annähernd zentrischem Kraftangriff die Beanspruchung ok höchstens betragen:

a) für Tragwerkteile aus Flussstahl:

$$[\sigma]_k = 1370 - 5 \times l/i \text{ kg/cm}^2 \text{ für } l/i = 10 \text{ bis } 106$$

$$[\sigma]_k = 9,4 \times 10^6 \cdot (i/l)^2 \text{ kg/cm}^2 \text{ für } l/i \leq 106$$

b) für Tragwerkteile aus Holz:

$$[\sigma]_k = 98 - 0,65 \times l/i \text{ kg/cm}^2 \text{ für } l/i = 10 \text{ bis } 100$$

$$[\sigma]_k = 3,3 \times 105 \times (i/l) \text{ kg/cm}^2 \text{ für } l/i \leq 100.$$

Für l ist in diesen Formeln in der Regel die ganze freie Länge einzusetzen. Handelt es sich indessen um Glieder, die mit mehreren Nieten oder Schrauben befestigt sind, so darf der 0,8fache Betrag der Systemlänge in Rechnung gesetzt werden. Fälle von exzentrischem Kraftangriff oder besonderen Einspannungs- bzw. Führungsverhältnissen, durch welche die Knicksicherheit besonders ungünstig beeinflusst wird, sind entsprechend zu berechnen.

4) Für die Berechnung von Tragwerken aus Eisenbeton gelten die auf Hochbauten bezüglichen Bestimmungen.

Die Materialbeanspruchung der Tragwerke darf jedoch den 1,3fachen Betrag der dort als zulässig bezeichneten Beanspruchung erreichen.

5) Der Ausweis über die genügende Festigkeit von Tragwerken kann auch durch Belastungsproben am fertigen Tragwerk geleistet werden. Solche Proben sind im Einvernehmen mit den Kontrollstellen vorzunehmen. Die Festigkeit wird als ausreichend erachtet, wenn die Proben unter den gemäss den Art. 94 und 95 in Betracht fallenden Höchstbelastungen bei Tragwerken aus Metall oder Eisenbeton wenigstens zweifache und bei hölzernen Tragwerken und Tragwerkteilen wenigstens dreifache Sicherheit gegen Bruch ergeben.

6) Wenn über die Festigkeit von Tragwerken oder einzelner ihrer Teile Zweifel bestehen, kann die Kontrollstelle die Vornahme von Proben vom Bauherrn verlangen. Das Protokoll ist von dem der Probe beiwohnenden Vertreter der Kontrollstelle und dem Bauherrn oder seinem Vertreter zu unterzeichnen. In allen Fällen gehen die Kosten der Proben zu Lasten des Bauherrn.

7) Die einzelnen Teile von Eisenmasten müssen, ohne Rücksicht auf die sich nach der vorliegenden Verordnung rechnermässig ergebenden Beanspruchungen, so stark bemessen sein, dass ihre Sicherheit durch leichte Abrostung und durch die bei der Herstellung, Herbeischaffung und Aufstellung der Masten und beim Anbringen der Leiter entstehenden Zufallsbeanspruchungen nicht in Frage gestellt wird. Von untergeordneten Teilen abgesehen, dürfen Flacheisen von weniger als 4 mm Stärke und Profileisen mit weniger als 40 mm Breite nicht verwendet werden.

8) Die Verbindung der Tragwerkteile durch Schweissung ist zulässig. Solche Verbindungen müssen gegenüber den grössten rechnermässig auftretenden Belastungen wenigstens 21/4-fache Sicherheit gegen Bruch

bieten. Für ihre Berechnung sind die auf Hochbauten bezüglichen Bestimmungen sinngemäss anzuwenden.

9) Eisenbetonmaste sind so zu gestalten, dass die Ausrüstungsteile an den Masten dauernd sicher und ohne Beschädigung der letzteren befestigt werden können.

Art. 97

Rostschutz eiserner Tragwerke

Eiserne Tragwerke sind durch geeignete Massnahmen vor Verrostung zu schützen; ihre Betonfundamente sind über den Boden hinauszuführen, und es ist für guten Wasserablauf von der Sockeloberfläche zu sorgen.

Art. 98

Aufschriften an den Tragwerken

1) Bei imprägnierten Holzstangen sind in einer Höhe von 4,5 m über dem unteren Stangenende die Jahreszahl der Imprägnierung und darüber die Stangenlänge und die Initialen der Imprägnieranstalt deutlich und dauerhaft einzubrennen.

2) Sämtliche Tragwerke sind mit den Initialen des Leitungseigentümers und der Jahreszahl der Aufstellung zu versehen und zu numerieren.

Art. 99

Bemessung von Holztragwerken beliebiger Leitungen

1) Die Durchmesser einfacher Holzstangen dürfen nicht weniger betragen als:

	2 m über dem Fussende	am Kopffende
bis zu 8 m Gesamtlänge	16cm	11cm
bei 9 m Gesamtlänge	17 cm	12 cm
bei 10 m Gesamtlänge	18 cm	12 cm
bei 11 m Gesamtlänge	19 cm	13 cm
bei 12 m Gesamtlänge	20 cm	13 cm
bei 13 m Gesamtlänge	21 cm	14 cm

bei 14 m Gesamtlänge	22 cm	14 cm
bei 15 m Gesamtlänge	23 cm	15 cm
bei 16 m Gesamtlänge	24 cm	15 cm
bei 17 m Gesamtlänge	25 cm	15 cm
bei 18 m Gesamtlänge	26 cm	15 cm
bei 19 m Gesamtlänge	27 cm	15 cm
bei 20 m Gesamtlänge	28 cm	15 cm
bei 21 m Gesamtlänge	29 cm	15 cm
bei 22 m Gesamtlänge	30 cm	15 cm

2) Die Bestimmungen der Art. 96 und 100 bleiben vorbehalten, insbesondere sind Tragwerkkonstruktionen aus Holz statisch zu berechnen und nach den für Holzbauten geltenden Regeln auszuführen.

Art. 100

Bemessung von Holztragwerken der Regelleitungen

1) Sofern nicht nach Art. 99 grössere Durchmesser erforderlich sind, müssen Holzstangen von Regelleitungen an der Austrittsstelle aus dem Boden oder, bei auf Sockeln gestellten Stangen, am oberen Ende der Einspannung wenigstens folgende Durchmesser aufweisen:

Bei Leitern aus Kupfer

Bei Leitern aus Aluminium

Hierin bedeutet:

D den Stangendurchmesser in Zentimetern,

öd die Summe der Durchmesser sämtlicher auf der Stange angebrachten Leiter in Millimetern,

S die mittlere Spannweite in Metern,

H die mittlere Leiterhöhe über Boden bzw. über dem höchst beanspruchten Stangenquerschnitt in Metern und

H_l die gesamte Stangenlänge über Boden bzw. über dem höchst beanspruchten Stangenquerschnitt in Metern.

2) Für andere Tragwerke von Regelleitungen ist ein besonderer Sicherheitsnachweis zu erbringen.

3) Hölzerne Eck- und Endtragwerke der Regelleitungen sind in sinnvoller Anwendung der Art. 95 und 96 zu berechnen.

Art. 101

Verstreibungen und Verankerungen von Holztragwerken

1) Wenn Holzstangen verstrebt oder verankert werden müssen, so ist in der Regel der Verstrebung der Vorzug zu geben. Verankerungen sind an Orten, wo sie der Beschädigung ausgesetzt wären, zu vermeiden.

2) Streben dürfen im allgemeinen nicht schwächer sein als die zugehörige Stange; es müssen ferner geeignete Vorkehrungen gegen das Ausreissen verstreibter Stangen aus dem Boden getroffen werden.

3) Für Verankerungen dürfen Drähte oder Drahtseile nur verzinkt und mit einem Gesamtquerschnitt von wenigstens 25 mm² für den über Boden und von wenigstens 50 mm² für den im Boden befindlichen Teil verwendet werden; für diesen Teil ist auch Rundeisen von wenigstens 1 cm Durchmesser zulässig. Die Verbindungen der einzelnen Teile der Verankerungen unter sich, mit dem Tragwerk und mit dem Erdanker sind so herzustellen, dass sie wenigstens gleiche Zerreißfestigkeit aufweisen wie die Verankerungsdrähte oder -seile. Alle Verankerungen sind mit Nachspannvorrichtungen zu versehen.

4) Die Verankerungen von Holzgestängen dürfen die Isolatorenstützen und die mit diesen leitend verbundenen Metallteile nicht berühren. Die Stangenverankerungen aller Hochspannungsleitungen und derjenigen Niederspannungsleitungen, bei denen die Befestigung der Verankerung am Tragwerk nicht unterhalb des untersten Leiters erfolgt, sind wenigstens 50 cm unterhalb des letzteren durch den Einbau von der Spannung der Leiter gegen Erde entsprechenden Isolatoren elektrisch zu unterbrechen.

Art. 102

Material der Holztragwerke

1) Für hölzerne Tragwerke und Tragwerkteile darf nur einwandfreies Material verwendet werden.

2) Stangen aus Weichholz müssen nach einem zuverlässigen Verfahren imprägniert sein. Ausnahmen sind zulässig, wenn es sich um Anlagen handelt, die nach ganz kurzer Zeit wieder beseitigt werden, oder wenn die Beschaffung imprägnierter Stangen mit aussergewöhnlich hohen Kosten oder Schwierigkeiten verbunden ist.

3) Bei Stangen aus Holz, das gegen Witterungseinflüsse besonders widerstandsfähig ist, kann die Imprägnierung unterbleiben.

Art. 103

Feuchtigkeitsschutz von Holztragwerken

- 1) Hölzerne Stangen sind am Kopfende in zuverlässiger Weise gegen das Eindringen von Regenwasser zu schützen.
- 2) Bei Tragwerkkonstruktionen aus Holz ist durch entsprechende Ausbildung der Stossstellen dafür zu sorgen, dass nicht Wasseransammlungen an diesen Stellen entstehen können; ausserdem ist durch Teeranstrich oder dgl. vorzeitiger Fäulnis vorzubeugen.

Art. 104

Berechnung der Tragwerkfundamente

Die Tragwerkfundamente von Starkstromfreileitungen müssen unter den in den Art. 94 und 95 festgesetzten Belastungsannahmen folgende Bedingungen erfüllen:

- a) Die Sicherheit gegen Umsturz muss wenigstens 1,5fach sein.
- b) Die bei der grössten zulässigen Beanspruchung eintretende Schiefstellung der Tragwerke infolge der Lagenveränderung der Fundamente darf kein so hohes Mass erreichen, dass dadurch die Sicherheit des öffentlichen Verkehrs oder anderer Anlagen beeinträchtigt wird.

Art. 105

Befestigung von Holzstangen

- 1) Die Eingrabetiefe von Holzstangen soll wenigstens betragen:
für Stangen bis 8 m Länge über Boden 130 cm
für je 1 m Mehrlänge 10 cm mehr.
- 2) Die Stangen sind den örtlichen Verhältnissen entsprechend mit Steinkränzen im Boden gut zu verammen.
- 3) Werden besondere Fundamente angebracht, so sind dafür im Boden verammte oder auf andere Weise sicher fundierte Stangenfüsse aus Material zu verwenden, das gegen die Einwirkungen des Erdbodens widerstandsfähig ist und auf denen die Stangen auswechselbar und vor Erdfeuchtigkeit und Wasseransammlungen geschützt befestigt sind. Die Stangenfüsse müssen wenigstens gleiche Festigkeit besitzen wie die Tragwerke. Die unmittelbare Einbetonierung von Holzstangen ist nur bei kurzzeitigen Anlagen zulässig.

Art. 106

Nachträgliche Anbringung von Leitern

Vor der nachträglichen Anbringung von weiteren oder stärkeren Leitern an schon bestehenden Tragwerken ist zu prüfen, ob diese und ihre Fundamente die für die grössere Belastung erforderliche Festigkeit besitzen. Ist dies nicht der Fall, so sind sie entsprechend zu verstärken.

4. Erdungen

Art. 107

Erdung von Tragwerken

1) Tragwerke aus Metall oder Eisenbeton von Leitungen für eine Spannung von mehr als 250 V gegen Erde sollen geerdet werden. Die Erdung ist gemäss den Bestimmungen von Abschnitt III/A auszuführen. Wo an begangenen Stellen eine zuverlässige Erdung nicht möglich ist, sind den besonderen Verhältnissen angemessene andere Schutzmassnahmen zur Verhütung von Unfällen bei Isolationsschäden zu treffen.

2) Bei Eisenbetontragwerken sind die Isolatorenträger zu erden. Für die Erdung dürfen bei Leitungen mit Erdseil Armierungseisen, die durchgehend mindestens die gleiche Leitfähigkeit aufweisen wie ein Kupferleiter von 16 mm^2 Querschnitt, verwendet werden. Die Anschlüsse an die Armierungseisen müssen gegen Korrosion geschützt und leicht kontrollierbar sein.

3) Die Erdleitung ist am Tragwerk dauerhaft und leicht kontrollierbar anzuschliessen.

4) Der Erdungswiderstand der Erdelektroden einzelner Maste darf in günstigem Boden nicht mehr als 20 Ohm betragen. Wo der Boden für Erdungen ungünstig ist, soll der Erdungswiderstand durch Vergrösserung der Erdelektroden nach Möglichkeit niedrig gehalten werden. Bei Leitungen, deren Tragwerke durch ein Erdseil miteinander verbunden sind, sollen alle Maste geerdet werden, die sich an Stellen befinden, wo hiefür geeignetes Terrain vorliegt. Auf keinen Fall dürfen die einzelnen Erdungsstellen weiter als 1 km auseinander liegen. Der Erdungswiderstand aller durch ein Erdseil parallel geschalteter Erdelektroden darf, an jeder Erdungsstelle gemessen, höchstens 20 Ohm betragen.

5) Bei Freileitungsschaltern auf hölzernen Tragwerken ist entweder das Schaltergestell oder der Betätigungsmechanismus gemäss den Best-

immungen von Abschnitt III/A an Erde zu legen. In die Antriebsvorrichtung sind überdies der Betriebsspannung entsprechende Isolatoren einzufügen.

5. Niederspannungsleitungen

Art. 108

Schutzmassnahmen bei Leitungen an Gebäuden

1) Niederspannungsfreileitungen an Gebäuden oder in der Nähe solcher sowie Anschlussdrähte zu Häusern und anderen Verbrauchsstellen sind so anzuordnen, dass die Leiter der Berührung möglichst wenig ausgesetzt sind. Die zufällige Berührung der Leiter ohne besondere Hilfsmittel muss von allgemein zugänglichen Gebäudeteilen aus ausgeschlossen sein.

2) Die Höhe von unter Spannung stehenden Leitern über nicht allgemein zugänglichen Dächern muss wenigstens 1,8 m betragen. Diese Höhe darf für geerdete Leiter auf 1,5 m ermässigt werden.

Art. 109

Leitungsträger an Häusern

1) An Häusern befestigte Leitungsträger sind mit Aufschriften, welche vor Berührung der Leiter warnen, zu versehen, sofern die letzteren von allgemein zugänglichen Orten oder von zugänglichen Gebäudeteilen aus ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel erreicht werden können und wenn die Betriebsspannung der Leiter mehr als 100 V beträgt.

2) Bei Anlagen mit einer Spannung von mehr als 250 V gegen Erde müssen an allen Trägern an oder auf Gebäuden und bei allen Hausanschlüssen, auch wenn sie von allgemein zugänglichen Gebäudeteilen aus nicht erreichbar sind, Warnungstafeln angebracht werden.

6. Hochspannungsleitungen

Art. 110

Hochspannungsleitungen in der Nähe von Gebäuden

1) Zwischen Hochspannungsleitungen und benachbarten Gebäuden ist in der Regel ein waagrecht gemessener seitlicher Abstand von wenigstens 5 m einzuhalten. Bei Häusern, welche die Leitung überragen, ist dieser Abstand um das Mass der Überragung zu vergrössern.

2) Die Anbringung von Hochspannungsfreileitungen an Gebäuden, die nicht ausschliesslich dem Betriebe elektrischer Anlagen dienen, ist nur zulässig, wenn eine andere Ausführung nicht möglich ist und wenn Massnahmen getroffen werden, die eine zufällige Berührung der Leitungen zuverlässig verhindern. Die Überführung von Hochspannungsleitungen über Gebäude, die nicht ausschliesslich dem Betriebe elektrischer Anlagen dienen, ist tunlichst zu vermeiden. Wo dies aus zwingenden Gründen nicht möglich ist, sind die Leitungen so anzuordnen, dass sie von irgendwelchen Gebäudeteilen aus ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel nicht erreichbar sind.

3) Hochspannungsleitungen an oder über Gebäuden, die ausschliesslich dem Betriebe elektrischer Anlagen dienen, sind so anzuordnen, dass sie bei allfälligen Bauarbeiten möglichst wenig hinderlich und gefährlich sind.

Art. 111

Hochspannungsleitungen an Strassen und über Plätzen

1) Die Anlage von Hochspannungsfreileitungen längs Strassen sowie namentlich über öffentliche Plätze ist tunlichst zu beschränken.

2) In der Nähe von Strassenrändern sind Tragwerke so aufzustellen, dass sie der Gefahr der Beschädigung durch auf der Strasse verkehrende Fuhrwerke möglichst wenig ausgesetzt sind und den Strassenverkehr nicht beeinträchtigen.

Art. 112

Markierung von Hochspannungstragwerken

1) Alle Hochspannungstragwerke sind durch rote Marken oder durch Warnungstafeln zu kennzeichnen. Die Marken sind so anzuordnen, dass von allen Seiten eine Fläche von mindestens 10 x 10 cm sichtbar ist.

2) Hochspannungstragwerke an begangenen Orten sind mit Aufschriften zu versehen, welche auf die Todesgefahr beim Berühren der Leitungen in deutlich sichtbar bleibender Schrift aufmerksam machen. Diese Aufschriften sind gut zu befestigen und so anzubringen, dass sie nicht leicht beschädigt werden können.

Art. 113

Abschaltbarkeit der Leitungen bei Ortschaften

Durchqueren oder berühren Hochspannungsfreileitungen Ortschaften, so sind Massnahmen zu treffen, um in Notfällen deren rasche Abschaltung sicherzustellen.

B. Kabelleitungen

Art. 114

Bleimantel

1) Zur Einlegung in den Erdboden dürfen nur Kabel verwendet werden, deren Isolierschicht durch einen oder mehrere Bleimäntel nahtlos und feuchtigkeitsdicht umpresst ist.

2) Zum Schutze des Bleimantels gegen chemische Einflüsse sind die Kabel überdies, wo nötig, mit einer den Bleimantel lückenlos deckenden, imprägnierten und möglichst feuchtigkeitsbeständigen Umhüllung zu versehen.

Art. 115

Verbindungen

Verbindungen von Bleikabeln müssen das Eindringen von Feuchtigkeit und mechanische Beschädigungen verhindern und gleichzeitig einen guten elektrischen Anschluss vermitteln.

Art. 116

Schutz und Eingrabetiefe der Kabel

1) In Erdreich verlegte Kabel für Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde, ferner Starkstromkabel für niedrigere Spannungen, deren einzelne Leiter jedoch mit Überstromschutz für eine grössere Nennstromstärke als 25 A versehen sind, müssen mit einem wirksamen Kabelschutz überdeckt sein. Der Kabelschutz kann aus Eisen, Zement, Backsteinen, Holz und dergleichen bestehen. Er muss das Kabel vollständig überdecken, nach oben gegen Zertrümmerung durch Pickelschläge einen tunlichst grossen mechanischen Widerstand bieten und Erdarbeiter bei Grabungen rechtzeitig auf das Vorhandensein von Kabeln aufmerksam machen.

2) Die Kabel sind den örtlichen Verhältnissen entsprechend im allgemeinen so tief in den Boden einzulegen, dass sie in Strassen und Plätzen durch eine Erdschicht von mindestens 70 cm und im übrigen Terrain von mindestens 50 cm überdeckt sind.

Art. 117

Feststellung der Lage der Kabel

Unternehmungen, die Starkstromkabelleitungen besitzen, sind verpflichtet, die Lage der Kabel im Boden genau festzustellen und hierüber Aufzeichnungen aufzubewahren, die über Horizontalverlauf und Bodentiefe der Kabel zuverlässig Aufschluss geben.

VII. Hausinstallationen

Art. 118

Begriffsbestimmung

1) Gemäss den Art. 4 und 7 des Elektrizitätsgesetzes sind als Hausinstallationen zu betrachten:

- a) alle Niederspannungs-Starkstromanlagen in Haupt- und Nebengebäuden aller Art und in dazugehörigen Räumen;
- b) Niederspannungs-Einzelanlagen mit Stromerzeugung auf eigenem Grund und Boden, die nicht zufolge der Nähe anderer elektrischer Anlagen Betriebsstörungen und Gefährdungen veranlassen können;
- c) ortsveränderliche und provisorische Anlagen, die an Anlagen gemäss Bst. a und b angeschlossen werden.

2) Den Hausinstallationen gleichzustellen sind auch an Niederspannungsnetze angeschlossene Stromverbrauchsanlagen im Freien, in landwirtschaftlichen Betrieben, auf Bau- und Werkplätzen, in Bergwerken, Schaubuden und dergleichen.

Art. 119

Hochspannungsanlagen in Hausinstallationen

In besonderen Anwendungsfällen, wie Röntgen-, Neon- oder Moorelichtanlagen und dergleichen, dürfen in Hausinstallationen ausnahmsweise auch Hochspannungen verwendet werden, wenn die Hochspannung am Verwendungsorte durch einen primärseitig an die Niederspannungsanlage angeschlossenen Transformator erzeugt wird. Solche Anlagen sind im Hinblick auf ihre Allgemein zugänglichkeit unter Beobachtung hinreichender Vorsichtsmassnahmen zu erstellen; wo eine Bedienung erforderlich ist, darf diese nur durch sachkundiges oder instruiertes Personal erfolgen.

Art. 120

Erstellen der Hausinstallationen

1) Die einschlägigen Bestimmungen der Abschnitte I bis und mit VI dieser Verordnung gelten sinngemäss auch für Hausinstallationen.

2) Ausserdem sind die Hausinstallationen nach den anerkannten Regeln der Technik so zu erstellen, dass sie weder für Personen noch Sachen Gefahr bieten.

3) Berechtigt zum Erstellen, Ändern und Ausbessern von Hausinstallationen ist nur

- a) die nach Art. 13 des Elektrizitätsgesetzes und Art. 130 Abs. 2 dieser Verordnung kontrollpflichtige Unternehmung, deren verantwortlicher technischer Leiter fachkundig ist;
- b) wer eine Bewilligung der kontrollpflichtigen Unternehmung besitzt;
- c) wer eine Bewilligung der von der Regierung bezeichneten Kontrollstelle für Starkstromanlagen (Starkstrominspektorat des SEV) besitzt.

Art. 121

Hausinstallationsvorschriften

Als anerkannte Regeln der Technik im Sinne von Art. 120 Abs. 2 gelten die vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein herausgegebenen Hausinstallationsvorschriften.

Art. 122

Installationsbewilligung

1) Die Bewilligung zum Erstellen, Ändern und Ausbessern von Hausinstallationen darf nur erteilt werden an Personen, die fachkundig sind. Juristische Personen gelten als fachkundig, wenn sie über einen technischen Leiter verfügen, der fachkundig ist.

2) Fachkundig im Sinne dieser Verordnung ist,

- a) wer die Prüfung in den berufskundlichen Fächern der Meisterprüfung für Elektroinstallateure nach dem vom Eidgenössischen Volkswirtschaftsdepartement genehmigten Reglement mit Erfolg bestanden hat;
- b) wer den Ausweis über abgeschlossene elektrotechnische Studien an einer von der Regierung anerkannten Hochschule, einem von der Regierung anerkannten Technikum oder einer gleichwertigen Lehranstalt besitzt und den Nachweis einer genügenden praktischen Tätigkeit im Hausinstallationsfach erbringt; über die Gleichwertigkeit der Lehranstalt und die praktische Tätigkeit befindet das Starkstrominspektorat des SEV.

3) In besonderen Fällen kann die von der Regierung bezeichnete Kontrollstelle für Starkstromanlagen (Starkstrominspektorat des SEV) eine Bewilligung erteilen, auch wenn die Voraussetzungen nach Abs. 2 nicht erfüllt sind.

4) Die Bewilligung ist zu entziehen, wenn der Inhaber sich in der Anwendung der Sicherheitsvorschriften als unfähig oder unzuverlässig erweist.

Art. 123

Ausführendes Personal

Wer nach Art. 120 Abs. 3 zum Erstellen, Ändern oder Ausbessern von Hausinstallationen berechtigt ist, darf mit der Ausführung der Hausinstallationsarbeiten nur Personen beauftragen, welche die Lehrabschlussprüfung für Elektromonteure oder für Starkstrommonteure bestanden haben, sowie Hilfskräfte, die unter Anleitung und Aufsicht solcher Personen arbeiten.

Art. 124

Meldepflicht

Die Erstellung neuer sowie die Erweiterung und Änderung bestehender Hausinstallationen hat der Ersteller der kontrollpflichtigen Unternehmung vor Beginn der Arbeiten zu melden. Ebenso ist ihr die Beendigung der Arbeiten vor der Inbetriebsetzung zu melden.

Art. 125

Materialien und Apparate für Hausinstallationen

1) Die Materialien, die zum Erstellen von Hausinstallationen, und die elektrischen Apparate, die zum Anschluss an Hausinstallationen bestimmt sind, müssen nach den anerkannten Regeln der Technik so beschaffen sein, dass sie den Anforderungen der Art. 4 und 5 entsprechen.

2) Als anerkannte Regeln der Technik im Sinne von Abs. 1 gelten die vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein herausgegebenen sicherheitstechnischen Vorschriften.

Art. 126

Prüfungspflicht

1) Installationsmaterialien und elektrische Apparate nach Art. 125, die wegen ihrer Bauart, der Art ihrer Verwendung, ihrer Wirkungsweise oder ihrer Verbreitung nach Art. 4 Personen oder Sachen gefährden oder nach Art. 5 auf benachbarte Schwachstromanlagen eine störende Fernwirkung ausüben können, dürfen nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn die von der Regierung bezeichnete Kontrollstelle für Starkstromanlagen (Starkstrominspektorat des SEV) aufgrund einer Typenprüfung durch eine von der Regierung anerkannte Prüfanstalt festgestellt hat, dass sie den in Art. 125 Abs. 2 genannten Vorschriften entsprechen. Bestehen keine Vorschriften, so entscheidet die von der Regierung bezeichnete Kontrollstelle für Starkstromanlagen (Eidg. Starkstrominspektorat) aufgrund einer Sicherheitsprüfung über die provisorische Zulassung solcher Materialien und Apparate.

2) Der Schweizerische Elektrotechnische Verein stellt ein Verzeichnis der prüfpflichtigen Installationsmaterialien und elektrischen Apparate auf, das der Genehmigung durch die Regierung bedarf.

3) Die zur Ausfuhr bestimmten Installationsmaterialien und elektrischen Apparate unterliegen der Prüfungspflicht im Sinne von Abs. 1 nicht.

4) Zur Kontrolle der Übereinstimmung der Installationsmaterialien und elektrischen Apparate mit den in Art. 125 Abs. 2 genannten Vorschriften lässt die von der Regierung bezeichnete Kontrollstelle für Starkstromanlagen (Starkstrominspektorat des SEV) Nachprüfungen durchführen.

5) Gebrauchtapparate unterliegen den Vorschriften dieses Artikels nicht. Solche Apparate sind jedoch, bevor sie wieder in Verkehr gebracht werden, so instandzustellen, dass sie den sicherheitstechnischen Anforderungen genügen und radiostörfrei funktionieren. Die Regierung kann für die Instandstellung allgemeine Weisungen erteilen.

Art. 127

Kennzeichnungspflicht

1) Die nach Art. 126 als zulässig anerkannten Installationsmaterialien und elektrischen Apparate sind durch ein Sicherheitszeichen zu kennzeichnen. Sie müssen mit dem geprüften und als zulässig erklärten Muster nach Baustoff und Bauart übereinstimmen.

2) Die von der Regierung bezeichnete Kontrollstelle für Starkstromanlagen (Starkstrominspektorat des SEV) führt ein Verzeichnis der Installationsmaterialien und elektrischen Apparate, die das Sicherheitszeichen tragen, sowie der Herstellerfirmen und Fabrikmarken. Bei Installationsmaterialien und elektrischen Apparaten ausländischen Ursprungs ist eine verantwortliche schweizerische Firma oder Vertriebsstelle einzutragen.

Art. 128

Prüfungsreglement und Kostentragung

1) Der Schweizerische Elektrotechnische Verein stellt über die Durchführung der Prüfungen und der Nachprüfungen sowie über die Erteilung des Sicherheitszeichens und über die Art der Kostendeckung ein Reglement auf.

2) Die Selbstkosten der Prüfungen und der Nachprüfungen werden der verantwortlichen Firma (Hersteller, Importeur, Verkäufer usw.) verrechnet.

Art. 129

Instandhaltung

1) Die Hausinstallationen sind dauernd in gutem und gefahrlosem Zustande zu halten.

2) Ihre Besitzer haben für die ungesäumte Beseitigung wahrgenommener Mängel an Apparaten oder Anlageteilen zu sorgen.

Art. 130

Kontrolle und Oberaufsicht

1) Die Hausinstallationen sind nach ihrer Vollendung und hernach periodisch auf ihre Übereinstimmung mit den Vorschriften der Art. 119 bis 129 zu kontrollieren.

2) Der Betriebsinhaber der elektrischen Anlage, an welche die Hausinstallation zum Elektrizitätsbezug angeschlossen ist, hat sich bei der von der Regierung bezeichneten Kontrollstelle für Starkstromanlagen (Starkstrominspektorat des SEV) über die Ausübung dieser Kontrollen auszuweisen. Bei denjenigen Anlagebesitzern, deren Hausinstallationen durch

einen nichtfachkundigen Betriebselektriker erstellt werden, erfolgt die Kontrolle durch die von der Regierung bezeichnete Kontrollstelle für Starkstromanlagen (Starkstrominspektorat des SEV).

3) Mit der Kontrolle dürfen nur Personen beauftragt werden, welche an der Erstellung, Änderung oder Ausbesserung der zu kontrollierenden Hausinstallation nicht beteiligt waren und welche

- a) nach Art. 122 Abs. 2 fachkundig sind oder
- b) die Kontrolleurprüfung beim Eidgenössischen Starkstrominspektorat mit Erfolg bestanden haben.

4) Die Oberaufsicht über die Ausführung der Kontrolle steht der Regierung zu.

Art. 131

Streitigkeiten

1) Bei Streitigkeiten darüber, ob eine Hausinstallation den Vorschriften der Art. 119 bis 129 entspricht, kann der Entscheid des Starkstrominspektorats des SEV angerufen werden.

2) Das Starkstrominspektorat des SEV erhebt für jeden aufgrund von Abs. 1 getroffenen Entscheid eine Gebühr.

Art. 132

Strafbestimmungen

Wer Hausinstallationsarbeiten im Sinne der Art. 120 ff ausführt, ohne im Besitze einer entsprechenden Bewilligung zu sein, wer Materialien oder Apparate im Sinne der Art. 125 ff in Verkehr bringt, ohne im Besitze einer entsprechenden Bewilligung zu sein, wird nach Art. 30 des Elektrizitätsgesetzes bestraft.

VIII. Schwachstromanlagen der Starkstromunternehmungen

Art. 133

Schwachstromleitungen neben Starkstromleitungen

Bei Schwachstromanlagen, die ausschliesslich dem Betriebe elektrischer Starkstromanlagen dienen, dürfen die Schwachstromleiter an den Tragwerken der Starkstromfreileitungen angebracht oder Schwachstromkabel direkt neben den Starkstromkabelleitungen verlegt werden. Solche Schwachstromanlagen haben nicht nur den einschlägigen Bestimmungen der Schwachstromverordnung vom 7. August 1984, sondern auch den Anforderungen des vorliegenden Abschnitts VIII zu genügen.

Art. 134

Schutzmassnahmen gegen Übertritt von Starkstrom

1) Bei den Schwachstromanlagen, deren Leiter auf dem Tragwerk einer Starkstromleitung geführt werden, müssen Telefon- und andere Signalapparate sowie die zugehörigen Einrichtungen so beschaffen und angeordnet sein, dass bei allfälligem Übertritt von Starkstrom in die Schwachstromanlagen weder Personen noch Sachen gefährdet werden.

2) Die Sprech- und Signalstationen sind mit Schutzapparaten gegen Überspannungen auszurüsten. Diese sind auf feuerfester Unterlage anzubringen.

3) Diese Stationen sind tunlichst in der Nähe der Eintrittsstelle der Zuleitung in das Gebäude anzubringen. Wo dies nicht möglich ist oder wo mehrere Apparate im nämlichen Gebäude an die Leitung anzuschliessen sind, müssen wenigstens die Schutzapparate bei der Eintrittsstelle der Zuleitung in das Gebäude angebracht werden.

4) Direkt an die Zuleitungen angeschlossene Telefonapparate sind mit verlängertem Mikrofontrichter und Schallrohren aus gut isolierendem Material auszurüsten. Wenn es sich um Hochspannung handelt, so muss vor solchen Apparaten ein isolierender Standort für den Benützer geschaffen werden. Die Bestimmungen dieses Absatzes brauchen nicht eingehalten zu werden, sofern zwischen den Aussenleitungen und den Telefon- oder Signalapparaten Schutztransformatoren eingebaut werden, deren Sekundärstromkreis gegen Übertritt von Hochspannung durch

entsprechende Isolation geschützt ist; es dürfen dann Apparate der gewöhnlichen Form verwendet werden.

5) Im Inneren der Gebäude sind die Schwachstromleitungen in möglichst grossem Abstand von den Starkstromleitungen zu führen und gegen das Gebäude wie Niederspannungsleitungen zu isolieren.

Art. 135

Erdung der Schutzapparate

Die Erdleitungen und Erdelektroden der Schutzapparate haben den einschlägigen Bestimmungen dieser Verordnung zu entsprechen.

Art. 136

Ausführung der Leitungen

1) Werk-Schwachstromfreileitungen, die am Gestänge von Hochspannungsleitungen geführt, und Werk-Schwachstromkabelleitungen, die mit Hochspannungskabeln in gemeinsame Schutzkanäle eingelegt sind, müssen auf ihrem ganzen Verlaufe und insbesondere bei Parallelführungen und Kreuzungen mit anderen Leitungen wie Niederspannungsanlagen behandelt werden.

2) Dagegen dürfen Schwachstromleitungen, die gemäss Abs. 1 mit Hochspannungsleitungen parallel geführt sind, in ihrem weiteren Verlaufe dann als Schwachstromanlagen behandelt werden, wenn geeignete Massnahmen gegen Übertragung von gefährlichen oder störenden Spannungen und Strömen auf andere Leitungen getroffen worden sind.

3) Bei Werk-Schwachstromleitungen, die zwar im Freien unabhängig von Hochspannungsleitungen verlaufen, jedoch in Hochspannung enthaltende Anlagen der Starkstromunternehmungen eingeführt sind, müssen ebenfalls Massnahmen, wie unter Abs. 2 angegeben, getroffen werden, wenn sie beim Zusammentreffen mit anderen Leitungen als Schwachstromanlagen gelten sollen; andernfalls sind sie als Niederspannungsleitungen zu behandeln.

4) Schwachstromleitungen, die mit Niederspannungsleitungen parallel geführt sind, dürfen in ihrem weiteren Verlaufe wie gewöhnliche Schwachstromanlagen behandelt werden. Für solche Schwachstromleitungen gelten in vollem Umfange die Schwachstromverordnung vom 7. August 1984 sowie die Verordnung vom 7. August 1984 über die Parallelführungen und Kreuzungen elektrischer Leitungen unter sich und mit

Eisenbahnen. Hiervon ausgenommen sind Schwachstromleitungen am Tragwerk von Fahrleitungen, für welche die besonderen Bestimmungen der Verordnung vom 7. August 1984 über die Erstellung, den Betrieb und den Unterhalt der elektrischen Einrichtungen von Bahnen gelten.

IX. Provisorische Anlagen

Art. 137

Sicherheit

Bei provisorischen Anlagen sind die einschlägigen Bestimmungen dieser Verordnung nach Möglichkeit zu beachten. Wenn bei solchen Anlagen ausnahmsweise eine geringere als die durch diese Verordnung gewährleistete Sicherheit vorhanden ist, so muss durch geeignete Instruktion oder andere Vorkehren eine Gefährdung von Personen und Sachen vermieden werden. Die verantwortlichen Betriebsorgane haben darüber zu wachen, dass erlassene Vorschriften auch für Uneingeweihte wirksam sind und vorgesehene Sicherheitsmassnahmen wirklich durchgeführt werden.

Art. 138

Verwendung brennbarer Materialien

Die Verwendung brennbarer Materialien ist zulässig, sofern an allen Stellen, wo betriebsmässig Feuererscheinungen auftreten, durch geeignete Verkleidungen oder dergleichen der Rauch- oder Brandgefahr vorgebeugt wird.

Art. 139

Zulässige Dauer

Die Dauer provisorischer Anlagen ist auf die unbedingt notwendige Zeit zu beschränken.

X. Schlussbestimmung

Art. 140

Inkrafttreten

Diese Verordnung tritt am Tage ihrer Kundmachung in Kraft.

Fürstliche Regierung:

gez. *Hans Brunhart*

Fürstlicher Regierungschef

Tabelle 1

**Normale Durchhänge der Leiter von Regelleitungen,
wie sie gemäss Art. 88 Abs. 3 einzuhalten sind, und dabei
auftretende Zugkräfte und Beanspruchungen**

Leiter-		Leiterdurchhang in cm für Spannweiten von m							Temperatur °C (Zustand)	Leiterzug bei 10°		Beanspruchung in Spannweiten von	
durchmesser mm	querschnitt mm ²	20	25	30	35	40	45	50		kg	kg/mm ²	50 m bei 0° mit Schnee kg/mm ²	20 m bei -25° kg/mm ²
Halbharter Kupferdraht													
4	12,6	10	17	25	36	49	63	80	0°	40	3,2	*) 28,0	9,0
		14	22	32	43	56	71	88	+10°				
		19	27	38	50	63	78	95	+20°				
		45	64	84	107	131	158	187	0° S				
4,5	15,9	10	17	25	36	49	63	80	0°	51	3,2	**) 24,9	9,0
		14	22	32	43	56	71	88	+10°				
		19	27	38	50	63	78	95	+20°				
		41	58	76	95	118	143	170	0° S				
5	19,6	10	16	24	34	46	60	75	0°	65	3,3	22,6	9,2
		14	21	30	41	54	68	84	+10°				
		18	26	36	48	61	75	91	+20°				
		37	52	69	87	107	130	154	0° S				
6	28,3	9	15	23	32	43	56	70	0°	100	3,5	18,7	9,6
		13	20	29	39	51	64	79	+10°				
		17	25	35	46	59	72	87	+20°				
		32	45	59	75	93	112	133	0° S				
7	38,5	9	14	21	30	40	52	65	0°	145	3,8	16,1	10,0
		12	19	27	36	47	60	74	+10°				
		16	24	33	43	55	68	82	+20°				
		28	40	53	67	83	100	119	0° S				
8	50	8	13	19	27	37	48	61	0°	200	4,0	14,3	10,3
		11	17	25	34	45	57	70	+10°				
		15	23	32	42	52	64	78	+20°				
		25	35	47	60	75	90	107	0° S				

*) 25,7 für 40 m Spannweite und 22,5 für 30 m Spannweite.
**) 22,9 für 40 m Spannweite.

*) 25,7 für 40 m Spannweite und 22,5 für 30 m Spannweite.

**) 22,9 für 40 m Spannweite.

Leiter-		Leiterdurchhang in cm für Spannweiten von m							Temperatur °C (Zustand)	Leiterzug bei 10°		Beanspruchung in Spannweiten von	
durchmesser mm	querschnitt mm²	20	25	30	35	40	45	50		kg	kg/mm²	50 m bei 0° mit Schnee kg/mm²	20 m bei -25° kg/mm²
Kupferseil													
9,1	50	8 11 15 26	13 17 23 37	19 25 32 49	27 34 41 63	37 45 52 78	48 57 64 94	61 70 78 111	0° +10° +20° 0° S	200	4,0	13,7	9,8
9,6	70	8 11 15 23	13 17 23 33	19 25 32 44	27 34 41 56	37 45 52 70	48 57 64 85	61 70 78 101	0° +10° +20° 0° S	280	4,0	11,5	9,8
Reinaluminiumseil													
6,4	25	6 10 17 45	10 16 24 62	14 22 32 81	20 28 39 101	28 39 51 122	37 50 62 144	48 62 74 167	0° +10° +20° 0° S	35	1,4	13,6 für 40 m	5,5
8,1	40	6 10 17 37	10 16 24 52	14 22 32 68	20 30 41 85	28 39 51 103	37 50 62 123	48 62 74 144	0° +10° +20° 0° S	56	1,4	11,5 höchstzulässig	5,5
10,8	70	5 9 15 29	9 14 21 41	13 20 28 54	18 26 37 68	24 34 46 83	31 44 56 99	40 54 67 116	0° +10° +20° 0° S	112	1,6	8,4	5,8
13	100	5 9 15 24	9 14 21 34	13 20 28 46	18 26 37 59	24 34 46 73	31 44 56 88	40 54 67 103	0° +10° +20° 0° S	160	1,6	6,9	5,8
Massive Aluminiumlegierungen													
4	12,6	8 13 21 55	13 21 29 75	20 30 39 98	30 41 51 122	42 54 64 146	55 68 80 173	72 84 96 201	0° +10° +20° 0° S	13	1,0	*) 25,0	5,3

*) 22,0 für 40 m Spannweite und 18,6 für 30 m Spannweite.

*) 22,0 für 40 m Spannweite und 18,6 für 30 m Spannweite.

Leiter-		Leiterdurchhang in cm für Spannweiten von m							Temperatur °C (Zu- stand)	Leiterzug bei 10°		Beanspruchung in Spannweiten von	
durch- messer mm	quer- schnitt mm ²	20	25	30	35	40	45	50		kg	kg/ mm ²	50 m bei 0° mit Schnee; kg/mm ²	20 m bei -25° kg/mm ²
5	19,6	7	11	18	27	37	49	64	0°	22	1,1	*)18,9	5,6
		12	19	28	38	49	62	77	+10°				
		20	27	37	48	59	73	88	+20°				
6	28,3	47	65	84	104	125	149	173	0°S	34	1,2	15,0	5,8
		6	10	16	23	33	44	56	0°				
		11	18	25	34	45	57	70	+10°				
		19	26	35	45	55	69	82	+20°				
7	38,5	40	57	75	92	110	131	153	0°S	54	1,4	12,6	6,1
		5	9	13	20	27	35	46	0°				
		10	15	22	30	39	49	60	+10°				
		17	24	32	41	50	62	74	+20°				
8	50	35	49	64	80	97	116	135	0°S	80	1,6	11,0	6,4
		5	8	12	17	23	31	40	0°				
		8	13	19	26	34	43	53	+10°				
		16	22	30	38	46	57	68	+20°				
		31	44	57	72	87	103	121	0°S				

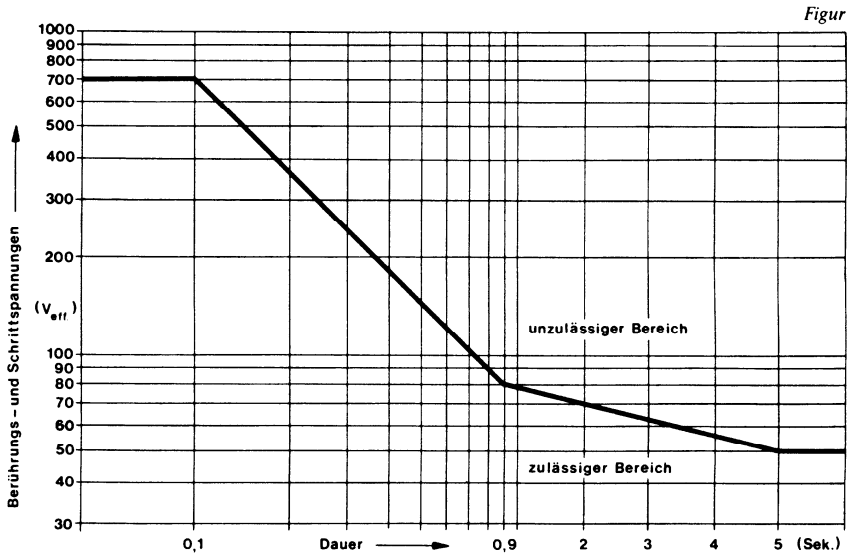
*) 16,6 für 40 m Spannweite.

Bemerkung: Die Angaben in der Temperaturkolonne bedeuten, wo nichts bemerkt ist, den Zustand ohne Zusatzlast und bei «0°S» den Zustand bei 0° mit der Zusatzlast nach Art. 88 Abs. 1 Buchst. b. Der letztere Zustand ist massgebend für die minimale Höhe der Leiter über Boden und den minimalen lotrechten Abstand gegenüber andern gekreuzten Leitern gemäss den Art. 13 und 30 der Verordnung vom 7. Aug. 1984 über die Parallelführungen und Kreuzungen elektrischer Leitungen unter sich und mit Eisenbahnen.

Kupferseil aus 7-19 Drähten	—	9	42	6	16	13200	11000	28	2,5	17 × 10 ⁻⁶
Kupferseil aus mehr als 19 Drähten ..	—		42	8	15	13200	10000	28		
Bronzeseil	—	8,7	65	10	28	13000	11000	43	2,5	16,7 × 10 ⁻⁶
Eisendraht	bis 20	7,8	45	—	25	19000	—	30	5	12,3 × 10 ⁻⁶
Stahlseil (verzinkt), aus 7 Drähten ..	bis 60	7,9	120	2	50	20000	18500	80	5	11,5 × 10 ⁻⁶
Reinaluminiumseil aus 7-19 Drähten	—		19	6			5500		12*)	2,5
Reinaluminiumseil aus mehr als 19 Drähten	—	2,75			8	6300				
	—		18	8			5200			
Aldreyseil aus 19 Drähten	—	2,75	30	4	19	6300	6000	18	5	23 × 10 ⁻⁶
Aldreyseil aus 37 Drähten	—	2,75	30	5			5700			

Anhang (Art. 14 und 17)

Zulässige Berührungs- und Schrittspannungen in Hochspannungs-Wechselstromanlagen¹ mit einer Betriebsfrequenz unter 100 Hz



¹ Grundsätzlich gelten für Gleichstromanlagen bei Einwirkzeiten von weniger als 0.2 Sekunden etwa die gleichen Gefährdungsgrenzwerte wie für Wechselstrom gemessen in Effektivwerten. Bei längeren Einwirkzeiten ist reiner Gleichstrom weniger gefährlich als Wechselstrom.