

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 30 (1939)
Heft: 18

Artikel: Freileitungen
Autor: Vögeli, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060864>

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: 25.04.2025

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

de son côté, cette résistance laisserait subsister ensuite, après écoulement de la charge momentanée, un courant dit «de fuite», fourni par le réseau lui-même, qui serait exagéré, et resterait de l'ordre d'un courant de court-circuit. La solution ingénieuse de ce problème a été trouvée dans l'emploi d'une ma-

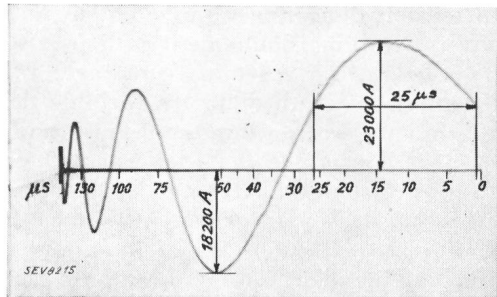


Fig. 6.

Oscillogramme cathodique d'un courant de 23 000 A (valeur de crête), écoulé par un parafoudre à résorbite.

tière semi-conductrice, ayant la propriété remarquable d'opposer une résistance d'autant plus petite que l'intensité est plus élevée.

Le parafoudre moderne fonctionne donc comme suit: En régime normal, un éclateur à sphères, en série avec la résistance variable, empêche tout courant de fuite. En cas de coup de foudre, dès que la tension contre terre s'est élevée d'une fraction encore admissible, le parafoudre s'amorce, et déverse à la terre la charge momentanée, sans que la surtension puisse continuer à s'accroître. Dès l'écoulement achevé, le courant fourni par le réseau retombe à une valeur assez petite pour que l'extinction de l'arc entre les sphères s'effectue sans difficulté, automatiquement.

Le phénomène est excessivement rapide. Aussi n'est-il pas inutile de relever en passant l'énorme importance de la ligne de terre, et d'attirer l'attention sur les précautions qui doivent être prises pour son établissement correct.

Ces parafoudres, tout récents, ont prouvé, par les nombreuses applications qui en ont de suite été faites, leur remarquable efficacité. Ils ont facilité grandement aussi la réalisation plus complète de ce qu'on appelle la coordination de l'isolement, en donnant un moyen précis de graduer l'isolement

le long de la ligne, jusqu'aux machines, pour provoquer l'annihilation des surtensions aux endroits plus particulièrement désignés.

Ces parafoudres supplantent également les condensateurs, toujours coûteux, sinon délicats, sur les réseaux à haute tension. Ceux-ci devaient fonctionner, comme on sait, comme des réservoirs destinés à emmagasiner la charge due au coup de foudre, pour en abaisser le potentiel. Ils ont l'inconvénient de ne pouvoir être montés qu'en station; de sorte que la ligne doit transporter la charge jusqu'à eux: opération dangereuse pour les isolateurs de ligne. Le parafoudre a l'immense avantage de pouvoir être placé le long de la ligne, aux endroits particulièrement touchés par la foudre.

Bobines d'extinction.

Mentionnons encore, pour terminer, les bobines de réactance, ou d'extinction, placées entre le point neutre et la terre, dans les réseaux triphasés. Ces bobines ont pour rôle de contrebalancer, par leur inductivité, la capacité des lignes contre la terre, en cas de mise à la terre d'une phase. Grâce à elles, une mise à terre accidentelle passe le plus souvent inaperçue. Dans la dernière session de la CIGRE, cette année, il a été avancé que, grâce aux bobines d'extinction, conjointement avec les dispositifs de réenclenchement rapide, le 96 % des perturbations de réseau ne se remarquent plus sur les utilisateurs. C'est là certainement un remarquable progrès.

Conclusion.

Bien que nous n'ayons fait qu'effleurer notre sujet, on peut se rendre compte des progrès considérables réalisés ces dernières années. L'exploitant dispose actuellement d'un matériel de choix, robuste et précis, adapté mieux au mécanisme physique des phénomènes. Et cependant, bien des problèmes restent à élucider, bien des perfectionnements restent à faire. Nos futurs ingénieurs ont devant eux un champ d'activité immense et passionnant. Ils trouveront dans les travaux de leurs aînés mille et un sujets d'exercer leur ingéniosité et leurs talents. L'état actuel laisse bien augurer de l'avenir. Puisse ce travail futur continuer à être cause de bien-être, et contribuer à assurer les assises de la paix.

Freileitungen.

Von R. Vögeli, Baden.

621.315.1

Die Forderungen der Betriebssicherheit an die Uebertragungsfreileitungen werden auseinandergesetzt und ihre Auswirkung auf den Bau der Leitungen dargelegt, wobei die Materialwahl und die Bauform zur Sprache kommen. Für die künftigen Grossübertragungsleitungen wird das Problem der Koronaverluste und auch das der dynamischen Stabilität erhöhte Beachtung finden müssen. Das Gleichstrom-Uebertragungssystem wird in den Vordergrund treten, da es manche Schwierigkeiten des Drehstromsystems mit einem Schlage aus der Welt schaffen kann.

L'auteur énonce les exigences que pose la sécurité d'exploitation aux lignes aériennes pour le transport d'énergie et explique leur influence sur la construction des lignes, en disant quelques mots du choix du matériel et des formes constructives. A l'avenir on devra accorder, pour les grands transports d'énergie, davantage d'attention au problème des pertes par effet de couronne ainsi qu'à la stabilité dynamique. Le système de transport à courant continu acquerra une place prépondérante, car il élimine bien des difficultés inhérentes au système triphasé.

Die rasche Entwicklung des Energieabsatzes in der Schweiz bedingt immer weitergehende Anforderungen an die Uebertragungsanlagen. Dies trifft für die Schweiz in besonders starkem Masse zu, weil

fast die gesamte elektrische Energie in Wasserkraftwerken erzeugt wird, die in der Hauptsache abseits von den grossen Verbrauchszentren gelegen sind. Die Aufgabe des Leitungsnetzes ist es, die Energie

auf wirtschaftliche Weise und ohne Störungen von den Erzeugungsanlagen zu den Verbrauchern zu bringen.

Im wesentlichen sind zur Lösung dieser Aufgabe drei verschiedene Leitungsgruppen entstanden, die sich zwar oft nicht deutlich voneinander unterscheiden lassen.

1. Uebertragungsleitungen, ca. 45 bis 150 kV,
2. Grossverteilungen, ca. 20 bis 50 kV,
3. Verteilungen, ca. 3 bis 16 kV.

Betriebssicherheit.

Für jede dieser drei Leitungsgruppen wird hohe Betriebssicherheit gewünscht, doch lässt sich diese aus wirtschaftlichen Gründen nicht für alle im gleichen Masse und mit den gleichen Mitteln erreichen. Die höchsten Anforderungen werden an die Leitungen der ersten Gruppe gestellt. Dies ist nötig, weil sich ihrer beträchtlichen Länge wegen aus wirtschaftlichen Gründen oft keine oder nur unvollständige Reserveverbindungen erstellen lassen. Der Ausfall der grossen in Frage stehenden Energiemengen kann aber die Versorgung grosser Gebiete stören oder gefährden. Für die Leitungen der zweiten und dritten Gruppe sind meist Doppelverbindungen möglich, so dass auch bei geringerer Betriebssicherheit der einzelnen Leitungen die Energieabgabe gewährleistet bleibt.

Aus dieser Sachlage ergeben sich wichtige Bedingungen für den Bau der Leitungen. Für die Leitungen der ersten und besonders wichtig der zweiten Gruppe kommen Baumaterialien, die für Unterhaltarbeiten die Abstellung der Leitungen erforderlich machen würden, nicht in Frage. Sie werden heute fast ausschliesslich als Weitspannleitungen mit eisernen Gittermasten, Rohr- oder Eisenbeton-

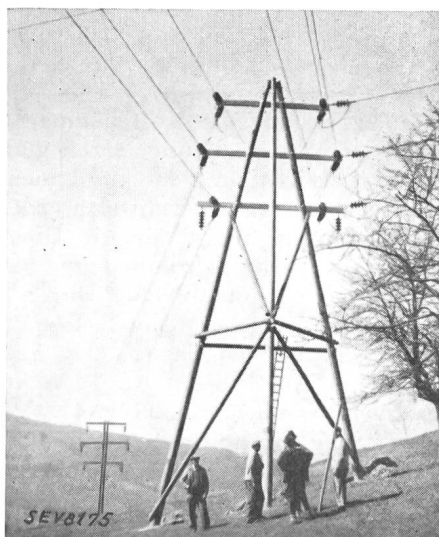


Fig. 1.
Holz im Leitungsbau. 80 kV-Doppelleitung.

masten gebaut. Holz kommt für bleibende Leitungen dieser Art heute nicht mehr zur Verwendung, bleibt dagegen für provisorische Leitungen (Fig. 1) sowie für die Leitungen der zweiten und dritten

Gruppe ein sehr wirtschaftlicher und geschätzter Baustoff.

Ein Mass für die Betriebssicherheit einer Leitung bildet die Zahl der Ausschaltungen durch Relais, hervorgerufen durch Störungen auf der Leitung, pro Betriebsjahr und 100 km Leitungslänge. In Tabelle I sind für einige Leitungskategorien solche Zahlen angegeben.

Störungen bei Leitungen verschiedener Spannung.

Tabelle I.

Betriebsspannung	Mastmaterial	Isolatoren Typ	Zahl der Betriebsstörungen pro Jahr und 100 km Leitungslänge
150 kV	Eisen	Hänge	2,1
80 kV	"	"	4,8 (alte Leitungen)
50 kV	"	"	2
50 kV	Holz	Stütz	6
8 kV	"	"	8,2

Diese Zahlen dürfen nicht direkt auf einzelne Leitungsstrecken übertragen werden, da sie Mittelwerte von mehreren verschieden gebauten Leitungen darstellen.

Bau von Leitungen.

Beim Bau neuer Leitungen werden die Erfahrungen weitgehend berücksichtigt. Störungsfreie Leitungen für alle Witterungsverhältnisse zu bauen, erscheint technisch nicht unmöglich, doch würden die Kosten untragbar sein. Die Schwierigkeit besteht beim Leitungsbau darin, mit wirtschaftlich tragbaren Mitteln ein Höchstmass an Betriebssicherheit zu erreichen. Dass bei Berücksichtigung der Erfahrungen heute in dieser Beziehung viel erreicht werden kann, zeigt das Verhalten neuester Leitungen. Eine solche Leitung für 150 kV von 50 km Länge hat im dreijährigen Betrieb überhaupt keine Betriebsstörung verursacht. Die Bedingungen, die beim wirtschaftlichen Bau störungsarmer Leitungen erfüllt werden müssen, sind mannigfacher Art. Eine solche Leitung muss allen auftretenden mechanischen Belastungen standhalten. Die heutigen behördlichen Vorschriften gehen von der Annahme aus, dass Schneebelastungen auf Leitungen 2 kg/m Seillänge nicht überschreiten. Diese Annahme entspricht den Erfahrungen. Dagegen können Rauhreif- und Eisansätze wesentlich höhere Werte erreichen. Die Behörden können für Gegenden, in denen erfahrungsgemäss grössere Zusatzlasten auftreten, strengere Vorschriften stellen. Die Schwierigkeiten für die Behörden und die Werke bestehen darin, diese Gegenden zu erkennen und die richtigen Belastungswerte zu ermitteln. Es sind gegenwärtig Bemühungen im Gange, die Rauhreifgebiete ausfindig zu machen. Heute ist deren Beurteilung oft noch dem Zufall überlassen, was gelegentlich zu Ueberraschungen führen kann. In der Schweiz sind durch zuverlässige Messeinrichtungen an der Gotthardleitung Zusatzlasten bis 6 kg/m und im Jura solche von 4 kg/m Seillänge ermittelt worden. Ausländische Berichte sprechen von Zusatzlasten von mehr als 20 kg/m; die Genauigkeit dieser Angabe kann aber nicht nachgeprüft werden. Die Leitungen können aus wirtschaftlichen Gründen nicht durchgehend für die nur in wenigen Gegen-

den auftretenden Höchstbelastungen gebaut werden, sondern müssen möglichst den in den einzelnen durchquerten Gebieten zu erwartenden Beanspruchungen angepasst werden.

Eine wesentliche Gefährdung der Leitungen kann zufolge Hochschnellens der Leiter aus dem Abfallen der Zusatzlasten resultieren. Das Hochschnellen der Leiter kann, sofern diese nicht zweckmässig angeordnet sind, zu Kurzschlüssen und Leiterbeschädigungen führen. Bei der Wahl der Leiteranordnung muss daher dem Verhalten der Leiter beim Abfallen von Zusatzlast Rechnung getragen werden. Die Schnellhöhe ist (für die im Leitungsbau vorkommenden Spannweiten und Leiterzüge) um so grösser, je grösser die Spannweite ist, je straffer die Leiter gespannt sind und je leichter die Leiter sind. Da somit die Schnellhöhe vom Leitermaterial abhängig ist, muss zur Erreichung der gleichen Betriebssicherheit die Wahl der Leiteranordnung den Eigenschaften des Leitermaterials entsprechen. Ganz allgemein hat sich die horizontale Leiteranordnung als allen andern überlegen erwiesen, doch lässt sich diese der starken Geländebeanspruchung wegen in der Schweiz nur für wenige Leitungen anwenden.

Mit wenigen Ausnahmen (besonders von Leitungen in Rauhreifgegenden) wurde daher für Leitungen bis und mit 150 kV eine tannenbaumförmige Leiteranordnung verwendet. Den besonderen Materialeigenschaften der Leiter wird dabei durch entsprechende Wahl der Leiterabstände Rechnung getragen (Fig. 2).

Die horizontale Leiteranordnung kommt in Rauhreifgegenden und für Leitungen mit über 150 kV Betriebsspannung zur Verwendung. Die wichtigste solcher Leitungen ist die Gotthardleitung, die

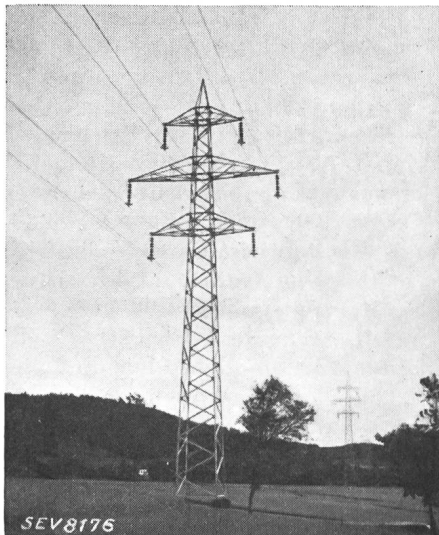


Fig. 2.
150 kV-Doppelleitung.

heute mit 150 kV betrieben wird, deren Maste aber den späteren Uebergang auf ca. 380 kV gestatten. Für den Bau dieser Hochgebirgsleitung mussten ganz besonders alle Erfahrungen berücksichtigt werden (Fig. 3).

Die Vorschriften unterscheiden in bezug auf Mastkonstruktion zwei Kategorien von Weitspannleitungen:

1. solche, bei denen mindestens alle 3 km ein sehr solider und daher schwerer Abspannmast, der meist gleichzeitig als Winkelmast dient, dazwischen aber bloss leichte Tragmaste, zum Abstützen der Leiter, erstellt werden;
2. solche, bei denen auf lange Strecken keine Abspannmaste gebaut werden, sondern bloss Tragmaste, die aber dann solider gebaut werden müssen als für die erste Leitungsart. Die Winkelmaste erhalten dann meist auch Hängeketten.

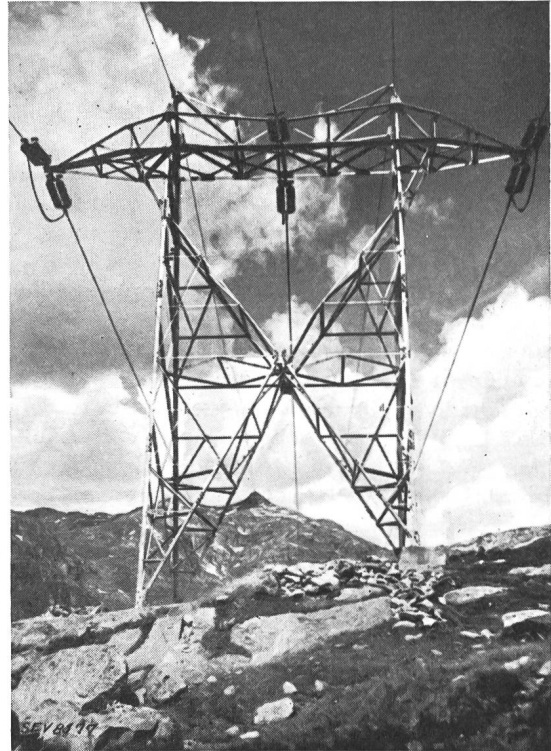


Fig. 3.
Gotthardleitung. Betrieben mit 150 kV. Ausbaubar auf 380 kV.

Beide Systeme haben ihre Vorteile und werden heute in der Schweiz verwendet.

Von Wichtigkeit für die Kosten einer Leitung ist die Wahl der Mastspreizung, deren günstigster Wert unter Berücksichtigung der Fundamentkosten durch Vergleichsrechnungen ermittelt werden kann. Enge Maste erfordern meist für die Diagonalan-schlüsse zwei oder mehr Schrauben und daher an den Anschlußstellen Knotenbleche. Durch stumpfnähtiges Anschweissen der Knotenbleche an die Flanschen der Eckpfosten lassen sich gegenüber den geschraubten Anschlüssen ca. 10 % an Mastgewicht und Kosten einsparen (Fig. 4).

Zur Vermeidung von Leitungsausschaltungen für Unterhaltsarbeiten werden in der Schweiz die Mastoberteile (vielerorts die ganzen Maste) feuerverzinkt. Zufolge der reinen Luft weist hierzulande die Verzinkung ausserordentlich lange Haltbarkeit auf. Die Verzinkung der Maste verunmöglicht allerdings die Vernietung der Mastteile, da vernietete Teile nicht einwandfrei verzinkt und verzinkte Teile nicht ohne Schaden vernietet werden können.

Der Eisenbedarf für vorschriftsgemässe, betriebssichere Leitungen mit Masten aus Winkeleisenfach-

werk beträgt in normalem Gelände rund 15 Tonnen pro km 50-kV-Doppelleitung und 20 Tonnen pro km 150-kV-Doppelleitung. Die Konstruktion geschweisster Maste aus Röhrenfachwerk würde gestatten, rund $\frac{1}{3}$ des Eisengewichtes von Masten gleicher Festigkeit aus Winkeleisenfachwerk mit angeschweissten Knotenblechen einzusparen. Die



Fig. 4.

Mastpfosten mit angeschweisstem Knotenblech.

Kosten solcher Maste sind jedoch des höheren Einheitspreises wegen hier trotzdem heute noch etwas höher. Die Abmessungen der heute vorhandenen Verzinkungsbäder würde das Verzinken verschweisster Mastkörperteile nicht gestatten. Auch dieser Umstand hat bis heute ihre Einführung gehemmt. Betonmaste haben bis heute wenig Eingang gefunden, hauptsächlich weil ihr Transport in unserem Gelände oft teuer und umständlich ist.

Die Wahl des Leitermaterials wird meist auf Grund wirtschaftlicher Untersuchungen getroffen, bei deren Durchführung die dem Material entsprechende Leiteranordnung berücksichtigt werden muss. Entsprechende Leiterdistanzierung vorausgesetzt, lassen sich aus allen heute üblichen Leitermaterialien (Kupfer, Aluminium, Aldrey und Stahlaluminium) Leitungen für die gleiche Betriebssicherheit bauen.

In flachen Gegenden kann der Wind auf straff gespannten Leitern Vibrationen verursachen, die zu Ermüdungsbrüchen der Seiladern führen können. Abhilfe kann entweder durch schwaches Spannen der Seile oder durch Montage von Schwingungsdämpfern oder durch Verwendung von selbstdämpfenden Seilen erzielt werden. Erfahrungen und Versuche haben ergeben, dass schädliche Leiterschwingungen nicht zu erwarten sind, wenn die Leiter so montiert werden, dass die Montagezugspannung in kg/mm² dem Zahlenwert nach höchstens das spezifische Gewicht des betreffenden Leitermaterials erreicht.

Mit fortschreitender Erkenntnis der Vorgänge bei Leitungsstörungen durch Blitzschläge haben sich geeignete Schutzmassnahmen entwickelt. Auf

den Leitungen mit Tannenbaumanordnung der Leiter wird das Blitzfangseil, Erdseil genannt, wesentlich höher angeordnet als früher, um gegenüber den Leitern eine gute Schutzwirkung zu gewährleisten. Erhöht wird diese Wirkung noch, wenn das Erdseil mit weniger Durchhang montiert wird als die Leiter. In gewitterreichen Gegenden werden auch solche Leitungen neustens mit zwei Erdseilen versehen, wie dies bisher schon bei den Leitungen mit horizontaler Leiteranordnung der Fall war.

Wenn Blitzeinschläge in die Erdseile oder Maste erfolgen, entstehen in denselben kurzzeitige hohe Spannungen, bis die grossen Elektrizitätsmengen zur Erde abgeflossen sind. In dieser Zeit können Ueberschläge auf die Leiterseile eintreten (sogen. Rücküberschläge). Um diese zu vermeiden, werden durch gute Erdungen hohe Spannungen auf den Masten verhindert. Ring- und Strahlenelektroden haben sich in gutleitendem Kulturland als genügend wirksam erwiesen. In felsigen oder sandigen Gegenden können oft nur mit Bodenseilen, die in oder nahe der Leitungsachse im Boden von einem Mast zum andern gelegt sind, wirklich gute Erdungsverhältnisse erzielt werden. Solche Seile verhindern gleichzeitig noch die statische Aufladung des schlechtleitenden Bodens unter den Leitungen vor dem Blitzschlag. Dadurch wird verhindert, dass sich nahe der Leitung vom Erdboden aus ein ionisierter Kanal, der dem Blitz entgegenwächst und ihm einen Weg bahnt, ausbilden kann.

Bei Leitungen ohne Erdseile, bei denen also jeder Blitzeinschlag in die Leitung die Leiterseile treffen muss, können mit Ueberspannungsableitern die durch den Blitz verursachten Ueberspannungswellen beim Eindringen in die Stationen geschwächt werden. Der Einbau solcher Apparate ist auch an Leitungen empfehlenswert, die ungünstig angeordnete Erdseile haben oder bei denen sich niedrige Erdungswiderstände nicht erreichen lassen.

Der Rücküberschlag des Blitzes von schlecht gerdeten Masten über die Isolatorenketten könnte zwar auch durch starke Erhöhung der Isolation verhindert werden, doch wäre dies an und für sich schon kostspielig. Dazu würden sehr hohe Ueberspannungswellen nach den Stationen geleitet, deren Apparatur dann, um nicht zerstört zu werden, entsprechend hoch isoliert sein müsste. Die Abstimmung oder Koordination der Isolation zwischen Freileitung und Anlagen ist für einen störungsfreien Betrieb von grösster Wichtigkeit. Zur Vermeidung von Beschädigungen der teuren Apparatur in den Anlagen muss diese immer höher isoliert werden als die Leitung.

Um mehr Einblick in das Wesen und Wirken des Blitzes zu erhalten, wurden in den letzten Jahren mancherorts an Leitungen Messungen mit dem Kathodenstrahloszillographen durchgeführt. Auf einigen Leitungen wurde mittels an den Erdseilen und an den Masten angebrachten Magnetstäbchen die Stromstärke der Blitze festgestellt und mit an den Masten befestigten Drahtschleifen, verbunden mit selbstaufzeichnenden Funkenstrecken (Klydonographen) gelang es, die Stirnteilheit der Blitzwellen für viele Einschläge zu registrieren. Die grössten

bis heute in der Schweiz festgestellten Blitzströme überschreiten 100 000 A. Die damit erreichten Erkenntnisse erleichtern in der Zukunft den Bau von blitzsicheren Leitungen.

Für die Isolation der Weitspannleitungen haben sich nur wenige Isolatorentypen gut bewährt. Unter diesen gewinnt der Vollkern- oder Motor-Isolator wegen seiner Zuverlässigkeit immer mehr Boden. Der neu auf dem Markt erschienene Motor-Longstabilisolator scheint diese Entwicklung noch zu fördern.

Ausblick.

In verschiedenen Gegenden der Schweiz sind noch grosse unausgebaute Wasserkräfte vorhanden. Da die meisten sich in abgelegenen Gegenden befinden, stellt ihre Erschliessung auch grosse Aufgaben an den Leitungsbau. Die grossen, in Frage stehenden Leistungen und Entfernungen werden zum Teil den Bau von Leitungen mit Spannungen höher als 150 kV erfordern.

Bei ihrer Projektierung werden Probleme in den Vordergrund treten, die zwar schon bisher erwogen werden mussten, deren Einfluss aber bei den bisherigen Leitungsbauten in der Schweiz nur selten entscheidend waren. In erster Linie wird das Koronaproblem erhöhte Beachtung erfordern, denn es wird für die Kosten solcher Leitungen wichtig sein,

die minimal erforderlichen Leiterdurchmesser richtig zu ermitteln, dies auch dann, wenn es sich um Hohlseile handelt. Für die Gotthardleitung wurden für den späteren Ausbau auf 380 kV für die Bergstrecken Hohlleiter von 50 mm Durchmesser, für Talstrecken solche von 40 mm in Aussicht genommen. Die durch den SEV begonnenen Versuche werden Klarheit darüber schaffen, ob auch mit geringern Durchmessern auszukommen ist.

Weiter werden die Fragen der elektrischen Netzstabilität stärker berücksichtigt werden müssen. Für einige lange und stark belastete Leitungen wird bald die dynamische Stabilitätsgrenze erreicht werden. Für die erwähnten grossen Leitungsbauten wird bei der Wahl der Spannung und vielleicht sogar des Stromsystems das Stabilitätsproblem ausschlaggebend sein. In den engen Bergtälern der Schweiz ist der Platz für Uebertragungsleitungen sehr beschränkt. Man wird daher vielleicht auch in Gebirgsgegenden versuchen müssen, Doppelleitungen für Spannungen über 150 kV zu bauen. Dabei wird vielleicht die Hochspannungsgleichstromübertragung in Berücksichtigung gezogen werden müssen, da gerade im Gebirge die nur vierdrähtige Gleichstrom-Doppelleitung mit Vollseilen der schwieriger zu bauenden 6drähtigen Dreiphasen-Doppelleitung mit Hohlseilen überlegen sein müsste.

Kabel.¹⁾

Von J. Borel, Cortaillod, und P. E. Schneeberger, Brugg.

621.315.2

In französischer Sprache werden die Gründe erörtert, die zu vermehrter Verwendung von Kabeln zur Kraftübertragung führen und die Bedingungen klargelegt, deren Erfüllung die Sicherheit des Betriebes gewährleisten. In deutscher Sprache wird hierauf der Stand der Kabeltechnik dargestellt, wobei besonders auf die Aussichten und die Erfordernisse der Gleichstrom-Hochspannungs-Uebertragung mit Kabeln und die Technik der Kabel sehr hoher Spannung überhaupt eingegangen wird.

Les auteurs donnent, en français, les raisons qui conduisent à utiliser toujours davantage les câbles pour le transport de l'énergie, et citent les conditions à remplir pour garantir la sécurité de l'exploitation. Ils exposent ensuite, en allemand, l'état actuel de la technique des câbles, en tenant plus particulièrement compte de l'avenir et des exigences des câbles pour le transport d'énergie à très haute tension continue, ainsi que, d'une façon générale, de la technique des câbles à très haute tension.

J. B. — Transmettre de l'énergie électrique par des câbles souterrains, c'est augmenter la sécurité d'exploitation des réseaux par suite

de l'absence de perturbations météorologiques,

de la faible possibilité de la part des hommes de causer des dégâts involontaires ou par malveillance,

de l'amortissement des surtensions par la capacité des câbles.

C'est aussi diminuer les frais d'entretien des réseaux, et c'est enfin, sur le plan esthétique, contribuer à la lutte contre l'enlaidissement des sites qui est la rançon du progrès quand il ne repose que sur des considérations d'ordre strictement matériel.

En regard de ces avantages d'ordres divers, il faut mettre en balance

le prix plus élevé des canalisations électriques souterraines par rapport à celui des lignes aériennes,

la grande capacité des câbles qui entraîne l'emploi de puissantes machines pour mettre la canali-

sation sous tension (capacité qui peut être aussi un avantage: amortissement des surtensions, amélioration du $\cos \varphi$),

le temps relativement long des réparations des accidents dont les câbles peuvent être victimes.

Les avantages et désavantages en quelque sorte complémentaires des câbles et des lignes aériennes, font que chacun de ces deux moyens de transmettre l'électricité a son domaine d'action. La limite de ces domaines, pourtant, n'est pas très précise, et c'est pourquoi, dans les projets, il peut y avoir concurrence entre les câbles et les lignes aériennes. La possibilité de cette concurrence s'est accrue au profit des câbles, car actuellement il n'y a ni tension ni puissance industrielles que les câbles ne puissent tenir ou transmettre.

Rappelons que la transmission d'énergie électrique en courant continu avantagerait nettement les câbles aux dépens des lignes aériennes.

L'un des arguments qui est souvent mis en avant en défaveur des câbles est le temps assez long que nécessitent leurs réparations éventuelles. Cet argu-

¹⁾ Vgl. den Bericht über die Diskussionsversammlung des SEV vom 27. November 1937 über Kabeltechnik. Bull. SEV 1938, Nr. 10 und Nr. 15; Sonderdruck des ganzen Berichtes erhältlich.