

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 46 (1955)  
**Heft:** 8  
  
**Rubrik:** Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.04.2025

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

# Energie-Erzeugung und -Verteilung

## Die Seiten des VSE

### Störung an einem Freileitungsschalter

Von W. Jaggi, Olten

621.316.542.8-742.004.6

Es wird eine Störung beschrieben, die sich kürzlich in einem 16-kV-Netz an einem Freileitungsschalter ereignete. Aus nicht einwandfrei abzuklärenden Gründen waren nach dem Öffnen des Schalters unbemerkt zwei Hörner ineinander hängen geblieben. Glücklicherweise führte der Fehler zu keinem Unfall.

L'auteur décrit un dérangement survenu, dans un réseau à 16 kV, à un interrupteur sur poteau. Pour des raisons impossibles à déterminer avec certitude, deux cornes étaient, sans qu'on s'en aperçoive, restées accrochées l'une à l'autre lors de l'ouverture de l'interrupteur. Il ne se produisit heureusement aucun accident à la suite de ce dérangement.

Vor einiger Zeit ereignete sich an einem Freileitungsschalter eine Störung, die leicht hätte schwere Folgen haben können.

setzen und nach freier Wahl automatisch als Schnellwiedereinschaltung oder nach Ablauf einer bestimmten Zeit wieder in Betrieb zu nehmen. Eine

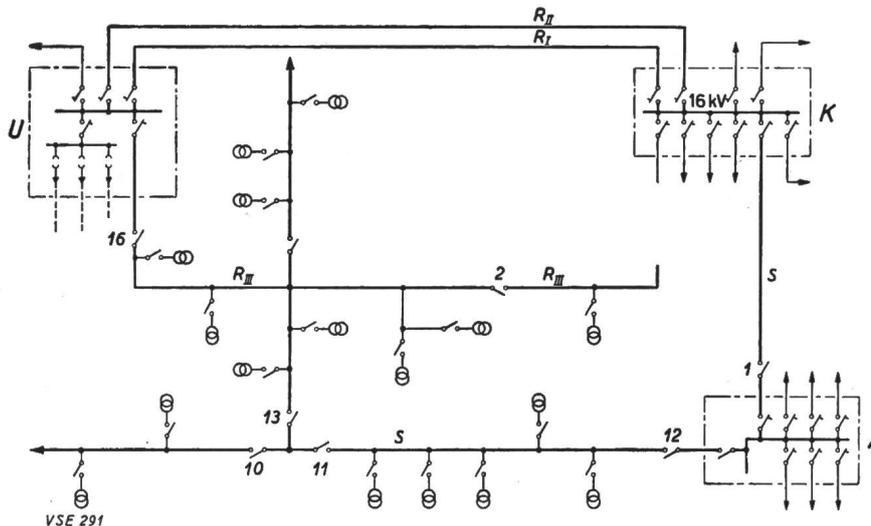


Fig. 1

Schema des 16-kV-Netzes, in welchem sich die Störung ereignete  
 K: Kraftwerk; RI, RII, RIII, S: 16-kV-Leitungen;  
 U: Unterwerk; 13, 16: Freileitungsschalter — die Störung ereignete sich am  
 A: Schaltstation; Schalter 13.

Die Situation ist aus dem Schema von Fig. 1 ersichtlich. Von einem Kraftwerk K aus werden eine Anzahl 16-kV-Leitungen gespeist. Drei dieser Freileitungen sind zu einem Ring ausgebaut. Die beiden mit RI und RII bezeichneten, parallel auf separaten Gestängen geführten Leitungen speisen ein Unterwerk U, von welchem aus über einige 16-kV-Leitungen verschiedene Gebiete mit Energie versorgt werden. Die dritte Leitung, mit RIII bezeichnet, befindet sich im Bau. Sie wird nach Fertigstellung im Parallelbetrieb mit den Leitungen RI und RII das Unterwerk speisen. Sie ist momentan in der Nähe des Kraftwerkes noch unterbrochen, wird aber schon vom Unterwerk aus über den Schalter 16 gespeist. Als Schutz sind sowohl im Kraftwerk wie im Unterwerk Distanzschutzrelais eingebaut, die gestatten, jede Leitung im Störfall unabhängig von den andern ausser Betrieb zu

weitere mit S bezeichnete Leitung speist eine Schaltstation A und über diese hinaus eine Anzahl Ortstransformatoren. Sie kann über den Freileitungsschalter 13 mit dem Unterwerk verbunden werden. Dieser Schalter 13 ist aber aus technischen Gründen im Normalbetrieb geöffnet.

Zur Vornahme von Arbeiten im Unterwerk musste die Leitung RIII mit den angeschlossenen Transformatorstationen auf die Leitung S umgeschaltet werden. So wurde der Schalter 13 geschlossen und der Schalter 16 geöffnet. Nach Beendigung der Arbeiten, ca. um 16.00 Uhr — es war an einem klaren Samstagnachmittag — wurde der Normalzustand wieder hergestellt, also Schalter 16 geschlossen und Schalter 13 geöffnet. Nach Vornahme dieser letzten Schaltung überzeugten sich die beiden Beauftragten vorschriftsgemäss und gemeinsam, dass der Schalter 13 geöffnet war.

Tags zuvor hatte sich über der Gegend ein heftiges Gewitter entladen, und verschiedene Blitzschläge hatten die beiden zum Schalter 13 führenden Leitungen S und R<sub>III</sub> im Kraftwerk oder im Unterwerk mehrere Male zum Auslösen gebracht. In der Folge wurden die Anlagen auf eventuelle Schäden durch Blitzschläge gründlich kontrolliert. Nennenswerte Beschädigungen waren aber nicht eingetreten. Dagegen fand am Montag nach der Umschaltung der mit der Kontrolle Beauftragte am

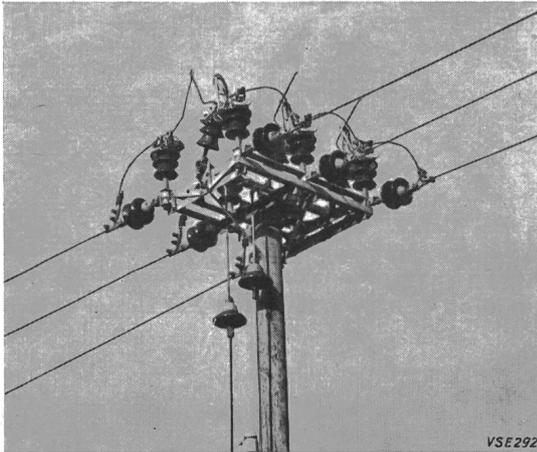


Fig. 2  
Die Störung am Freileitungsschalter  
Wie deutlich zu sehen ist, waren zwei Hörner ineinander  
hängen geblieben

Freileitungsschalter 13 einen Fehler, der am Samstag, als nach Beendigung der beschriebenen Arbeiten im Unterwerk dieser Schalter wieder geöffnet wurde, unbemerkt geblieben war. Wie Fig. 2 deutlich zeigt, waren 2 Hörner ineinander hängen geblieben und hatten so einen Stromdurchgang durch

den geöffneten Schalter hergestellt. Seit über 50 Jahren ist unseres Wissens eine solche Störung noch nie eingetreten.

Die Ursache, die zu dieser fast unglaublichen Störung führte, ist nicht einwandfrei zu ermitteln. Es muss angenommen werden, dass die beiden Hörner bereits beim Einschalten des Schalters ineinander schnappten oder aber beim Ausschalten zufolge des entstandenen kleinen Flammenbogens sich verhängten. Sei dem wie es wolle, fest steht, dass der Fehler eingetreten ist, und dass er trotz gründlicher Kontrolle, ob der Schalter richtig und allpolig ausgeschaltet sei, vermutlich wegen Blendung durch die Sonne nicht beachtet wurde.

Es darf wohl in diesem Zusammenhang auf den Unfallverhütungsfilm der Electricité de France (EDF) hingewiesen werden, den der VSE im Winter 1953/54 Gelegenheit hatte, einigen seiner Mitglieder in Zürich vorzuführen und der anschliessend von einigen Werken ihrem Installateur- und Leitungspersonal vorgeführt wurde. Dieser Film zeigt nebst andern interessanten Beispielen einen solchen Schaltfehler, der dann bei der Vornahme von Arbeiten zu einem Unfall führte.

Daraus ist einmal mehr die Schlussfolgerung zu ziehen, dass beim Bedienen von Freileitungsschaltern das richtige Öffnen und damit die allpolige und vollständige Unterbrechung des Stromkreises von allen Seiten her kontrolliert werden muss. Wie leicht kann dabei eine Unachtsamkeit zu schweren Unfällen führen. Es ist sicher nützlich und notwendig, solche Vorkommnisse bekannt zu geben und insbesondere dem Schaltungs- und Leitungspersonal zur Kenntnis zu bringen, um damit an der Unfallverhütung im Betrieb beizutragen.

Adresse des Autors:

W. Jaggi, Betriebsleiter, Sonneggstrasse 28, Olten.

## Betrachtungen über die Freileitungstagung der VDEW in Hamburg

Von E. Wernli, Aarau

621.315.1 : 061.3(43)

Anlässlich der VDEW-Freileitungstagung 1954 in Hamburg wurden eine Reihe interessanter Vorträge gehalten, die in der Zeitschrift *Elektr. Wirtsch.* Bd. 53(1954), Nr. 24, veröffentlicht worden sind. Da diese Vorträge auch für unsere Leser von Interesse sein dürften, bringen wir von den wichtigsten nachstehend eine kurze Zusammenfassung. Als Einführung dienen einige allgemeine Bemerkungen über Bau und Betrieb von Freileitungen.

*Une série de rapports très intéressants ont été présentés lors de l'Assemblée de discussion de la VDEW à Hambourg, qui s'est tenue en septembre 1954 et était consacrée aux lignes aériennes. Ces rapports ont tous paru dans l'Elektr. Wirtsch. t. 53(1954), n° 24; comme ils intéresseront sans doute aussi nos lecteurs, nous en avons résumé ici les principaux. En guise d'introduction, l'auteur fait part de quelques remarques générales concernant la construction et l'exploitation des lignes aériennes.*

Am 20. September 1954 fand in Hamburg eine Freileitungstagung der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke e. V. (VDEW) statt; diese Versammlung, die dritte nach dem Kriege, war von über 400 Teilnehmern, darunter von zahlreichen Ausländern, besucht. Die an der Versammlung behandelten Fragen beziehen sich vorwiegend auf die Übertragungs- und Verteilnetze mit Spannungen bis 60 kV.

Die gewaltige Entwicklung der Technik und der Wirtschaft nach dem letzten Weltkrieg hat ganz besonders der Energieübertragung vermehrte Bedeutung verschafft. Die starke Zunahme des Absatzes

an elektrischer Energie, insbesondere in Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft, zwang die Werke, neue Leitungen zu erstellen, bestehende zu verstärken und ganz allgemein höhere Übertragungsspannungen zu wählen. Der Ausbau der Übertragungsanlagen ermöglicht es heute, grosse Energiemengen unter durchaus wirtschaftlichen Bedingungen in die entlegensten Orte weiterzuleiten und so von einem Kraftwerk aus immer grössere Absatzgebiete mit elektrischer Energie zu versorgen. Aus diesem Grunde besteht denn auch heute die Tendenz, in erster Linie Kraftwerke mit grosser Produktions-

möglichkeit zu bauen und die Energie auf grosse Entfernungen an die Verbrauchsstellen weiterzuleiten.

Für den Transport grosser Energiemengen ist beim heutigen Stand der Kabeltechnik den Freileitungen immer noch der Vorzug zu geben. Die Anforderungen, die noch vor wenigen Jahren an den Bau von Freileitungen und deren Betriebssicherheit gestellt wurden, sind gewaltig gestiegen. Diese Erscheinung ist weitgehend darauf zurückzuführen, dass der Energiekonsument bezüglich Gleichmässigkeit der Energielieferung heute grössere Anforderungen stellt, so dass Unterbrechungen mehr denn je vermieden werden müssen. Neue Freileitungen sind deshalb mit modernstem Material und mit grosser Sorgfalt auszuführen; für ihre Erstellung können nur gut geschulte und äusserst gewissenhafte Monteure beigezogen werden, denen ein Stab sachkundiger, d. h. mit der Theorie und Praxis des Freileitungsbaues vertrauter Techniker und Bauleiter, vorsteht.

Liegt die Aufgabe vor, für die Übertragung einer gegebenen Leistung eine Freileitung zu entwerfen, deren Länge vorerst nur annähernd bekannt ist, so müssen in erster Linie Übertragungsspannung, Spannungssystem, Leiterquerschnitt und das zu verwendende Material festgelegt werden. Bei der Bemessung der Leitungsquerschnitte sind in Niederspannungsnetzen ausser der Bestimmung der Spannungs- und Leistungsverluste noch die zu treffenden Schutzmassnahmen (Nullung oder Schutzerdung) zu berücksichtigen. In Kabel- und Freileitungsnetzen mit grosser Kurzschlussleistung, insbesondere in Netzen mit niedriger Betriebsspannung und dementsprechend hoher Kurzschlussstromstärke, müssen die einzelnen Anlageteile grundsätzlich nach der Kurzschlussleistung bzw. nach dem Kurzschlussstrom bemessen werden.

Nach Erledigung aller dieser Arbeiten ist der Bau der Hoch- und Niederspannungsfreileitungen selbst im wesentlichen nur mehr ein mechanisches Problem. Was die Freileitungen anbetrifft, hängt die Kontinuität der Energielieferungen in der Hauptsache von folgenden Faktoren ab:

1. Von der Art und Dimensionierung der Leiterseile; bei deren Wahl sind die auf die Leitungen einwirkenden mechanischen Belastungen durch Wind, Eis und Schnee zu berücksichtigen.
2. Von der Sicherheit der Tragwerke (Holzmasten, Gittermasten, Betonmasten).
3. Von der mechanischen Sicherheit der Isolatorenträger.
4. Von der elektrischen und mechanischen Sicherheit und Festigkeit der Isolatoren selbst.
5. Vom verwendeten Material für Klemmen und Verbinder.
6. Von der Mastgründung.

Es versteht sich von selbst, dass auch dem Betrieb und Unterhalt der Leitungen grösste Bedeutung zukommt.

Häufig treten Störungen auf, deren Ursache trotz ständiger Kontrollen nicht sofort ermittelt oder höchstens vermutet werden kann. Dies trifft z. B. für Leitungen zu, auf denen extrem grosse Zusatzlasten in Form von Rauhreif und Schnee auftreten;

in solchen Fällen ist u. a. auch mit der Möglichkeit zu rechnen, dass infolge Abfallens der Rauhreifwalze einzelne Leiter untereinander oder mit dem darüber liegenden Erdseil zusammenschlagen. Es ist also notwendig, auch die Schnellhöhe der Leiter zu ermitteln; durch Berücksichtigung solcher Untersuchungen können Störungen ähnlicher Art durch konstruktive Änderung der Leiteranordnung vermieden und Unterlagen für die Dimensionierung von Leitungen, für die Wahl der Phasenabstände usw. beschafft werden. In diesem Zusammenhang sei bemerkt, dass der Eisbehang bei begehbaren Leitungen mit Isolierstangen abgeklopft werden kann. Bei Leitungen, die kurzzeitig ausgeschaltet werden können, sowie bei Doppelleitungen in Zeiten geringer Belastung kann der Eisansatz durch Erwärmung der Leiter abgeschmolzen werden.

Bei starkem Wind können durch Ausschwingen der Leiter infolge Annäherung oder Zusammenschlagens derselben Lichtbögen und satte Kurzschlüsse entstehen. Ein betriebsmässig regulierter Leiter ist ein saitenähnliches Gebilde; es wird durch den Wind in Schwingungen versetzt, besitzt aber daneben eine Eigenfrequenz. Ist die Frequenz der Windstösse gleich der Eigenfrequenz, sind die Schwingungen des Leiters am grössten. Die Gefährdung der Leiter durch Schwingungen, eine spezifische Erscheinung des Weitspannsystems, besteht in dem Auftreten von Wechselbiegebeanspruchungen, die sich den statischen Beanspruchungen — Leiterzug und Druckbeanspruchung durch die Klemmvorrichtung der Armatur — überlagern und damit, ohne an sich einen absolut hohen Wert zu erreichen, durch das zeitlich ausgedehnte Auftreten zu Ermüdungsbrüchen führen. Die Ermüdungsbrüche treten in der Regel an den Aufhängestellen der Leiter auf; in der Spannfeldmitte ist die Beanspruchung des Seiles infolge seiner Elastizität sehr stark herabgesetzt. Massgebend für die Beanspruchung der Leiter durch Schwingungen ist ausser der Anzahl der Wechselbiegungen auch der Krümmungsradius des durchgebogenen Seiles an der Einspannstelle und die Energie der Schwingung. Beobachtungen ergaben, dass die Schwingungserscheinungen an Kupfer- und Bronzeleitern seltener auftreten als an solchen aus Aluminium; ausserdem weisen Kupfer- und Bronzeleiter eine wesentlich grössere Schwingungsfestigkeit auf als Aluminium. Bei Reinaluminium- und Aldreyleitern treten besonders bei kleinen Spannweiten ausser Leiterschwingungen auch Schwebungen auf. Diese führen meistens in verhältnismässig kurzer Zeit zu Leiterbrüchen.

Wie Untersuchungen ergaben, kann die Schwingungsgefährdung durch folgende Massnahmen verringert werden:

1. Herabsetzung der statischen Beanspruchung der Leiter.
2. Vergrösserung des Krümmungshalbmessers an der Einspannstelle, unter gleichzeitiger Vergrösserung des Trägheitsmomentes des Seiles durch Wickelbandagen.
3. Bewegliche Gestaltung der Aufhängpunkte, wodurch Reflexionen an diesen vermieden und die Fortpflanzung der Schwingungen ermöglicht wird (pendelnde Klemmen).
4. Entzug der Schwingungsenergie durch besondere Vorrichtungen, wie Schwingungsdämpfer.

5. Vermeidung von Kerbwirkungen an Klemmen und harten Einbettungen der Leiter.

Die induktive Blitzeinwirkung auf die Leitungen hat nach den beobachteten Störungen nur bis etwa 20 kV Betriebsspannung praktische Bedeutung. Die unmittelbaren Blitzeinschläge dagegen führen oft zu grossen Zerstörungen der Anlagen und längeren Betriebsunterbrüchen. Zur Vermeidung von Schäden durch Blitzeinwirkung in Hoch- und Niederspannungsanlagen sind nach bisherigen Erfahrungen an geeigneten Stellen Überspannungsableiter einzubauen. In Hochspannungsanlagen kann ausser diesen Ableitern ein Grobschutz, bestehend aus je einer Funkenstrecke pro Phase, eingebaut werden.

Besondere Aufmerksamkeit ist der Erdung der Eisen- und Betonmasten zu schenken. Der Mast-erdungswiderstand ändert sich mit der Jahreszeit und erreicht in den trockenen Sommermonaten seinen Höchstwert. Es ist anzustreben, auch in den Sommermonaten, zur Zeit der Gewitterbildung, möglichst niedrige Widerstandswerte zu erhalten. Bei Erdschlusslichtbögen infolge Blitzschlags können hohe Stromstärken auftreten. Blitzschläge in Betonmasten können bei mangelhafter Erdung der Armierungseisen ein stossartiges Verdampfen der eingeschlossenen Feuchtigkeit und dadurch das Absprengen kleinerer oder grösserer Betonstücke zur Folge haben. Aus dem gleichen Grunde können die Betonfundamente der Gittermasten bei mangelhafter Erdung beschädigt werden.

Eine weitere Ursache von Betriebsstörungen ist die durch Vögel eingeleitete Lichtbogenbildung zwischen Leiter und Stütze, bzw. Ausleger, sowie — in geringerem Masse — die nach dem Abfliegen von Vögeln vorkommende Berührung durch Emporschnellen des Leiters. Die zuerst genannte Gefahr nimmt mit zunehmender Übertragungsspannung rasch ab; sie ist bei Verwendung von Stützisolatoren wesentlich grösser als bei Hängeisolatoren. Um Betriebsstörungen dieser Art zu vermeiden, können verschiedene Massnahmen getroffen werden: grössere Leiterabstände, besonders bei Leitungsabgängen; bei Eisen- und Eisenbetonmasten: Verwendung von Isolatorenträgern mit grösserer Ausladung; Anbringen eines isolierenden, wetterbeständigen Belages am ungeerdeten Mastteil; Anbringen von Drahtspitzen und Stachelkämmen; die Verkleidung des Leiters mit einer genügend weit ausladenden Isolierhülle.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass Leitungen vielfach auch böswillig beschädigt werden, wie durch Steinwürfe, Flintenschüsse usw. Diese Störursache wird wohl nie ganz ausgeschaltet werden können, es sei denn durch Verwendung unzerbrechlicher Isolatoren. Auch Störungen infolge zufälliger Überbrückungen der Leiter durch Äste, Heu, Strohhalme, Drachen usw. werden praktisch nie ganz vermieden werden können, so dass eine periodische Begehung der Leitungen unerlässlich ist.

Das Thema des Freileitungsbaues wurde an der VDEW-Tagung eingehend behandelt. Die nachstehend kurz zusammengefassten Vorträge und Aus-

sprachen dürften auch für unsere Leser von Interesse sein.

Zur Einführung begrüsst der Vorsitzende, Direktor *H. Beil*, Oldenburg, die Anwesenden, besonders die Fachkollegen des Auslandes. Der Sprechende unterstrich die Bedeutung der Freileitungen in der Elektrizitätswirtschaft, indem er hervorhob, dass heute in diesen Anlagen grössere Kapitalien investiert sind als in den Erzeugungsanlagen. Sodann berichtete Dir. *Beil* über einige Schwierigkeiten beim Leitungsbau. Diese sind in Deutschland besonders gross; für den Bau von Mittelspannungsleitungen, und zwar selbst für Stickleitungen zu einem Abonnenten, ist bei den Länderregierungen eine Genehmigung einzuholen. Der Vorsitzende sprach den Wunsch aus, auch die Ministerien möchten zur Einsicht gelangen, dass Leitungen mit einer Spannung von 20 bis 60 kV als Verteilleitungen zu betrachten sind, die im Zeichen der freien Wirtschaft nicht mehr der Bewilligungspflicht unterstellt sein sollten, wie dies heute noch der Fall ist.

Als erster Referent sprach *K. Schneider*, Karlsruhe, über den *Ortsnetzbau*. Der Niederspannungsverteilung kommt hinsichtlich der aufzuwendenden Kapitalien grösste Bedeutung zu, belasten doch die Ortsnetze die Gemeinden im Durchschnitt je Kopf der Bevölkerung mit rund DM 100.—. Liegen die einzelnen Abonnenten weit auseinander, so kann dieser Betrag auf ein Mehrfaches ansteigen. Für Transformatorstationen und Mittelspannungszuleitungen kommen dazu pro Kopf der Bevölkerung weitere DM 20.—. Der Aufwand für eine Niederspannungsverteilung erreicht damit, pro Kopf der Bevölkerung gerechnet, insgesamt rund DM 120.— oder mehr. Rechnet man bei einem grösseren Netz je Kopf der Bevölkerung mit einer Belastung in den Transformatorstationen von 200 bis 250 Watt, so ergibt sich also je kW Leistung ein Aufwand von 480 bis 600 DM.

Der Ausbau der Ortsnetze wird in erster Linie durch die Siedlungsform und durch wirtschaftliche Überlegungen bestimmt. Der Vortragende orientierte eingehend über die Vor- und Nachteile der Art der Leitungstützpunkte in Ortsnetzen (Mast oder Dachständer).

Anhand von Lichtbildern wurde dabei im besonderen auf die gemischte Bauweise hingewiesen, die immer mehr zur Anwendung gelangt. Ob Mastnetz, Dachständernetz oder gemischte Bauweise, immer ist darauf zu achten, dass die Schönheiten der Ortschaften erhalten bleiben.

In Mastennetzen werden sowohl Holz- als auch Stahl- und Betonmasten verwendet. Durch das Erstellen der Leitungen längs von Strassen können die Stützpunkte auch zum Anbringen der Strassenbeleuchtung verwendet werden, womit ein zweiter Leistungsstrang vermieden wird.

Bei der Planung der Netze ist in erster Linie die Betriebsform (Strahlennetz, Ringnetz oder Maschennetz) zu bestimmen. Massgebend für die Bemessung der Leitungen sind hauptsächlich die Kurzschlussfestigkeit, der zu erwartende Leistungszuwachs und die Grösse der Spannungs- und Leistungsverluste.

Bei der Bemessung der Leitungsquerschnitte kann für Haushalte im Ortskern mit einer gleichzeitig auftretenden Leistung von 0,8 bis 1,0 kW pro Abnehmer, bei grösseren Entfernungen vom Speisepunkt mit 1,8 bis 2 kW und bei Einzelabnehmern mit 5 kW gerechnet werden.

Die Transformatorenstationen sollen möglichst nahe am Belastungsschwerpunkt liegen und zwar dort, wo eine ungehinderte Zuführung der Hochspannungsleitung möglich ist. In dichtbesiedelten Ortschaften sind Kabel zu verlegen.

Die Hauseinführungen ab Giebel oder Dachständer sind genormt und zwar je nach Beschaffung des Raumes, in den der Anschluss mündet (trocken, feucht, feuergefährlich usw.).

In der *Aussprache* wurde von einem Redner die Meinung vertreten, für die Aufstellung der Maste von Ortsnetzleitungen seien öffentliche Wege und Strassen am besten geeignet; ein weiterer Redner wiederum empfahl die Mischbauweise, Masten und Dachständer.

Sodann berichtete *W. Zwanziger*, Dortmund, über «*Klemmen und Verbinder für Niederspannungs-Freileitungen aus Aluminium*». Das Aluminium findet im Freileitungsbau infolge der günstigen Preisentwicklung gegenüber Kupfer immer mehr Anwendung. Immerhin treten bei diesem Leichtmetall Schwierigkeiten in der Herstellung einwandfreier Verbindungsstellen auf; ganz allgemein geben Verbindungsstellen bereits in Mittelspannungsnetzen vielfach Anlass zu Störungen. Nach der VDEW-Statistik wurden in den letzten Jahren 1% aller Störungen durch Klemmen und Verbinder verursacht. Bei Aluminium sind diese Störungen meist auf das Nachlassen des Kontaktdruckes zwischen Seil und Aluminiumklemme zurückzuführen. Das Nachziehen der Klemmen zur einwandfreien Kontaktgabe ist kostspielig und zudem meist mit betrieblichen Schwierigkeiten verbunden.

Wo die Verbindungen mit Schweißen oder Löten hergestellt werden können, wie z. B. bei Kabeln, ist die Kontaktgabe günstiger. Die heute üblichen Verbindungs- und Abzweigklemmen entsprechen noch nicht den an sie gestellten Anforderungen. Ein dauerhafter Ausgleich des Werkstoffschwundes ist — immer nach Auffassung des Vortragenden — bei den üblichen Klemmen noch nicht gewährleistet. Um einen möglichst einwandfreien Kontakt zu erhalten, erweisen sich die Riffelung an den Kontaktflächen der Klemme, die Vergrößerung der Druckfläche und die Verwendung von elastischen Zwischengliedern als günstig.

Der Referent äusserte sich hierauf über die Vor- und Nachteile verschiedener in- und ausländischer Klemmen. Bei den deutschen Fabrikaten sind die Leiter nebeneinander angeordnet, so dass angenommen werden kann, dass der Gesamtschwund geringer ist. Bei ausländischen Fabrikaten liegen die Leiter übereinander und der Kontakt findet von Leiter zu Leiter statt. Die Grösse des beim Anziehen der Schrauben aufzuwendenden Drehmomentes spielt eine wichtige Rolle. Zum Ausgleich des Schwundes wird bei einigen Klemmen auf dem

Schraubenbolzen eine Feder angebracht, die der maximal auftretenden Schraubkraft entspricht. Die Güte der Klemme soll nach jahrelangem Betrieb ohne Überwachung erhalten bleiben. Um die-

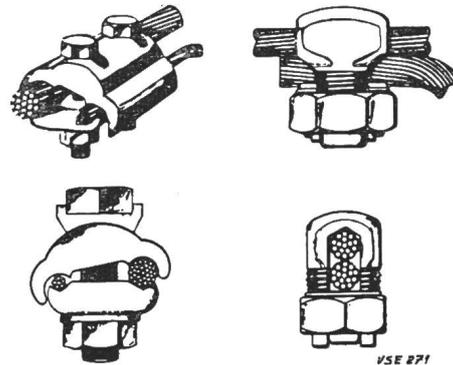


Fig. 1  
Aluminium-Verbindungs- und Abzweigklemmen für Niederspannungs-Freileitungen  
Links: deutsche Universalklemme;  
Rechts: in anderen Ländern übliche Universalklemme

ses Ziel zu erreichen, ist eine noch engere Zusammenarbeit zwischen Elektrizitätswerken und Herstellern notwendig. Dabei müssen die Erfahrungen des Betriebes mit den bei Versuchen gewonnenen Ergebnissen verglichen werden. Zur Illustration zeigte der Referent einige Druck-Zeit-Diagramme der Schrumpfung von Aluminiumseilen und Aluminium-Klemmkörpern, ein Diagramm über die Gesamtschrumpfung von Seil und Klemmkörpern verschiedener Klemmen, sowie Charakteristiken von verschiedenen Federarten bei zunehmendem Druck. Ein weiteres Diagramm veranschaulichte das an einer Vielzahl von Klemmen festgestellte Drehmoment nach 1 bis 5 Betriebsjahren.

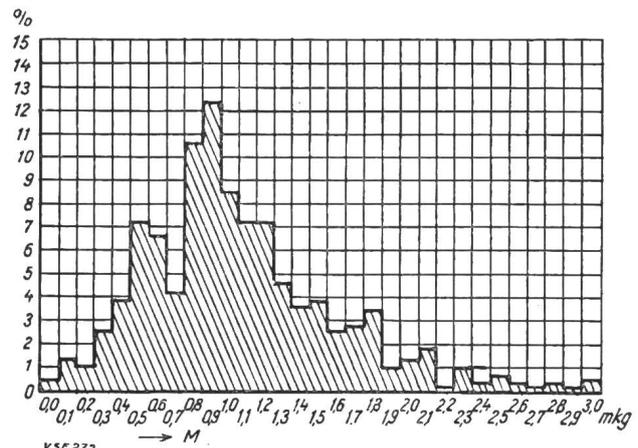


Fig. 2  
Verteilung der Werte des an einer Anzahl von Aluminiumklemmen nach 1 bis 5 Betriebsjahren festgestellten Drehmomentes  
M: Drehmoment

In der *Aussprache* hob ein Redner die guten Erfahrungen mit Kerbverbindern hervor. Ein Vertreter der Klemmenindustrie teilte mit, dass dem Problem der Aluminiumklemmen grosse Beachtung geschenkt werde und weitere Forschungen notwendig seien.

*G. Weidler*, Rendsburg, berichtete über die «*Umstellung von Freileitungsnetzen von 15 kV auf*

20 kV». Der Referent hob den Vorteil der Spannungserhöhung gegenüber der Vergrößerung der Leiterquerschnitte, die unwirtschaftlich ist, hervor. Bei der Umstellung von 15 kV auf 20 kV sind die

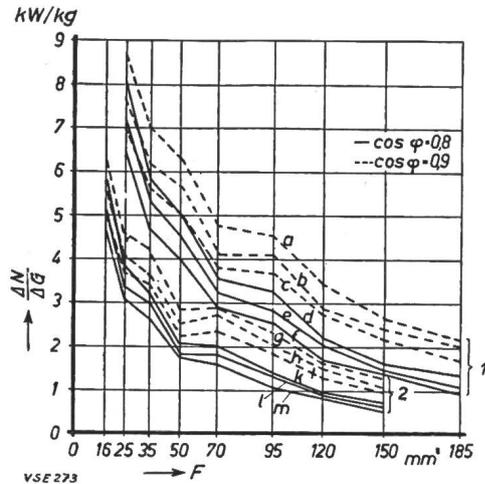


Fig. 3

Gewinn an Übertragungsleistung je kg Mehraufwand an Leitermaterial, in Abhängigkeit der Übertragungsspannung und des  $\cos \varphi$

- F: Leiterquerschnitt;
- $\frac{\Delta N}{\Delta G}$ : Gewinn an Übertragungsleistung je kg Mehraufwand an Leitermaterial;
- 1: Stahl-Aluminium-Leiter;
- 2: Kupferleiter;
- a, d, g und k: 15 und 30 kV;
- b, e, h und l: 10 und 20 kV;
- c, f, i und m: 6 kV.

Als Übertragungsentfernungen wurden angenommen: 2 km bei 6 kV, 5 km bei 10 kV, 10 km bei 15 kV, 20 km bei 20 kV und 40 km bei 30 kV. Spannungsabfall: 5 %.

Voraussetzungen für die Spannungserhöhung meist günstig, da die Innenraumisolations bei 15 kV und 20 kV die gleiche ist. Die einzigen Schwierigkeiten

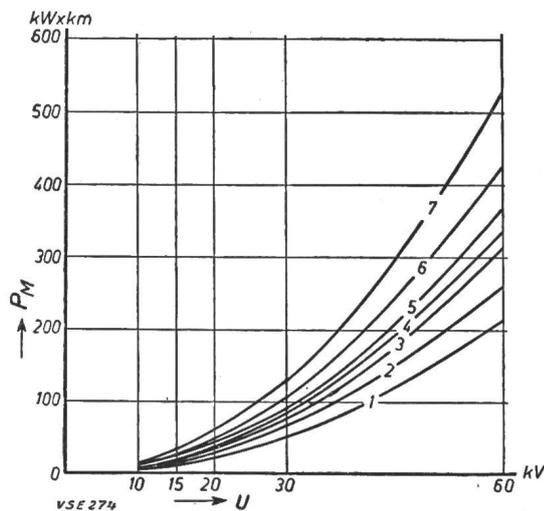


Fig. 4

Leistungsmoment in Abhängigkeit der Betriebsspannung bei verschiedenen Leiterquerschnitten und  $\cos \varphi$

- U: Betriebsspannung;
- $P_M$ : Leistungsmoment;
- 1: 50 mm² Stahl-Al  $\cos \varphi = 0,8$
- 2: 75 mm² Stahl-Al  $\cos \varphi = 0,8$
- 3: 50 mm² Stahl-Al  $\cos \varphi = 0,95$
- 4: 70 mm² Stahl-Al  $\cos \varphi = 0,95$
- 5: 120 mm² Stahl-Al  $\cos \varphi = 0,8$
- 6: 95 mm² Stahl-Al  $\cos \varphi = 0,95$
- 7: 120 mm² Stahl-Al  $\cos \varphi = 0,95$

Der Spannungsabfall wurde mit 5 % angenommen

verursacht die Umstellung von Freileitungen auf Stützisolatoren. Der Referent zeigte u. a. ein Diagramm des Leistungsgewinnes je kg Mehraufwand an Leitermaterial bei zunehmender Übertragungsentfernung, und zwar für Betriebsspannungen von 6 bis 30 kV. Es wird damit bewiesen, dass der Übertragungsfähigkeit eines Netzes mit einer bestimmten Betriebsspannung eine klare Grenze gesetzt ist. In einer Zahlentafel wurde die Übertragungsentfernung in Abhängigkeit der Betriebsspannung (von 6 bis 30 kV) dargestellt. Die Tabelle zeigt, dass bei einer Spannung von 30 kV die Übertragungsentfernung 40 km beträgt, so dass in diesem Falle die speisenden Unterwerke im Maximum 80 km auseinander liegen dürfen. In einem weiteren Diagramm wurde das Leistungsmoment in Abhängigkeit der Betriebsspannung und bei verschiedenem Leitermaterial und -querschnitt gezeigt. Sodann waren in Zahlentafeln die Kosten für Leitungen, Transformatoren und Schaltanlagen bei verschiedenen Betriebsspannungen dargestellt.

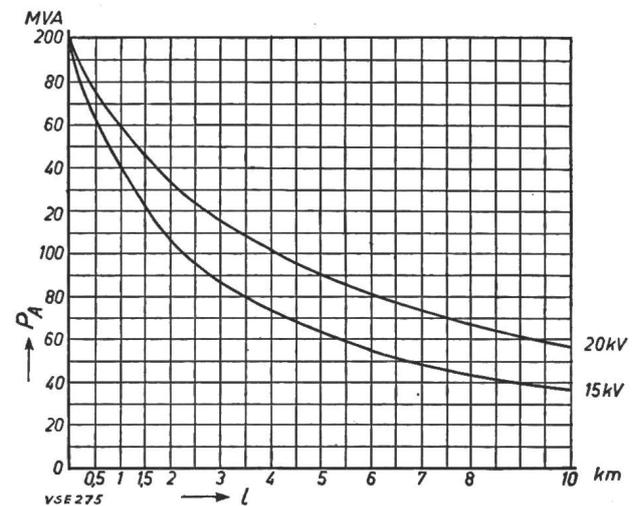


Fig. 5

Änderung der Kurzschlussleistung bei Umstellung von 15 kV auf 20 kV für eine Freileitung Stahl-Al,  $3 \times 95 \text{ mm}^2$

- l: Entfernung von der Transformatorstation;
- $P_A$ : Abschaltleistung

Die höhere Spannung bedingt auch eine Erhöhung der Kurzschlussleistung im Netz. Anhand eines Diagramms wurde gezeigt, wie sich bei Umstellung von 15 auf 20 kV die Kurzschlussleistung in Abhängigkeit der Entfernung von der Transformatorstation verhält. Die mit dem Übergang von 15 auf 20 kV erreichte Erhöhung der übertragbaren Leistung bringt, absolut gesehen, auch erhöhte Verluste. Der Erdschlußstrom des Netzes schliesslich nimmt im Verhältnis zu der Netzspannung zu.

Bei Spannungsänderungen in Freileitungsnetzen ist zu prüfen, ob die Abstände zwischen den einzelnen Leitern gross genug sind und ob die Isolatoren genügen. Gleichzeitig sind die Ortsnetztransformatoren und die Spannungswandler abzuändern oder zu ersetzen.

Die Spannungserhöhung hat im weiteren einen Einfluss auf die Überspannungsableiter, da deren Ansprechspannung in Abhängigkeit der Betriebsspannung des Netzes festgelegt wird. Besondere

Probleme verursachen Kabelleitungen. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass Kabel ohne Bedenken mit einer höheren Betriebsspannung als ihrem Nennwert betrieben werden können, die Feldstärke im Kabel also heraufgesetzt werden kann. Die 15-kV-Kabel weisen im 20-kV-Betrieb noch genügend Stoßsicherheit gegen Gewitterüberspannung auf.

Abschliessend empfahl der Referent, beim Bau neuer Leitungen die Möglichkeit einer späteren Spannungserhöhung mitzuberücksichtigen und alle Massnahmen zu treffen, um ein solches Vorgehen in Zukunft zu erleichtern.

In der *Aussprache* wurde von einem Teilnehmer über die Erfahrungen bei der Umstellung von 25 auf 30 kV berichtet. Ein anderer Redner teilte mit, dass in bestimmten Fällen die Umstellung von 15 auf 20 kV teurer zu stehen kommt als der Bau eines zusätzlichen Unterwerkes.

In einem weiteren Vortrag behandelte *L. Krüger*, Regensburg, das Thema «*Abgrenzung der Anwendungsbereiche von Stützen- und Hängeisolatoren in Mittelspannungsnetzen*». Einleitend gab der Referent einen kurzen geschichtlichen Überblick über die Entwicklung der Freileitungsisolatoren. Die ersten Freileitungsisolatoren entstanden um das Jahr 1850. Im Jahre 1858 erfand Chauvin die Porzellandoppelglocke, die eine sehr weite Verbreitung erfuhr. Um 1897 kamen die ersten Hochspannungsisolatoren der Deltagruppe auf den Markt. Die in Amerika in den Jahren 1903 bis 1905 entwickelten Hochspannungsisolatoren wiesen Weitschirme auf. Die heute gebräuchlichen VHD-Typen wurden bereits 1929 genormt.

Der Anwendungsbereich der Stützisolatoren ist begrenzt, indem die Überschlagsspannung nicht proportional der Vergrößerung der linearen Abmessungen des Isolators zunimmt, und ferner, infolge des heute allgemein üblichen Weitspannsystems, sehr hohe Mindestbruchlasten gefordert werden. Diese Überlegungen führten dazu, dass in Amerika bereits anfangs des Jahrhunderts senkrecht hängende Trag- und waagrecht hängende Abspannisolatoren konstruiert wurden. Solche Isolatoren weisen nicht die Nachteile der Stützisolatoren auf, wie grosses Gewicht, ungünstige Biegebbeanspruchung, Gefahr der Kristallisierung des Leitungsdrahtes bei starrer Befestigung infolge dauernder Erschütterung durch den Wind usw.

Anhand von Lichtbildern erläuterte hierauf der Referent die Weiterentwicklung der Abspannisolatoren in Deutschland. Sodann wurde der von Motor-Columbus vorgeschlagene Vollkernisolator, bei welchem das Porzellan nur auf Zug beansprucht ist, gezeigt; er ist stabförmig ausgebildet, mit Regenschutzkappen ausgerüstet und besitzt keine Innenarmaturen. Als Weiterentwicklung des Motorisolators entstand seit etwa 1936 der Langstabisolator mit kleineren Schirmen.

Die Einführung des Weitspannsystems (Spannweiten von 100 und mehr Metern) im Mittelspannungsbereich sowie die Verwendung von Leitern

aus Aluminium stellte die Konstrukteure vor neue Aufgaben. Ein starrer Bund beim Abfangen des Leiters am Stützisolator kam infolge der Seil-schwingungen für solche Spannweiten nicht mehr in Frage. Diese Erkenntnis führte dazu, dass bereits bei 10 kV zum Hängeisolator gegriffen wurde.

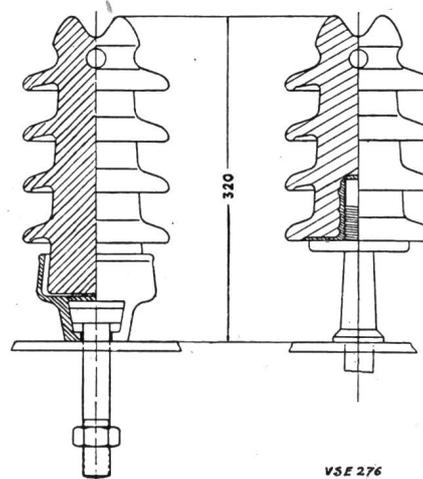


Fig. 6  
Die neuesten Typen von Stützisolatoren mit einfachem Längsbund

Der Referent beleuchtete alsdann die verschiedenen Isolatortypen nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten und hinsichtlich ihrer Anwendung. Die Entwicklung eines Vollkern-Stützisolators mit Mittelbund für den Spannungsbereich von 10 bis 35 kV bedeutet einen grossen technischen Fortschritt. Es ist ein Langstab-Stützisolator mit kleinen Schirmen; dieser nach oben konisch verlaufende Stützisolator weist gute Betriebseigenschaften auf und genügt bezüglich Umbruchlast den VDE-Vorschriften vollauf. Die Vorteile des Längsbundes bestehen darin, dass bei der Wahl der Spannweiten bis zur Grenze der zulässigen Belastbarkeit der Maste gegangen werden kann. Die Konstruktion ist dadurch gekennzeichnet, dass der Isolator eine mittlere vertiefte Kopfrinne besitzt und senkrecht unterhalb der Kopfrinne eine parallel zu ihr verlaufende Mittelbohrung angebracht ist. Um den

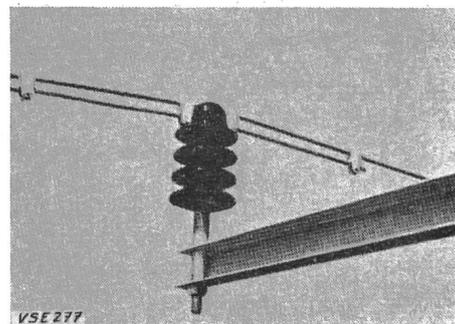


Fig. 7  
Der neue Stützisolator der Fig. 6 für 20 kV  
Das Bild zeigt die Ausführung des einfachen Längsbundes mit Beiseil

Isolatorenkopf nicht unnötig zu erhöhen, wurde die Mittelbohrung in der Halsrinne des Isolators angebracht. Die vertiefte Kopfrinne dient zur Auf-

nahme des Leitungsseiles, während die Mittelbohrung für die Aufnahme des Befestigungs- oder Beiseiles bestimmt ist. Das Beiseil, das aus gleichem Material besteht wie das Hauptseil und auch den gleichen Querschnitt aufweist, wird in einem gewissen Abstand parallel zum Hauptseil geführt und ohne Biegung oder Verformung nach dem Austritt aus der Mittelbohrung mit dem Hauptseil mit Bundklemmen verbunden. Die Mittelbohrung ist so gross gehalten, dass das Hauptseil und das Beiseil allseitig etwas Spiel haben. Das Hauptseil hat dadurch in der Längs- und Querrichtung soviel Bewegungsfreiheit, dass Schwingungsbrüche des Leiters nicht vorkommen. Das in einem Abstand von ca. 40 cm zu beiden Seiten des Isolators mitgeführte Beiseil dient gleichzeitig dazu, die in der Leitungsrichtung auftretenden Schwingungen abzdämpfen.

Als Vorteile dieses Isolortyps gegenüber dem VS-Isolator sind zu nennen: absolute Durchschlagsicherheit, günstiges Verhalten in der Zeit des Sonnenaufganges und bei Nebel, leichte Selbstreinigung der glatten Flächen und der wenig vertieften Schirme, wesentliche Preisersparnis gegenüber dem VS-Isolator.

Durch ein Diagramm wurde schliesslich veranschaulicht, wie sich die Gewichte von Stützen- und Hängeisolatoren in Abhängigkeit von der Reihenspannung verhalten.

*E. Döhrn*, Rendsburg, behandelte das aktuelle Thema «*Neue Spannbetonmasten*». Wie der Referent mitteilen konnte, sind allein im Bereich der Schleswig-Holsteinischen Stromversorgungs-A.-G. bereits über 10 000 derartige Masten eingebaut. Der neu entwickelte Spannbetonmast vereinigt die guten Eigenschaften des Spannbetons mit der äusseren ansprechenden Form des Schleuderbetonmastes; das Gewicht entspricht demjenigen eines Mastes aus Schleuderbeton. Der Spannbetonmast ist hohl und konisch, kann aber auch vieleckig geliefert werden.

Der Referent beleuchtete die Zug- und Druckbeanspruchung von Masten aus Stahlbeton im Vergleich zu solchen aus Spannbeton. Beim Schleuderbetonmast entstehen auf der einen Seite Druck- und auf der entgegengesetzten Seite Zugkräfte, wobei der Beton die Druck- und der Stahl die Zugkräfte aufnimmt. Der Beton kann sich infolge seiner Struktur nicht in der Masse dehnen wie der Stahl, so dass sich Querrisse ergeben können. Bei Spannbetonmasten kommt zu den äusseren Spannungen (Druck- und Zugspannung) die Vorspannkraft dazu. Sobald die Vorspannkraft das entsprechende Mass erreicht hat, treten im Querschnitt nur noch Druckspannungen auf, wodurch die Rissbildung verhindert wird.

Die Herstellung der Spannbetonmasten geschieht wie folgt: das hochwertige Betongut wird unter Rüttelbewegungen (5600 Schwingungen in der Minute) in die Form eingebracht. Nach einer Abbindzeit von 24 bis 48 Stunden werden die Spanndrähte gelöst; durch die Haftung und Reibung zwischen Spanndraht und Beton entsteht die Vorspannkraft. Die Würfeldruckfestigkeit des Betons

beträgt bis 600 kg/cm<sup>2</sup>. Da die Spanndrähte nur einen geringen Querschnitt besitzen, ist eine genügende Ummantelung der Drähte möglich. Die heute fabrizierten Spannbetonmaste sind bis zu 15 m lang und für Bruchlasten bis zu 7 t gebaut.

Der Referent berichtete alsdann über durchgeführte Torsionsversuche, die gute Ergebnisse zeigten. Spannbetonkonstruktionen sind gegen Schub- und Verdrehungsspannungen unempfindlicher als normaler Stahlbeton, da die massgebenden schiefen Hauptzugspannungen durch die Vorspannung im Betonquerschnitt erheblich herabgemindert werden.

Die Herstellungskosten für Spannbeton- und Schleuderbetonmasten sind heute noch etwa die gleichen. Die Baukosten von Betonmastenleitungen sind etwa 30 bis 40 % höher als die entsprechenden Kosten einer Holzmastenleitung; es ist aber zu berücksichtigen, dass bei Betonmasten praktisch kein Unterhalt notwendig ist, was die Mehrkosten solcher Masten aufwiegen dürfte.

*F. Tonnemacher*, Frankfurt a. M., orientierte über «*Holzmastentechnik*». Den seinerzeitigen VDE-Bestimmungen für Holzmasten lag das Zopfmass zugrunde, wobei eine Abholzigkeit von 0,7 cm pro m verlangt wurde. Da in den letzten Jahren festgestellt wurde, dass die vorgeschriebene Abholzigkeit vielfach nicht mehr eingehalten wird, drängte es sich aus Sicherheitsgründen auf, vom Zopfmass abzugehen. Als wirtschaftlich und technisch günstig erwies sich eine Kombination von Zopf- und Fussmass. Vergleiche mit den Vorschriften anderer Länder zeigen hierin weitgehende Übereinstimmung.

Über die Erfahrungen mit neuen Imprägnierverfahren zum Schutze gegen Tierfrass und Pilzbefall kann noch kein abschliessendes Urteil gegeben werden. Aber auch bezüglich der bestehenden Verfahren ist ein Urteil schwierig, da allgemeine, nach einheitlichen Gesichtspunkten aufgestellte Statistiken fehlen. Bei der Nachbehandlung, die in relativ kurzen Abständen vorgenommen wird, ist ein Überblick eher möglich. Unter der Leitung von drei wissenschaftlichen Instituten werden zur Zeit Freilandversuche mit mehreren Nachbehandlungsmitteln durchgeführt. Diese Versuche erfolgen an verschiedenen alten Masten mit unterschiedlicher Grundimprägnierung. Man hofft, durch dieses Vorgehen auch den Einfluss der ursprünglichen Tränkung auf die Wirksamkeit der Nachbehandlung ermitteln zu können.

In einem weiteren Vortrag erläuterte *Bellmann*, Mannheim, die «*Kesseldruckimprägnierung von Holzmasten*». Für die Kesseldruckimprägnierung eignet sich in erster Linie die Kiefer; die Behandlung von Fichtenholz nach diesem Verfahren ist schwieriger.

*G. Irresberger*, Gmunden, berichtete über «*Schutzmassnahmen beim Aufstellen von Holzmasten unter Spannung*».

Das Aufstellen von Holzmasten unter Spannung ist in trockenem Zustand des Holzes meistens ohne Gefahr möglich; bei feuchtem Holz dagegen ist ein

solches Vorgehen für die Monteure lebensgefährlich; verschiedene tödlich verlaufene Unfälle beweisen dies.

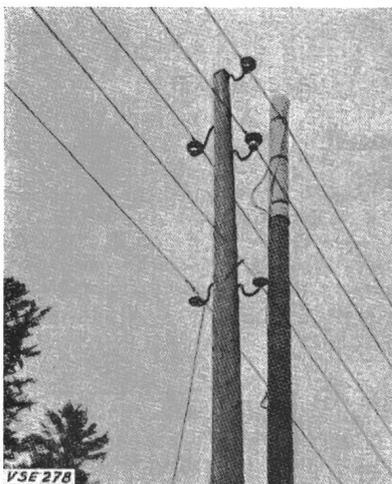


Fig. 8

Die neuen Schutzmassnahmen bei Aufstellung von Holzmasten unter Spannung

Es handelt sich um eine 25-kV-Leitung; der obere Teil des aufzustellenden Mastes wird durch einen Isolierwickel mit Gummiverschluss isoliert

Ist das Aufstellen von Holzmasten unter Spannung nicht zu umgehen, so sind entsprechende Schutzmassnahmen zu treffen. Der Mastzopf der aufzustellenden Stange ist mit einer Isolierdecke gegen das Berühren zu schützen. Nach Aufstellung des Mastes werden die die Isolierdecke haltenden Gummiverschlüsse mit Schaltstangen gelöst.

Der letzte Vortrag von *H. Mors* behandelte die «Wirtschaftlichkeit von Mastgründungen».

Bei Erstellung grösserer Fundamente sind gründliche Vorarbeiten erforderlich, um eine Lösung zu erhalten, die hinsichtlich Sicherheit alle Bedingungen erfüllt und auch wirtschaftlich ist. U. a. sind

dabei auch physikalische Untersuchungen des Bodens notwendig; sie erlauben, die Bodenbeschaffenheit, die Korngrösse, das spezifische Gewicht,

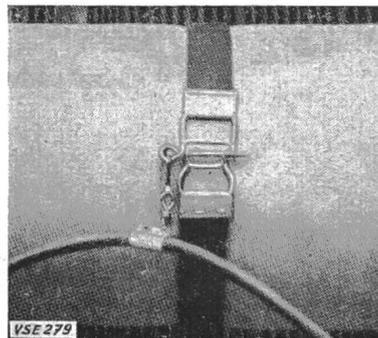


Fig. 9

Gummiband-Verschluss für den Isolierwickel in Fig. 8

die Durchlässigkeit, den Wassergehalt, die Dichte, Struktur und Konsistenz des Bodens zu beurteilen. Der Anteil der Kosten für Mastfundamente kann bei normalem Boden bei Mittelspannungsleitungen bis 10% der gesamten Leitungskosten betragen. Bei schwierigeren Bodenverhältnissen können sie anteilmässig noch höher sein. Zur Senkung der Erstellungskosten empfiehlt der Referent die Verwendung von fahrbaren Bohrgeräten. Besonders empfehlenswert ist das Vornehmen einer Probebohrung.

Im weiteren äusserte sich der Vortragende über die zweckmässige Anwendung von Block- und Einzelfundamenten. Schwellenfundamente ersparen Beton, gefährden aber die Standsicherheit infolge Fäulnis des Holzes.

In der *Aussprache* wurde die Fundamentformel von Fröhlich erwähnt und das Berechnungsverfahren von *Sulzberger* (Schweiz) erläutert.

Adresse des Autors:

*E. Wernli*, Betriebsleiterstellvertreter, Aargauisches Elektrizitätswerk, Aarau.

## Das Rückkaufsrecht an Verteilanlagen

### Bundesgerichtsentscheid

347.247.3 : 621.316.1

Der Bezirk Schwyz besitzt auf Grund einer Wasserrechtskonzession aus dem Jahre 1896 das Recht, das Kraftwerk Wernisberg an der Muota nach Ablauf der Konzession zurückzukaufen. Das Kraftwerk Wernisberg ist heute im Besitze des Elektrizitätswerkes Schwyz; die Verteilanlagen im Bezirk Schwyz, im Bezirk Gersau und in einigen Gemeinden des Kantons Luzern sind vor einigen Jahren in das Eigentum der Centralschweizerischen Kraftwerke übergegangen. Das Elektrizitätswerk Schwyz verkaufte diese Anlagen, weil es der Auffassung war, dass sie nicht unter das Rückkaufsrecht des Kraftwerkes Wernisberg fallen und also auch nicht vom Bezirk erworben werden können. Der Bezirk Schwyz, der ursprünglich seinen Anspruch auf die Verteilanlagen selber bezweifelte, machte dann aber das Rückkaufsrecht geltend und beschloss,

durch die Gerichte feststellen zu lassen, was er zurückkaufen könne.

Das Kantonsgericht als erste Instanz schützte den Bezirk im Wesentlichen und entschied, er sei berechtigt, mit dem Kraftwerk Wernisberg das Unterwerk Ibach und die Verteilanlagen innerhalb und ausserhalb des Bezirkes zu erwerben.

Das Bundesgericht hat nach zweimaliger einlässlicher Beratung diesen Entscheid mit Mehrheitsbeschluss aufgehoben, mit der Begründung, dass in der Konzession nichts über ein Rückkaufsrecht von Verteilanlagen gesagt sei. Der Bezirk könne also nur das Kraftwerk Wernisberg und die Verbindungsleitung zum Unterwerk Ibach erwerben. Verteilanlagen gehören nicht notwendigerweise zu einem Energieproduktionswerk und könnten daher

nur dem Rückkauf unterliegen, wenn eine Konzession entsprechende Bestimmungen enthalte.

Dieser Entscheid ist für die schweizerischen

Elektrizitätswerke von grosser, grundsätzlicher Bedeutung. Wir werden auf ihn zurückkommen, sobald die Urteilsbegründung vorliegt.

## Der Ausbau der schweizerischen Wasserkräfte

### Ein Blick in die Zukunft

620.91 : 621.311.21(494)

Anlässlich der Generalversammlung des Schweizerischen Energie-Konsumenten-Verbandes, die am 23. März in Zürich stattfand und den Zukunftsfragen der schweizerischen Wasserkraftnutzung gewidmet war, wurden zwei interessante Vorträge gehalten, über welche wir hier kurz berichten möchten.

Deux conférences intéressantes ont été présentées lors de l'Assemblée générale de l'Union suisse des consommateurs d'énergie, qui a eu lieu le 23 mars à Zurich et fut consacrée aux perspectives d'avenir de l'aménagement des forces hydrauliques suisses; nous donnons ici un court résumé de ces deux conférences.

«Über den weiteren Ausbau der Wasserkräfte im Lichte verschiedener Zukunftsfragen» referierte Dr. M. Oesterhaus, Direktor des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft. Er vermittelte anhand von sehr ausführlichen Diagrammen und Tabellen einen eindrucklichen Überblick über die gegenwärtige Projektierungstätigkeit auf dem Gebiet des Kraftwerkbaues. Bekanntlich ist das erstrebte Ziel der Vollausbau der schweizerischen Wasserkräfte. Es hat sich bestätigt, und gilt noch heute, dass der ausserordentlichen Entwicklung des Verbrauches elektrischer Energie nur aussergewöhnliche Massnahmen auf dem Gebiet der Erzeugung gerecht werden können. Die mittlere mögliche Jahreserzeugung aller Wasserkraftwerke stieg seit 1947 jährlich um rund 500 GWh; die Zunahme betrug während des Krieges etwas weniger als 300 GWh, vor dem Kriege sogar nur 200 GWh pro Jahr. Dieser gewaltigen Steigerung der Erzeugung stand aber eine noch grössere Zunahme des Verbrauches gegenüber, so dass es in den letzten Jahren nur dank der überdurchschnittlichen Wasserführung möglich war, den Bedarf zu decken.

Wenn der rasch zunehmende Bedarf auch in Zukunft gedeckt werden soll, so ist man auf den Ausbau aller ausbauwürdigen Wasserkräfte angewiesen, ohne Rücksicht auf die mehr oder weniger grosse Wirtschaftlichkeit der einzelnen Projekte. Wichtig ist vor allem, dass für eine volkswirtschaftlich zweckmässige Erschliessung der Gewässer gesorgt wird, was zum Teil Aufgabe des Amtes ist, wozu aber in erster Linie das Konkurrenzstreben der verschiedenen Unternehmungen beiträgt. Der Referent vertritt die Meinung, es sollte in den kommenden sechs Jahren möglich sein, jegliche Mangellage auszuschalten.

Das Amt für Wasserwirtschaft schätzt heute die mittlere mögliche Energieerzeugung sämtlicher schweizerischen Kraftwerke nach Inbetriebnahme aller heute in Bau befindlichen oder projektierten Kraftwerke auf rund 30 000 GWh, was eine Erhöhung um 2000 GWh gegenüber früheren Angaben bedeutet. Seit der letzten Aufstellung sind noch folgende Projekte hinzugekommen:

Erweiterungen oder Neubauten an der Aare, mit einer mittleren möglichen Energieerzeugung von rund 500 GWh

Erweiterung des Konzessionsprojektes für die Bergeller Kraftwerke von 290 auf 440 GWh  
 Dranse d'Entremont mit 130 GWh  
 Kraftwerk Führen der Kraftwerke Oberhasli A.-G., mit rund 80 GWh  
 Kraftwerk Matternispe der Lonza A.-G., mit 310 GWh  
 Kraftwerk Verzasca, mit 340 GWh  
 Vorderrheinwerke, mit 720 GWh

Der Vollausbau auf rund 30 000 GWh wäre nach den heutigen Angaben ungefähr auf das Jahr 1980 zu erwarten, wobei je nach Entwicklung der Wirtschaftslage unseres Landes dieser Zustand frühestens 1970, spätestens aber 1990 erreicht werden könnte. Bis zum Vollausbau würden die Anlagekosten der Erzeugungsanlagen allein von gegenwärtig rund 2,83 auf 9,24 Milliarden Franken ansteigen. Auch bei einem Vollausbau der nutzbaren Wasserkräfte können nur etwa  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{4}$  der gesamten theoretischen Rohwasserkräfte der Schweiz nutzbar gemacht werden, so dass es abwegig ist zu behaupten, unser Land werde mit der Zeit als Folge der Gewinnung elektrischer Energie seines Schmuckes durch die fliessenden Gewässer beraubt.

In einem zweiten Vortrag behandelte Dr. P. Jaeger, Zollikon, das Thema: «Einige finanzielle und konjunkturpolitische Aspekte der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft». Bekanntlich wird jedes Jahr durch das Eidgenössische Amt für Elektrizitätswirtschaft die Gesamtbilanz der Elektrizitätswerke der allgemeinen Elektrizitätsversorgung veröffentlicht. Nach der Meinung des Referenten bietet diese Bilanz gegenwärtig ein erfreuliches Bild. Die Anlagen sind praktisch alle langfristig finanziert; ferner ist das Verhältnis zwischen Eigen- und Fremdkapital als sehr günstig anzusprechen. Die in Betrieb stehenden Anlagen waren 1953 auf 36 % abgeschrieben, wobei diese Zahl im Jahr 1940 42 % betrug. Aus der gesamten Gewinn- und Verlustrechnung der Elektrizitätswerke der allgemeinen Elektrizitätsversorgung ist zu entnehmen, dass die Ausgaben heutzutage prozentual aus folgenden Anteilen bestehen:

Verwaltung, Betrieb und Unterhalt . . . . .	35,9 %
Steuern, Wasserzinsen und Abgaben an öffentlichen Kassen . . . . .	22,6 %
Zinsen . . . . .	9,3 %
Dividenden an Dritte . . . . .	3,7 %
Abschreibungen, Rückstellungen und Fondseinlagen . . . . .	28,5 %

In diesem Zusammenhange widmet *Dr. Jaberg* einige Bemerkungen der *Abschreibungspraxis* der Elektrizitätswerke, der für die Gestaltung der Selbstkostenpreise der elektrischen Energie grosse Bedeutung zukommt. Der Abschreibungssatz betrug in den letzten Jahren rund 4 %. Es liesse sich, nach Auffassung des Referenten, eine vorübergehende Verringerung des Abschreibungssatzes sogar unter die Quote von 3 % verantworten. In Frage kämen zum Beispiel verschiedene Ansätze für Bauten und Verteilanlagen. Der Abschreibungssatz kann für Bauten wesentlich geringer sein, als derjenige für die Verteilanlagen: er beträgt zum Beispiel bei den Schweizerischen Bundesbahnen für Wasseranlagen und andere Tiefbauten allein 1,5 %, während für die Abschreibung ihrer Anlagen zur Erzeugung und für den Transport elektrischer Energie als Ganzes 2,25 % eingesetzt werden. Es entfallen bei den Anlagen, die heute im Bau sind, ausschlaggebende Summen auf die Staumauern, so dass eine *Überprüfung der Abschreibungspraxis bei den Elektrizitätswerken* am Platze sein dürfte.

Nach Schätzungen des Referenten wird sich das Bauvolumen in den nächsten Jahren um rund 500 Millionen Franken pro Jahr bewegen, was einem Totalaufwand von 3 Milliarden Franken in sechs Jahren entspricht. Nach Ablauf dieser sechs Jahre wird das Verhältnis Eigenkapital zu Fremdkapital vermutlich 38 % zu 62 % betragen (heute 42 % zu 58 %), was nicht als ungünstig bezeichnet werden könnte. Sofern bis dahin kein Konjunkturreinbruch erfolgt, sollte es möglich sein, im Jahr 1959 einen

Abschreibungssatz von mindestens 2,4 % zu erzielen.

In Bezug auf die *Tarifgestaltung* vertrat der Referent die Auffassung, dass angemessene, rationell abgestufte Energiepreise für unsere Volkswirtschaft von grösster Bedeutung sind. Die Elektrizitätswerke sollten aber durch genügende Preise in die Lage versetzt werden, ihre Finanzen so gesund zu erhalten, dass ihr Kredit unerschüttert bleibt. So wird der vollständige Ausbau unserer Wasserkräfte ermöglicht werden. Trotz im grossen und ganzen seit 1940 stabil gebliebenen Energiepreisen haben sich die Elektrizitätswerke gut entwickelt und finanziell konsolidiert, und dies vor allem dank der rationelleren Ausnützung der Anlagen und der Kapitalbeschaffung zu niedrigen Zinssätzen. Wenn sich in Zukunft Tariferhöhungen nicht vermeiden lassen, muss darauf geachtet werden, dass sie am besten durch ein verständnisvolles Zusammenwirken zwischen den Kreisen der Verbraucher elektrischer Energie einerseits und den Energieproduzenten andererseits erfolgen werden.

Schliesslich sprach sich *Dr. Jaberg* gegen einen überstürzten Rhythmus im Kraftwerkbau aus. Es hat keinen Sinn, die bestehende Hochkonjunktur durch Vorwegnahme von Arbeiten, die später vielleicht sogar besser geleistet werden können, noch zu überspitzen, statt den Arbeitsvorrat für andere Zeiten etwas zu schonen. Bei der Beurteilung dieser Fragen muss das Wohl des Landes oberste Richtschnur sein. Sa.

## Wirtschaftliche Mitteilungen

### Explosion einer Niederdruckdampfturbine im Werk Ridgeland der Commonwealth Edison Company

621.165-174.2.0047

[Nach Electr. Eng. Bd. 74(1955), Nr. 2, S. 171...172]

Im Werk Ridgeland der Commonwealth Edison Company explodierte am Sonntag, dem 19. Dezember 1954, vormittags um 11 Uhr 19 eine Niederdruckdampfturbine. Die genaue Ursache war zur Zeit der Publikation noch nicht bekannt; es wird aber angenommen, dass die Explosion auf einen Materialfehler in der Welle zurückzuführen ist.

Das Werk Ridgeland besitzt vier Einheiten von 160 000 kW, bestehend aus je separater Hoch- und Niederdruckdampfturbine. Fortgeschleuderte Stücke der explodierenden Turbine beschädigten die andern drei Einheiten derart, dass das Kraftwerk ganz ausfiel. Diese drei Einheiten wurden in 50 Stunden repariert.

Das Kraftwerk Ridgeland ist das neueste im Netz der Commonwealth Edison Company. Es liegt am Schiffahrtskanal, ca. 3 km westlich vom Stadtrand von Chicago entfernt. Mit seinem Bau wurde 1948 begonnen. Die Nennleistung aller 4 Turbinen beträgt 640 000 kW. Die vierte Einheit, welche von der Firma Allis Chalmers gebaut wurde, stand erst seit August 1954 in Betrieb, nachdem sie alle normalen Prüfungen anstandslos bestanden hatte.

Bevor sich das Unglück zutrug, stand die Maschine zwei Tage zwecks Reinigung der Kessel ausser Betrieb. Vorgängig der Wiederinbetriebnahme einer Turbine wird in der Regel die Überdrehzahl-Auslösung geprüft; in diesem Fall erfolgte die Prüfung getrennt für die Hoch- und Niederdruck-Turbine.

Die Niederdruckeinheit, mit einer normalen Drehzahl von 1800 Touren, hatte ihre Prüfung bestanden und die Auslösung war bei 10 % Überdrehzahl erfolgt. Man war eben damit beschäftigt, die Hochdruckeinheit in der gleichen Weise zu prüfen, als sich die Explosion ereignete.

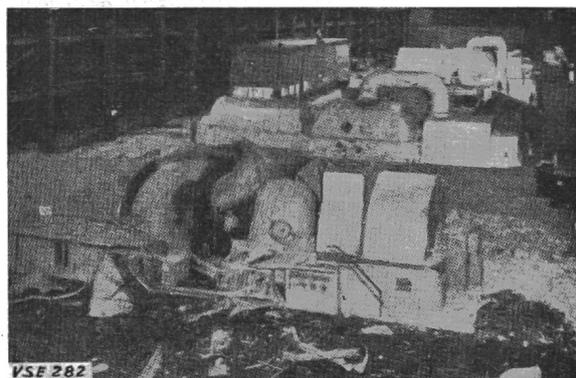


Fig. 1  
Maschinensaal des Kraftwerkes Ridgeland nach der  
Explosion der vierten Maschinengruppe (im Vordergrund)

In diesem Zeitpunkt befanden sich 6 Mann im Maschinenraum, 5 Mitarbeiter der Edison Company und ein Angestellter der Herstellerfirma. Zwei Edison-Leute wurden durch Metallteile, die durch die Wucht der Explosion fortgeschleudert wurden, getötet und die vier andern erlitten entweder Knochenbrüche oder einen Schock. Mit Ausnahme von 3 weiteren Personen, die ebenfalls einen Schock erlitten und behandelt werden mussten, kam sonst niemand zu Schaden.

Der Mittelteil der Welle zerbrach in mehrere Stücke, die zusammen mit gebrochenen Gehäuseteilen fortgeschleudert wurden. Ein mehrere Tonnen schweres Stück durchschlug das Gebäudedach und landete auf einem Kohlenhaufen. Ein

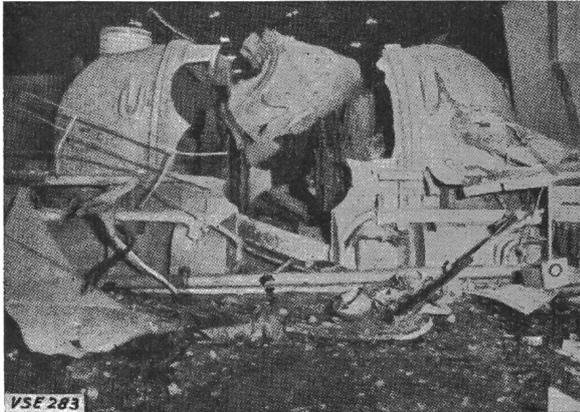


Fig. 2  
Die Niederdruckturbinen der vierten Maschinengruppe nach der Explosion

anderes riss einen Teil des Saugrohrs der ersten Einheit auf. Andere Stücke beschädigten die Verbindungsleitungen zwischen Mittel- und Niederdruckteil der zweiten und dritten Einheit, ein weiteres riss das Niederdruckgehäuse der dritten Einheit auf. Durch die umherfliegenden Metallstücke wurde das ganze Turbinenhaus arg in Mitleidenschaft gezogen; besonders schwer waren die Schäden am Dach. Im Zeitpunkt der Explosion führten die übrigen drei Einheiten eine Last von

460 000 kW, bei einer totalen Netzbelastung von 1 850 000 kW. Da die Last um diese Zeit stark im Abnehmen begriffen war, konnte sie von Einheiten anderer Kraftwerke übernommen werden, ohne dass die Frequenz sank oder andere Störungen auftraten.

Über Kuppelleitungen zu benachbarten Netzen, die normalerweise um diese Tageszeit keine Last führen, war es möglich, sofort 190 000 kW zu übernehmen. Diese Last konnte nach einigen Minuten von den übrigen Kraftwerken in Chicago aufgenommen werden. Das schwierigste Problem bestand in der Lastaufnahme am Montagmorgen und -abend beim Ausbleiben der 640 000 kW von Ridgeland. Mehr als 600 Grossabnehmer wurden gebeten, ihren Leistungsbedarf um 25 % zu reduzieren. Ferner wurde die Öffentlichkeit ersucht, den Bedarf nach Möglichkeit ebenfalls einzuschränken. Schliesslich gelang es, von weiteren Elektrizitätsgesellschaften eine Leistung von 200 000 kW zu kaufen und über die Kuppelleitungen zu transportieren. Diese Massnahmen ermöglichten es, die verbleibende Netzlast erfolgreich zu halten.

Bei der Reparatur wurden bemerkenswerte Leistungen vollbracht. Ein neues, 3,6 m langes Saugrohr von 1,5 m Durchmesser mit einer Wandstärke von ca. 12 mm wurde an Ort erstellt und eingeschweisst, wodurch die erste Einheit wieder in Betrieb genommen werden konnte. Im weiteren gelang es, die mehrmals beschädigten Dampf-Verbindungsleitungen durch Schweißen zu reparieren.

Zur Ermittlung der Schadensursache wurden eingehende Untersuchungen eingeleitet. Die Konstruktion des defekt gegangenen Teiles ist nicht ungewöhnlich. Das Schmiedestück war allen bekannten Fabrikprüfungen unterworfen worden, die Ultraschallwellen-Prüfung eingeschlossen.

Ein grosser Teil des Schadens ist durch die Fabrikgarantie und die Versicherungspolice der Gesellschaft gedeckt.

F. Schür

## Literatur

### «L'industrie de l'électricité en Europe»

338.45 : 621.312/4

[Studie der «Organisation Européenne de Coopération Economique» (OECE). Paris, OECE, 1955; 8°, 130 S., 13 Fig., Tab. — Preis: fFr. 500.—]

Von der OECE wurde kürzlich mit der Herausgabe einer Reihe von Berichten über die *Konjunkturelle Entwicklung in den verschiedenen Sektoren der europäischen Wirtschaft* begonnen. Diese Berichte, die von den zuständigen technischen Komitees verfasst werden, enthalten unter anderem Angaben über die Preisentwicklung, die Vorratsbestände und ihre Schwankungen, die unbenutzten Erzeugungsanlagen, den Bedarf, den Auftragsbestand, die Liefertermine, die Produktivitätsentwicklung, die voraussichtliche Entwicklung des Marktes und der Erzeugungsmöglichkeiten, sowie Ratschläge über die Massnahmen, die dazu geeignet sind, jeder ungünstigen Entwicklung vorzubeugen. Der Bericht über die Elektrizitätswirtschaft wurde soeben vom Elektrizitäts-Komitee veröffentlicht. In diesem Bericht fasst das Elektrizitäts-Komitee zum erstenmal die Angaben der verschiedenen Länder zusammen und führt somit eine Gesamtstudie über die Elektrizitätswirtschaft in diesen Ländern als Ganzes betrachtet durch. Der Bericht enthält hauptsächlich *mittelfristige Prognosen über die Marktentwicklung auf dem Gebiet der elek-*

*trischen Energie*; die Lage in früheren Jahren wird nur so weit untersucht, als daraus Schlussfolgerungen für die konjunkturellen Aussichten gezogen werden können.

Im ersten Teil der Studie wird die Lage der Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1953 im Vergleich zu früheren Jahren untersucht. Im zweiten Teil werden alsdann mittelfristige Marktprognosen (für die Zeitspanne von 1954 bis 1958) aufgestellt, und zwar hauptsächlich nach folgenden Gesichtspunkten: Erzeugungsentwicklung, Investitionen und Schwierigkeiten bei der Finanzierung derselben, Probleme des Energieaustausches zwischen Nachbarländern, Verbrauchsentwicklung in den verschiedenen Sektoren. Im dritten und letzten Teil wird die Lage in jedem Mitgliedland genauer beschrieben und die für jedes von ihnen charakteristischen Züge der Elektrizitätswirtschaft erörtert. Tabellen und Diagramme enthalten die statistischen Angaben sowie die Prognosen der verschiedenen Länder, die als Grundlagen zum jetzigen Bericht dienen. Diese Tabellen und Diagramme betreffen: die installierte Leitung, die Engpassleistung, die Erzeugung und den Verbrauch in den hauptsächlichsten Sektoren.

Durch die zahlreichen technischen und wirtschaftlichen Angaben, die er enthält, ist dieser Bericht für die Elektrizitätswerke von Bedeutung. Sein Studium kann unseren Mitgliedern nur empfohlen werden. Sa.

## Kongresse und Tagungen

### Generalversammlung des Schweizerischen Nationalkomitees für Grosse Talsperren

Die Generalversammlung des Schweizerischen Nationalkomitees für Grosse Talsperren findet am 6. Mai 1955, 15.00 Uhr im Hotel Bären, Bern, statt. Anlässlich dieser Versammlung wird Herr Dr. W. Eggenberger, von der «Elektro-Watt,

Elektr. u. industr. Unternehmungen A.-G.», Zürich, über «Das Projekt des Kraftwerkes Göschenen unter spezieller Berücksichtigung des Staudammes auf der Göscheneralp» einen Vortrag halten.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, Telephon (051) 34 12 12, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrunion, Zürich.

Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.