

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 20 (1929)
Heft: 6

Artikel: Progrès réalisés au cours de ces dernières années dans la technique de la haute tension
Autor: Imhof, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056811>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 26.11.2025

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

20. Annual Report of the Committee on Instruments and Measurements, presented at the Summer Convention of the A.I.E.E. Denver, Colo., June, 25th to 29th 1928.
21. Zeitschrift für techn. Physik. 1925, S. 153 und 438 und 1926, S. 146.
22. Archiv für Elektrotechnik. Bd. 18, 1927, S. 510. E.T.Z. 1928, S. 227.
23. Archiv für Elektrotechnik. Bd. 18, 1927, S. 48.
Ferner: Sonderheft der Forschungshefte der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen. 1927.
Ferner: Forschungsheft I der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, S. 38–42 u. 47–55.
24. K. Berger. Ueber die Weiterentwicklung des Kathodenstrahl-Oscillographen von Dufour, zur Ermöglichung der Aufnahme von Gewitterscheinungen, sowie anderer Vorgänge kürzester Dauer. Bull. S.E.V. 1928, No. 9, S. 292.
25. K. Berger. Der Kathodenstrahl-Oscillograph als Registrierinstrument, speziell für raschverlaufende Vorgänge. Bull. S.E.V. No. 21, 1928, S. 688.
26. Archiv für Elektrotechnik. Bd. 15, 1925, S. 377.
27. W. Rogowski, E. Sommerfeld und W. Wohnau. Empfindlicher Glühkathoden-Oscillograph für Innenaufnahmen in einem Vorvakuum. Archiv für Elektrotechnik. Bd. 20, 1928, S. 619.
28. E. Sommerfeld. Ueber einen Kathoden-Oscillographen hoher Spannungsempfindlichkeit. Archiv für Elektrotechnik. Bd. 20, 1928, S. 607.
29. H. Müller. Hescho-Mitteilungen 1926, Heft 27, S. 813.
E. S. Lee and C. M. Foust. J. A. E. E. 1927, S. 149.
Müller-Hillebrand. Siemens-Zeitschrift 1927, S. 547.
G. Keinath. 3. Aufl., S. 426.
H. Müller. Hescho-Mitteilungen 1927, Heft 34.
Lee and Foust. General Electric Review, 1927, S. 135–145.
30. Manfred von Ardenne. Ein empfindliches Röhren-Voltmeter für Hochfrequenz. E.T.Z. 1928, S. 565.
31. Schweizer Patent No. 110309, Kl. 66a. 1925.
32. Druckschrift der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G.m.b.H. Die Hescho-Messtange (D.R.P.) zur Ermittlung fehlerhafter Glieder in Isolatorenketten während des Betriebes.
33. Siegmund Strauss. Das Röhren-Elektrometer „Mekapion“ für selbsttätige Einzel- und Dauer-messungen sowie -Registrierungen. E. & M. 1928, S. 1083.
34. Fr. Lindenstruth. Neue Gesichtspunkte für die konstruktive Durchbildung von Schaltwänden und Schaltpulten. E.T.Z. 1928, S. 574.
35. Weitsichtdarstellung von Messgrößen durch Lichtzeiger. Elektro-Journal 1928, S. 334.

Progrès réalisés au cours de ces dernières années dans la technique de la haute tension.

Par M. le professeur A. Imhof, Winterthour.

L'auteur mentionne les théories modernes sur la décharge disruptive, donne des indications sur les matières isolantes, puis passe aux câbles à haute tension et à leurs accessoires. Il traite ensuite les innovations apportées aux traversées, aux isolateurs d'appui et de suspension pour lignes aériennes, enfin les installations modernes des laboratoires d'essai à haute tension. L'article se termine par une liste d'ouvrages et d'articles relatifs à ce domaine.

537.2(09)+621.319.37(09)+621.319.34(09)+621.319.4(09)+621.3(0068)

Der Autor erwähnt die neueren Durchschlagstheorien, macht Angaben über die Isoliermaterialien und geht auf die Hochspannungskabel und ihre Zubehörenden ein. Ferner behandelt er die Neuerungen an Durchführungen, Stütz- und Hängeisolatoren und die modernen Einrichtungen von Hochspannungsprüflaboratorien. Am Schluss wird eine Uebersicht über die einschlägige Literatur gegeben.

La dénomination „technique de la haute tension“ est très générale et comprend, en dehors des câbles et isolateurs à haute tension, un certain nombre de machines et d'appareils. Nous devons réduire ici les limites du sujet, car des aperçus spéciaux sont réservés aux différentes branches sus-mentionnées. Nous nous occuperons principalement des progrès réalisés au point de vue de la construction et plus spécialement des éléments fondamentaux des installations à haute tension, des machines et des appareils, tels que câbles, traversées, isolateurs de support, matières isolantes pour la haute tension, dispositifs d'essai de laboratoires et de fabriques spéciales. Les innovations dans la technique des mesures à haute tension sont traitées dans un autre article.

1^o Travaux de recherche sur les décharges électriques disruptives.

Ces dernières années, on a constaté une très grande activité dans ce domaine. La théorie thermique de K. W. Wagner, ¹⁾ qui admettait des canaux devenant conducteurs à l'intérieur du diélectrique, a fait place à la représentation plus générale

¹⁾ Voir la bibliographie à la fin de cet article.

qu'une perforation de nature thermique peut avoir lieu même si le diélectrique ne comporte aucune inhomogénéité, mais que dans bien des cas la décharge peut être causée par ionisation. La nouvelle théorie thermique repose sur l'idée suivante: La tension appliquée à l'isolant produit en lui des pertes diélectriques qui engendrent un dégagement de chaleur correspondant. L'échauffement occasionné ainsi provoque une augmentation des pertes, qui provoquent à leur tour un plus fort dégagement de chaleur et, par conséquent, une augmentation continue de la température de l'isolant. Lorsque l'isolateur est bien refroidi de l'extérieur et que la tension appliquée n'est pas trop forte, il peut s'établir un état stationnaire dans lequel toute la chaleur développée à l'intérieur de l'isolateur est conduite à l'extérieur, de sorte que la température cesse de croître. Dans le cas contraire, la température augmente sans limite, ce qui provoque la perforation de l'isolateur. Dans des conditions de refroidissement données, il y aura toujours une tension critique pour laquelle la perforation décrite aura lieu infailliblement. Pour l'éviter, on rencontre en pratique des difficultés bien plus sérieuses que s'il s'agit de décharges par ionisation. Ce dernier cas se présente lorsque l'isolant est soumis rapidement à l'effet d'un champ très puissant, ce qui provoque un déchirement des molécules. Suivant Rogowski, surtout dans les isolants à structure cristalline, on se représente que les systèmes de réseaux cristallins sont déplacés l'un par rapport à l'autre et finissent par se déchirer. Des systèmes de fentes préexistants ont une action néfaste en ce sens que, d'une part, ils diminuent la résistance de la matière au déchirement et, d'autre part, permettent aux ions d'obtenir la vitesse nécessaire, même dans des champs électriques faibles.

Paul Böning cherche à établir une théorie de la décharge disruptive en rapport avec la nature colloïdale de la plupart des isolants, et en tire une certaine fonction. Cette théorie repose sur le fait expérimental que la conduction dans les isolants est de nature électrolytique. On en déduit que des canaux remplis d'électrolyte doivent se former dans les isolants. Elle fait appel aussi au phénomène de l'absorption ionique aux surfaces limites, qui consiste en ceci: à la limite de deux milieux dont l'un contient des ions dissociés, une partie des cations ou des anions est absorbée (ions limites), tandis que la même quantité d'ions de signe contraire reste libre (ions complémentaires). Sous l'influence d'une tension continue, les ions électrolytiques deviennent porteurs d'un courant électrique entre les électrodes. Le canal joue le rôle d'une dérivation au condensateur, le rend ainsi imparfait et provoque un dégagement de chaleur. Les ions complémentaires libres sont éliminés par les forces du champ. Les ions limites restent à leur place jusqu'à une certaine intensité du champ qui, lorsqu'elle dépasse une certaine valeur, provoque la décharge, c'est-à-dire une précipitation des ions limites à travers le canal avec dégagement de chaleur très intense.

Böning trouve pour la répartition de la tension la fonction suivante:

$$U = a d + \frac{\beta}{2} d^2$$

et pour la décharge disruptive

$$U = a d - b d^2,$$

U désignant la différence de potentiel, d l'épaisseur du diélectrique, a , β , a et b des constantes; ces deux fonctions ont été confirmées expérimentalement pour plusieurs diélectriques, comme le mica, la micanite, le caoutchouc et le papier imprégné.

En 1926, Rogowski a rendu attentif aux anomalies qui surgissent lors des à-coups de tension et que la théorie de la décharge disruptive dans les gaz, de Townsend, généralement reconnue jusqu'à présent, n'explique pas; ici, la décharge a lieu en réalité 100 à 1000 fois plus vite qu'on ne devrait s'y attendre d'après la théorie de Townsend. En 1928, Rogowski confirme ses objections de la façon la plus certaine et fait ressortir d'autres difficultés qui contraignent à modifier la théorie admise dans ses principes mêmes.

Parmi les noms qui sont étroitement liés aux recherches sur cette matière, on peut citer Rogowski, Wagner, Günther-Schulze, Joffé, Schumann, Semenoff, Walther, Dreyfuss, v. Fock. On trouve des indications de sources très détaillées dans le livre de Semenoff et Walther intitulé: les bases physiques de la rigidité diélectrique. La plupart des travaux ont été publiés dans l'„Archiv für Elektrotechnik“.

2° Matières isolantes.

La fabrication des matières isolantes a emprunté ces dernières années des méthodes beaucoup plus scientifiques. On a commencé par une classification systématique des isolants et, dans quelques Etats, on a édicté des prescriptions d'essai normalisées afin d'obtenir des données comparatives.

On a utilisé de plus en plus des résines synthétiques. Les papiers imprégnés ont subi quelques améliorations dans le sens d'une plus grande homogénéité du matériel, meilleure adaptation au but envisagé, diminution des pertes diélectriques et de leur dépendance de la température, augmentation de la conductibilité thermique. L'industrie suisse spécialement n'a reculé devant aucun sacrifice à ce point de vue. L'industrie céramique a fait des recherches très approfondies sur la porcelaine électrotechnique, ce qui a permis de notables améliorations du matériel et de la construction. Les „Mitteilungen der

Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G.m.b.H.“, 1928, fascicule 39, contiennent là-dessus des indications très intéressantes. La résistance à la traction a été notablement accrue par rapport à celle des porcelaines plus anciennes, ce qui a été pour beaucoup dans le succès des isolateurs de lignes à haute tension dits „imperforables“. On a étudié systématiquement l'influence de la glaçure sur les propriétés mécaniques de la porcelaine et trouvé que cette influence est loin d'être négligeable. D'autres produits céramiques se sont introduits de plus en plus dans l'électrotechnique. Nous citerons, par exemple, la stéatite qui se maintient grâce à son retrait minime et à ses excellentes qualités mécaniques et électriques. Pour des raisons techniques de fabrication, le grès se prête tout particulièrement à la confection de pièces isolantes de grandes dimensions. Les principales fabriques opposent naturellement à la méfiance, qui règne encore, des résultats de mesures très détaillés.

Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G.m.b.H.“, 1928, fascicule 39, contiennent là-dessus des indications très intéressantes. La résistance à la traction a été notablement accrue par rapport à celle des porcelaines plus anciennes, ce qui a été pour beaucoup dans le succès des isolateurs de lignes à haute tension dits „imperforables“. On a étudié systématiquement l'influence de la glaçure sur les propriétés mécaniques de la porcelaine et trouvé que cette influence est loin d'être négligeable. D'autres produits céramiques se sont introduits de plus en plus dans l'électrotechnique. Nous citerons, par exemple, la stéatite qui se maintient grâce à son retrait minime et à ses excellentes qualités mécaniques et électriques. Pour des raisons techniques de fabrication, le grès se prête tout particulièrement à la confection de pièces isolantes de grandes dimensions. Les principales fabriques opposent naturellement à la méfiance, qui règne encore, des résultats de mesures très détaillés.

Quant aux huiles isolantes, il existe aussi en Suisse, depuis 1925, des normes relatives à leur essai. Les machines à force centrifuge sont toujours plus employées pour la régénération des huiles.

De nombreuses recherches expérimentales ont enrichi nos connaissances sur l'huile en tant que diélectrique. Nous ferons remarquer tout spécialement les travaux très fouillés de Nikuradse: „Untersuchungen über Spitzenentladungen in Trans-

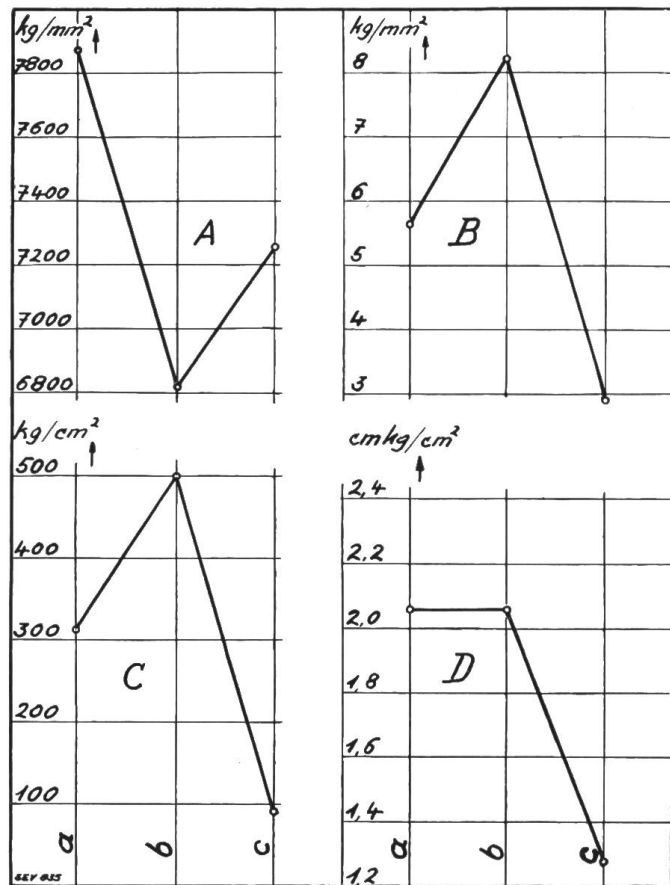


Fig. 1.

Influence de la glaçure sur quelques propriétés mécaniques des isolateurs en porcelaine.

- | | |
|--|-------------------------|
| A = module d'élasticité. | a = sans glaçure. |
| B = résistance à la flexion. | b = glaçure appropriée. |
| C = résistance à la traction. | c = glaçure inadéquate. |
| D = résistance à la flexion sous choc. | |

formatorenöl“ et de Fr. Wöhr: „Die Durchschlagsspannung zwischen scharfen Kanten unter Oel“. Ce dernier travail contient de précieux résultats pouvant servir aux calculs pratiques de la résistance diélectrique.

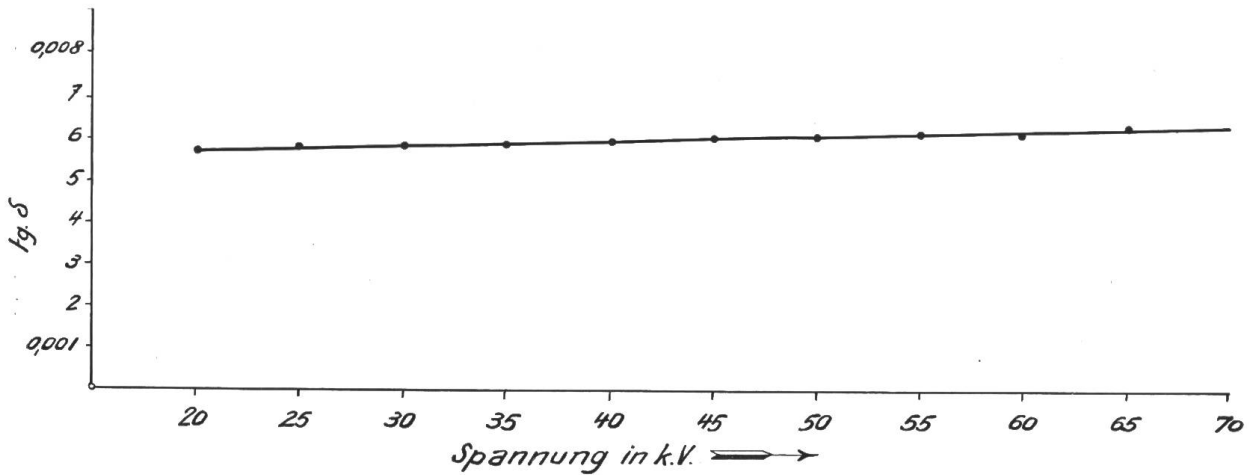


Fig. 2. Angle des pertes diélectriques (δ) d'un câble à haute tension (50 kV) à un conducteur ($1 \times 180 \text{ mm}^2$) pour la S. A. des Forces Motrice de l'Oberhasli.

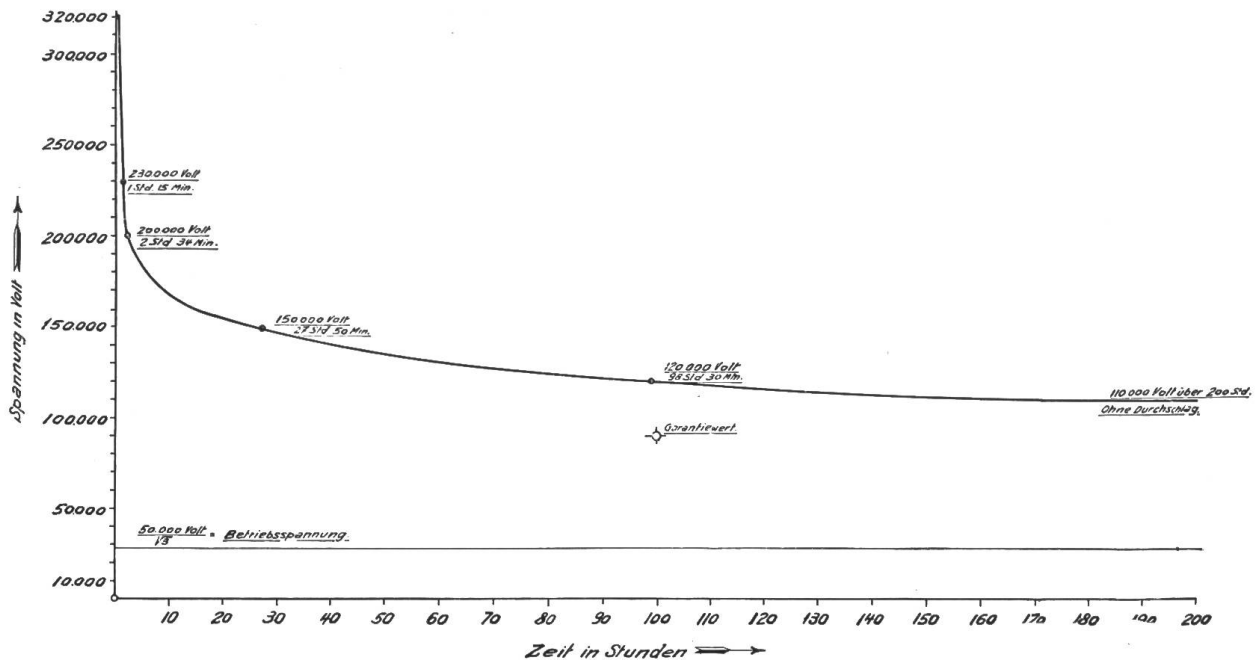


Fig. 3. Courbe de percement (tension en volts) en fonction du temps (en heures), pour le câble de la fig. 2. Betriebsspannung = tension de service. Garantiewert = valeur garantie.

Ce qu'il y a de caractéristique à l'heure actuelle, c'est la publication de nombreuses données quantitatives touchant les isolants. Mais les chiffres avancés de différents côtés présentent en général des écarts beaucoup plus prononcés que lorsqu'il s'agit de métaux.

3^o Câbles à haute tension²⁾.

La technique des câbles a fait de très grands progrès. L'emploi de câbles à haute tension, notamment pour des tensions nominales de 50 kV et au-dessus, a beaucoup augmenté. Les tensions de service atteignent maintenant 150 kV. Une étude approfondie des matières isolantes, toujours accompagnée de mesures, a contribué en premier lieu au succès obtenu. On a choisi des papiers convenables, on a raffiné les huiles et les résines, on a amélioré les procédés de séchage et d'imprégnation.

²⁾ L'article de P. E. Schneeberger „Hochspannungskabel“ donne un excellent aperçu de l'état actuel de la technique des câbles à haute tension (Schweizerische Technische Zeitschrift 1927, No. 38, page 614).

Comme critère de la qualité, on a reconnu la variation de l'angle de perte en fonction de la tension (voir fig. 2). Chaque coude de la courbe représente un phénomène d'ionisation dans le diélectrique.

Des papiers choisis judicieusement et de densité variable avec le rayon permettent une meilleure utilisation du matériel isolant. Des essais de rupture ont donné des intensités de champ de rupture de plus de 300 kV_{eff}/cm pour une augmentation de la tension de 20 kV par minute.

Les usines Pirelli ont lancé un câble creux rempli d'huile, pour une tension de service de 132 kV. Le diélectrique de ce câble est imprégné d'une huile très fluide, maintenue sous une certaine pression, afin que des espaces libres pouvant accidentellement se former se remplissent de nouveau tout de suite. L'amenée de l'huile s'opère par le conducteur tubulaire et présentant la forme d'un ressort à boudin.

La tendance à mieux utiliser le diélectrique du câble a conduit Silbermann à diviser la couche isolante, par l'introduction d'armatures métalliques formant condensateurs, comme le représente la fig. 4. Pour ne pas obtenir un champ trop puissant au voisinage du conducteur, on donne à ce dernier un diamètre relativement élevé. Pour éviter un gaspillage du cuivre, on donne au conducteur une section creuse et on en remplit l'intérieur d'une matière appropriée, jute ou autre. Tandis qu'un câble normal forme un condensateur, avec le conducteur et l'enveloppe de plomb comme armatures, le conducteur est entouré ici d'isolant des deux côtés. Le condensateur intérieur le plus rapproché du conducteur est branché en parallèle avec le condensateur extérieur le plus rapproché du même conducteur, le second vers l'intérieur avec le second vers l'extérieur et ainsi de suite, de façon à obtenir une série de capacités de valeur à peu près égale. Les connexions se font dans les boîtes d'extrémité.

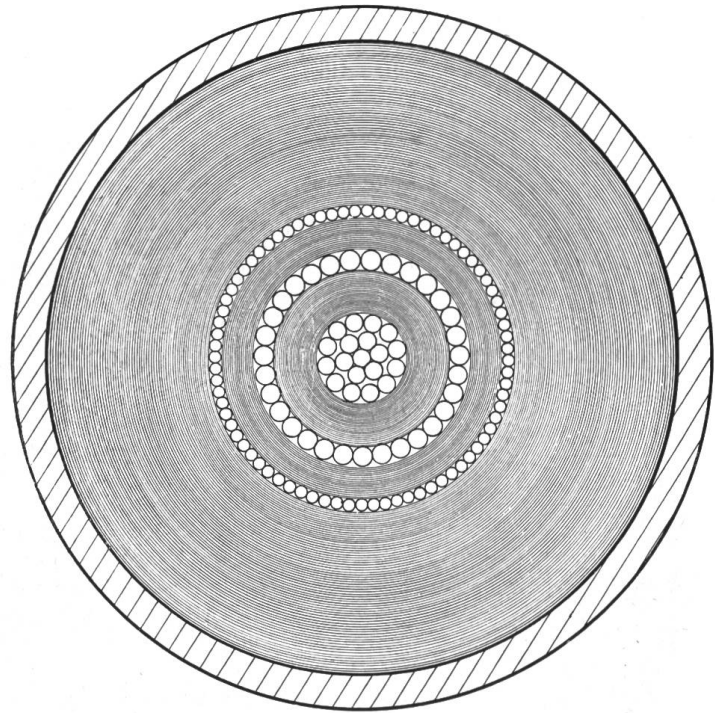


Fig. 4.

Section d'un câble, système Silbermann, de 1×100 mm² de section, pour une tension de service de 132 kV.

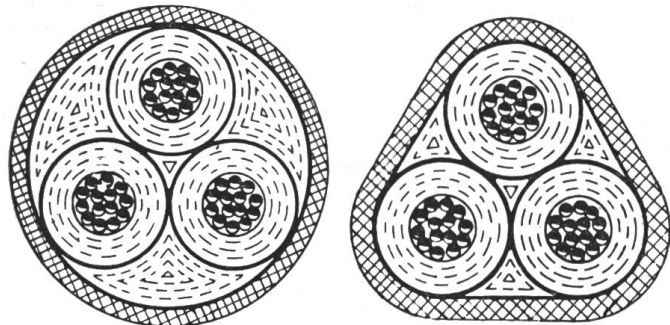


Fig. 5.

Câble à haute tension, Hochstetter, construction ronde ordinaire et construction en triangle (System Sonnenfeld).

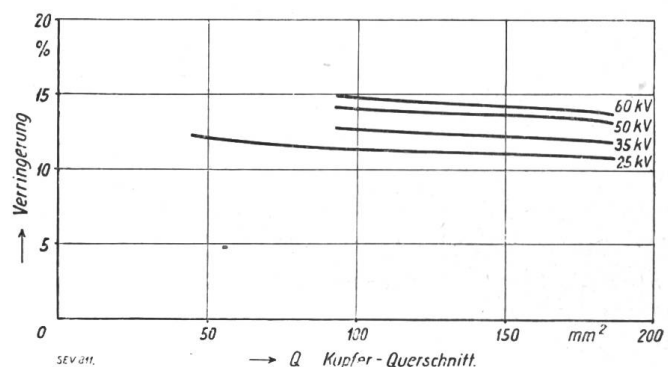


Fig. 6.

Réduction de poids d'un câble à haute tension non armé système Hochstetter, grâce à l'application du principe de Sonnenfeld. Verringerung = réduction. Kupferquerschnitt = section de cuivre.



Fig. 7.

Exécution, dans une caisse spéciale, d'un raccord à enroulement pour un câble à 50 kV de la S. A. des Forces Motrices de l'Oberhasli.

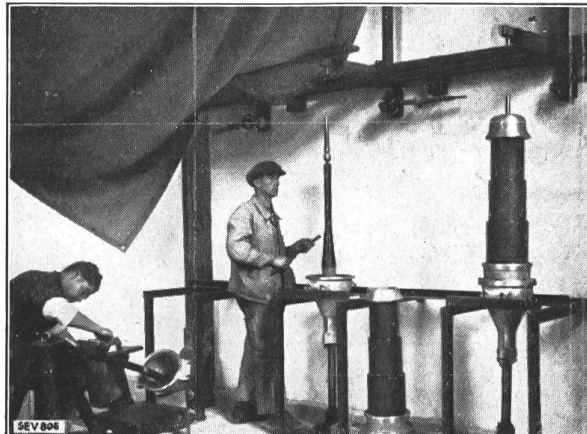


Fig. 8.

Montage des boîtes d'extrémité d'un câble à 50 kV de la S. A. des Forces Motrices de l'Oberhasli.

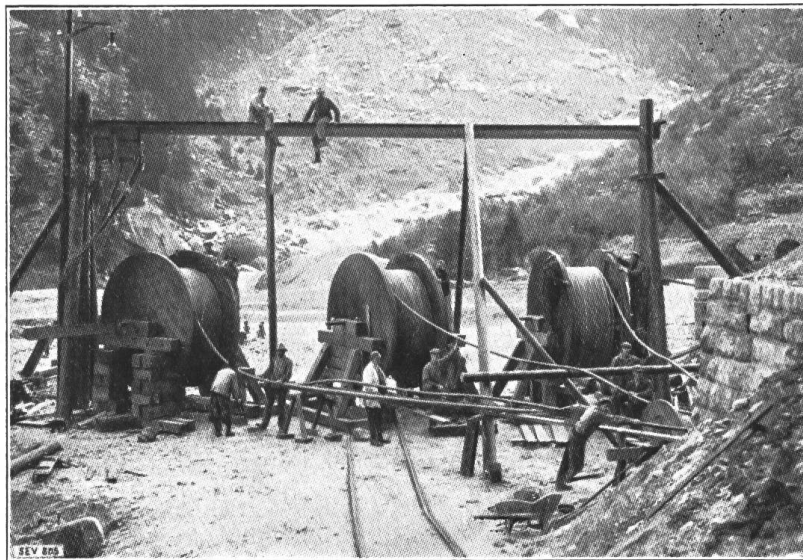


Fig. 9.

Pose des trois câbles à 50 kV de la ligne Handeck-Guttannen (5,2 km), de la S. A. des Forces motrices de l'Oberhasli, en tronçons de 900 m env. (180 mm² de section), livrés moitié par les Câbleries de Brougg et moitié par la maison Felten & Guillaume.

Les câbles pour courant triphasé ont aussi subi des améliorations notables. D'après Hochstetter on entoure, avant de les toronner, chacun des trois conducteurs isolés d'une mince gaine conductrice, de sorte que les espaces compris entre les conducteurs sont déchargés électriquement et que les champs électriques se comportent comme dans les câbles à courant monophasé. En principe, il n'y aurait donc plus aucune différence quant à la tension maximum applicable à des câbles à un ou trois conducteurs, si ces derniers ne devenaient trop

peu flexibles par suite des fortes couches d'isolant nécessaires. On a repris une ancienne idée en supprimant l'enveloppe de plomb commune et en entourant chacun des conducteurs isolés d'une gaine de plomb propre. Ces gaines sont munies de rainures afin qu'on puisse les faire aussi minces que possible, sans leur faire perdre de leur résistance mécanique.

La Fabrique de Câbles S. A. Bratislava a réalisé une amélioration par son câble „Type S“ (d'après Sonnenfeld). Ici la forme ronde de la gaine de plomb est remplacée par une forme polygonale, triangulaire pour des câbles à trois conducteurs. De cette manière, les espaces compris entre les conducteurs sont réduits à un minimum et on économise aussi du papier isolant, de l'huile d'imprégnation et du plomb. L'émission de la chaleur est plus favorable, car une partie des lignes de courant sont raccourcies. La capacité de charge vis-à-vis de celle des câbles ronds est accrue de 3 à 6%, la réduction du poids atteint 6 à 15% et la flexibilité est augmentée.

La construction des manchons de raccordement, qui donna pendant des années du fil à retordre aux fabricants, a pu être sensiblement améliorée récemment. La sécurité de fonctionnement d'un manchon confectionné avec soin n'est plus inférieure

désormais à celle du câble lui-même. On sait que dans les installations de câbles à haute tension on n'utilise plus que les „manchons à enroulement“, dans lesquels les deux extrémités de câbles à raccorder sont dénudées graduellement, puis une isolation commune reconstituée au même endroit. On réalise de la sorte à la jonction un diélectrique analogue à celui du câble, et l'on obtient par conséquent des contraintes diélectriques favorables. Il est important surtout, dans ce système de raccordement, d'éviter le plus possible les infiltrations d'humidité. Un nouveau dispositif a été appliqué au montage des câbles à 50 kV dans le tunnel de la S. A. des Forces Motrices de l'Oberhasli à Innertkirchen, entre la Handeck et Guttannen. La reconstitution du diélectrique du câble a été exécutée à la main, à l'intérieur d'un coffret spécial, d'après les indications de E. Schneeberger-Brougg (fig. 7). En chauffant électriquement et, si c'est nécessaire, en faisant circuler un courant d'air sec, il est possible de réduire l'humidité de l'air à une valeur insignifiante. Ce nouveau dispositif de montage a été mis au point par le laboratoire des Câbleries de Brougg S. A.

Les boîtes d'extrémité elles aussi (fig. 8) ont subi un développement analogue. On a voué les plus grands soins à une répartition favorable du champ à l'intérieur de l'isolateur, c. à. d. dans le cône terminal, de même que le long de l'isolateur lui-même. La décharge de l'isolateur est réalisée grâce au procédé de l'auteur, destiné à éviter les décharges par aigrettes et lueurs au bord de la joue, endroit exposé aux contraintes diélectriques les plus fortes.

La fig. 9 donne une vue intéressante des travaux de pose des câbles à 50 kV de la S. A. des Forces Motrices de l'Oberhasli.

On trouvera des renseignements sur les nouvelles tendances au sujet des essais de câbles, dans les rapports présentés à la 4^{me} session de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension, 1927 (voir p. ex. dans le compte-rendu de cette session le rapport du Dr. K. Konstantinowsky, qui a paru aussi en allemand dans E. et M. 1927, fascicule 40 p. 831, sous le titre „Neuerungen auf dem Gebiete der Isoliermittel-Technik“). Proos a démontré que, à côté des essais de tension et des mesures d'angle de perte généralement répandus et des essais de flexion, la caractéristique tension-temps est spécialement nécessaire pour reconnaître les qualités mécaniques. En développant une proposition de Soleri, Delon a proposé de déterminer la tension-limite supportée à l'infini, par extrapolation de la courbe tension-temps. Le rapport de la tension-limite à la tension de service donne le coefficient de sécurité du câble. Un comité a été constitué à Paris pour l'étude des questions touchant aux essais de câbles à haute tension.

4^o Traversées.

Ces dernières années ont aussi vu un développement des isolateurs de traversée. Des fabriques spéciales d'isolants et d'isolateurs se sont de plus en plus occupées de cette branche. Comparativement aux câbles il existe une simplification dans la construction des traversées, dans ce sens que les épaisseurs du diélectrique ne sont pas aussi limitées, mais on se trouve en face d'autres complications: le problème des bords, la possibilité que le milieu ambiant soit de l'huile chaude, le fait qu'une enveloppe de plomb protégeant de l'humidité manque complètement. On constate tout d'abord que les tensions de service ont été portées jusqu'à 220 kV et même plus haut dans des stations d'essai. La fabrique de porcelaine d'Hermsdorf a par exemple construit des traversées en porcelaine pour son local d'essai pouvant supporter 500 kV contre la terre. Ces dernières ont une longueur de 5,3 m sans leur armature; le poids de la porcelaine est de 1300 kg par pièce et le diamètre intérieur de la partie médiane 750 mm. Les traversées en porcelaine remplies de masse compound ont fait place de plus en plus aux traversées remplies d'huile, car la masse compound a différents désavantages: formation de bulles à la coulée, danger d'incendie, dilatation par échauffement pouvant amener la dislocation de l'enveloppe en porcelaine. Par le choix de dimensions suffisantes, par l'utilisation d'électrodes avançant dans l'huile et arrondies à leur extrémité, en partie aussi par l'application du principe du condensateur de Nagel, les traversées

à huile ont été perfectionnées de façon à permettre des tensions de service atteignant 220 kV. Ces dernières années, on s'est occupé spécialement des condensateurs de traversée, dont le diamètre est sensiblement plus petit et dont le transport est beaucoup plus commode. Les progrès concernent ici spécialement les papiers durs (papiers imprégnés de résines synthétiques), dans le sens d'une réduction de leur angle de perte, d'une plus faible dépendance de la température et d'une plus grande conductibilité thermique, mais sont dus en partie aussi à un choix judicieux des dimensions, basé sur les résultats de nombreuses mesures, et à une ingénieuse répartition axiale et radiale du potentiel. Des traversées semblables, munies d'une cape en porcelaine, sont construites avec succès pour des installations en plein air. L'espace compris entre le corps proprement dit de l'isolateur et la gaine de porcelaine est rempli d'une masse coulée isolante et élastique, qui a pour but de protéger l'intérieur contre l'eau de condensation, sans être soumise à une forte charge électrique.

On a proposé différents moyens pour le refroidissement des traversées à haute tension. L'un d'eux consiste à diviser la traversée en plusieurs isolateurs partiels concentriques; un autre prévoit une division telle que les joints de séparation aient la forme d'une surface conique à génératrice droite ou incurvée et que l'huile de refroidissement puisse circuler dans les joints ainsi formés. Dans certains systèmes l'huile circule librement par l'effet des couches plus chaudes, dans d'autres l'huile est soumise à une circulation forcée. Une autre solution consiste à refroidir le conducteur central en l'entourant d'une couche d'huile ou d'un liquide s'évaporant facilement et en communication avec l'atmosphère. (Brevet U. S. A. 1,567,206, 1925). Enfin, on a aussi proposé d'empêcher la transmission de la chaleur de l'huile du transformateur à celle de la borne de sortie, par des couches isolantes au point de vue thermique. Mais c'est à peine si l'une ou l'autre de ces mesures, un peu recherchées, a trouvé un retentissement pratique dans la technique.

On rencontre des problèmes analogues à ceux des traversées dans la construction des boîtes d'extrémité des câbles à haute tension. Dans la règle, on fait de bonnes expériences avec les boîtes d'extrémité remplies de masse compound. D'une part, les limites de température sont plus étroites que pour les bornes de transformateur, et de l'autre, on choisit des dimensions relativement fortes.

On construit aussi maintenant des traversées tout entières en porcelaine pour des tensions plus élevées que par le passé. On trouve, par exemple, dans les „Hescho-Mitteilungen“ (1926, 29/30) la description de traversées en porcelaine pour installations intérieures et extérieures comportant plusieurs parties de porcelaine coaxiales, en forme de tubes et construites pour des tensions nominales de 100 kV. Le catalogue 1926/27 de la Ohio Brass Co. contient des traversées en 4 pièces tout en porcelaine pour une tension nominale de 88 kV, ainsi que des traversées à huile pour 220 kV, comprenant en dehors de l'enveloppe de porcelaine trois tubes de porcelaine coaxiaux.

5^o Isolateurs d'appui et de suspension pour lignes aériennes.

Les formes des isolateurs d'appui en porcelaine, qui ont subi maint et maint changement au cours des années, sont devenues à peu près définitives. On en reste à l'isolateur à cloche Delta, du type connu (fig. 10). En Allemagne, le VDE a édicté des normes pour ces isolateurs jusqu'à 35 kV. Pour les hautes tensions, l'isolateur à large chape est le plus répandu (fig. 11). En Allemagne, on a généralement peu confiance en certains ciments spéciaux comme la permanite, ou dans le procédé américain dit de sablage, car on manque encore d'expériences suffisamment longues pour pouvoir se prononcer. C'est pourquoi, depuis peu, les pièces des isolateurs multiples sont vissées l'une sur l'autre de telle façon que le filetage de la pièce supérieure, muni de ciment approprié, soit vissé sur la partie inférieure également filetée, mais dépouillée auparavant de sa glaçure sur la partie filetée (utilisés jusqu'à des tensions de jaillissement de l'étincelle à sec de 180 kV). On a aussi réussi à fabriquer parfaitement des pièces en porcelaine épaisses, de

sorte qu'on a pu faire d'assez gros isolateurs d'une pièce, par exemple des isolateurs à large chape pour une tension de jaillissement de 157 kV. On constate une forte tendance à fabriquer des isolateurs dits imperforables, chez

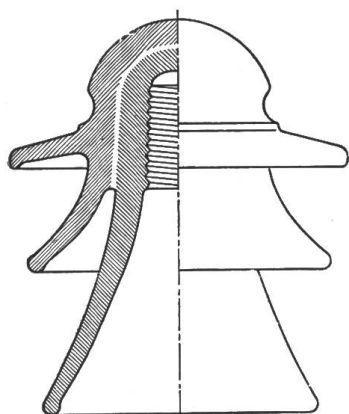


Fig. 10.
Isolateur „Delta“.

lesquels le support en fer ne pénètre que très peu dans le corps de l'isolateur. On fait même des isolateurs massifs dont la base est encastrée dans une armature métallique. En d'autres termes, on cherche à construire l'isolateur pour lignes aériennes d'après les mêmes principes que l'isolateur pour installations intérieures, en le munissant seule-

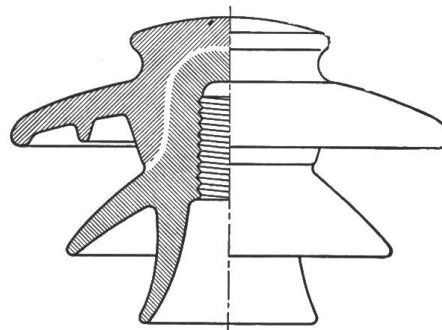


Fig. 11.
Isolateur à large chape.

ment de chapes protectrices contre la pluie (d'après le catalogue Hescho, jusqu'à une tension de jaillissement de 104 kV.). Ce dernier possède une chape très large, ce qui augmente notablement le chemin de jaillissement de l'étincelle sous pluie entre le conducteur et le support métallique. Les contours du noyau de l'isolateur suivent à peu près les lignes de force du champ électrique, tandis que les chapes protectrices suivent les surfaces de niveau équipotentielles. Par ce moyen, on évite de surcharger l'air dans les espaces compris entre les différentes cloches de l'isolateur, de sorte que les phénomènes de décharge ne se produisent que peu avant le jaillissement de l'arc.

Les chaînes d'isolateurs sont généralement répandues pour des tensions supérieures à 50 kV. Elles sont même souvent utilisées pour des tensions bien inférieures. Ces dernières années n'ont pas amené de constructions nouvelles marquantes, mais on remarque de plus en plus une certaine antipathie pour les isolateurs assemblés au ciment, de sorte que des types d'isolateurs sans ciment, comme l'isolateur de suspension à tête ronde et l'isolateur à anneaux en V, se sont très fortement répandus. D'une manière croissante, on préfère les isolateurs imperforables du type „Motor“. On a augmenté la résistance à la traction de la porcelaine dans une proportion telle que les efforts de traction intervenant n'entrent plus en ligne de compte. Pour des tensions de 10 à 35 kV, on a tenté ces dernières années d'introduire des petits isolateurs de suspension.

Depuis que des verres à forte teneur en quartz (pyrex), caractérisés par leur faible coefficient de dilatation, sont apparus dans la technique, on fait de nouveaux efforts pour introduire les isolateurs en verre en Europe, spécialement en Italie et en France. La forme de ces isolateurs en verre est la même que celle des isolateurs en porcelaine. Mentionnons enfin que l'action et la conformation judicieuse des cornes de protection ont été étudiées très soigneusement.

6^o Dispositifs d'essai.

Plusieurs laboratoires d'essai à haute tension remarquables ont été créés au cours de ces dernières années. On a accordé plus d'attention aux dispositifs d'essai. Déjà les transformateurs d'essai à air libre de la maison Haefely et Cie., S. A. ont découlé de cette considération que les cuves d'huile et les traversées deviennent, hors de toute proportion, trop grandes et trop chères pour les très hautes tensions. Tandis que les transformateurs Haefely possèdent des enroulements monocylindriques, la S. A. des appareils à haute tension à Cologne a construit d'après Fischer des transformateurs à air libre, caractérisés par la disposition des enroulements sur plusieurs cylindres coaxiaux, séparés l'un de l'autre par une certaine distance

d'air et dont les enroulements respectifs diminuent graduellement de hauteur en s'éloignant du centre, un peu comme les armatures des condensateurs de traversée. Les cylindres d'enroulement de l'un des noyaux sont branchés en série avec ceux de l'autre noyau par des connexions horizontales. Les usines Brown, Boveri & Cie. ont construit des transformateurs d'essai de puissance respectable, caractérisés par leur encombrement très réduit et dont quelques unités peuvent produire une tension de 750 kV. Le noyau de fer est dans l'air, les enroulements dans l'huile et les cuves pour l'huile ne sont pas en tôle mais en papier dur, ce qui n'empêche pas leur étanchéité absolue. En Suisse, le local d'essai de la S.A.

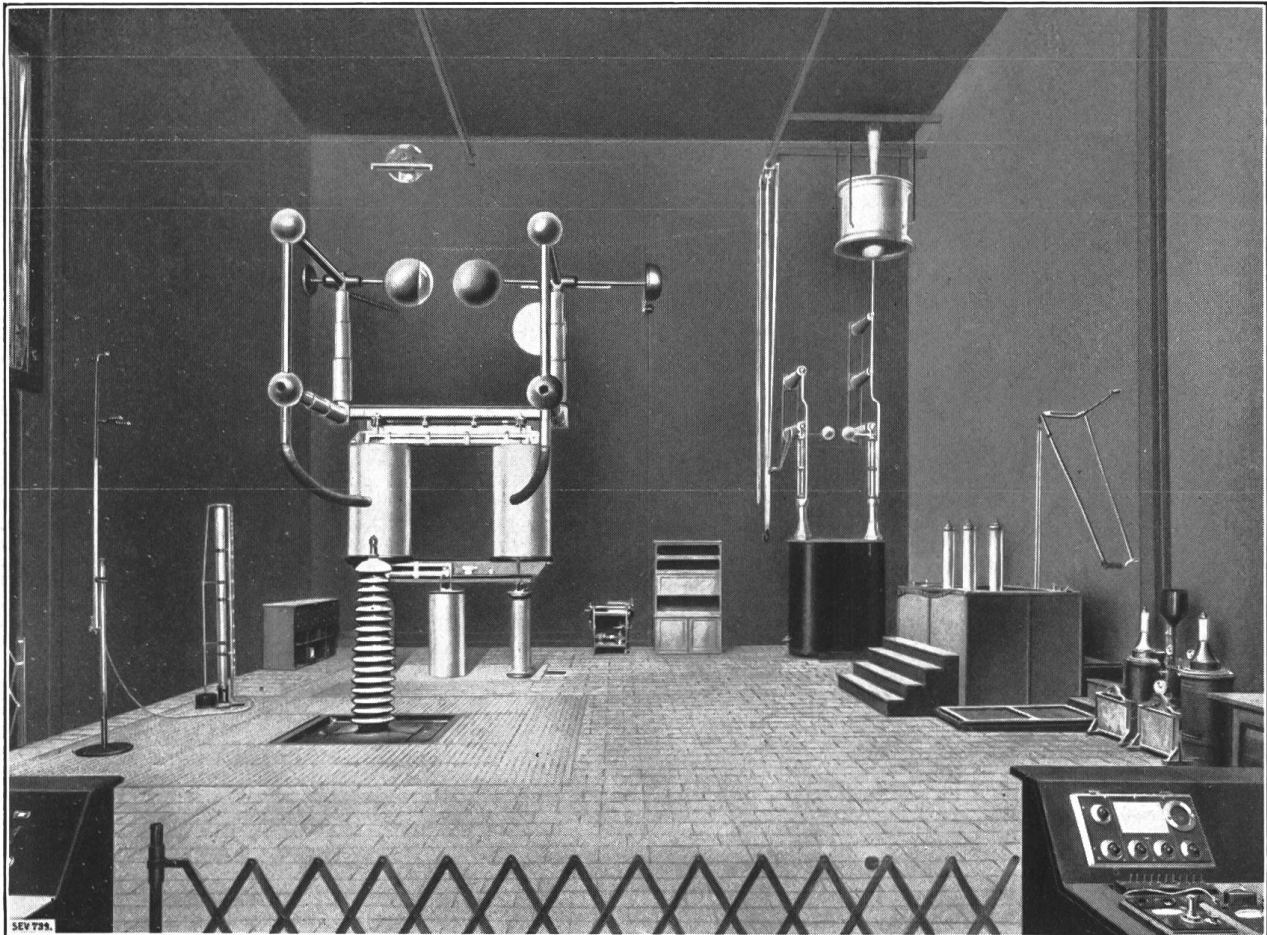


Fig. 12.

Laboratoire d'essais à très haute tension de la S. A. Micafil (Altstetten-Zurich).

Micafil (fig. 12) et le local d'essai des appareils de Brown, Boveri & Cie. ont été équipés avec les premiers de ces transformateurs.

On a référé dans un autre article sur les *dispositifs de mesure* pour les hautes tensions.

En Europe aussi les dispositifs d'essai à haute fréquence et à tension de choc sont fréquemment utilisés pour l'essai des isolateurs de lignes aériennes, des transformateurs, etc. Les isolants de nature organique sont essayés de plus en plus au moyen de la mesure des pertes diélectriques, critère important sinon complet.

La fabrique de porcelaine d'Hermsdorf-Schomburg a construit dernièrement une machine à essayer, permettant de soumettre à des vibrations longitudinales, transversales et de torsion les différents isolateurs et chaînes d'isolateurs, la fréquence de ces vibrations pouvant varier de 10 à 1000 par minute. Les pièces à essayer peuvent encore être soumises simultanément à un effort de traction et à une charge électrique. La même maison a construit une cabine d'essai pour l'étude des isolateurs fortement salis.

Des méthodes expérimentales pour la détermination de la répartition statique du champ ont trouvé quelques applications isolées, par exemple la méthode des fétus de paille et des tubes au néon, la méthode électrolytique et la méthode capacitive.

Pour mesurer la tension disruptive sans surcharger les bords des électrodes, E. Marx a recours à un procédé qui repose sur l'augmentation, proportionnelle à la pression, de la rigidité diélectrique des isolants. Les objets à examiner ainsi que les électrodes sont plongés dans le liquide sous pression.

7^o Isolement à haute tension des machines électriques.

Les isolements à haute tension des machines n'ont pas subi de changements importants ces derniers temps. Dans les transformateurs, les anneaux protecteurs servant à séparer les enroulements de leurs brides d'appui sont devenus d'un emploi général. Pour réduire sensiblement le poids du fer et de l'huile, on a introduit les bagues de papier dur, connues en Amérique déjà depuis des années.

Les turbogénérateurs de très grande puissance (p. ex. les alternateurs B B C de 80 000 kW pour la centrale de Hellgate³⁾) ont posé le problème de la construction des canaux isolants dans les encoches, de manière que les différences considérables de dilatation par la chaleur entre le métal et l'isolement n'amènent pas la destruction des canaux.

En ce qui concerne l'essai des machines, on a proposé à l'occasion de la 4^{ème} session de la Conférence Internationale des Grands Réseaux électriques à haute tension à Paris de déterminer, à côté de l'essai de tension, comme pour les câbles, la tension-limite (voir page 165), qui doit être environ 1,2 à 1,5 fois plus forte que la plus haute surtension pouvant se présenter en service.

Bibliographie.

1. Mathematische Theorien über den Durchschlag fester Isoliermaterialien. Dr. Ing. *Dreyfuss*, Basel, Bull. S. E. V. 1924, S. 321 und 577.
2. Der Durchschlag fester Isolierstoffe als Folge ihrer Erwärmung. *K. Berger*, Bull. S. E. V. 1926, S. 37. — B. B. C.-Mitteilungen 1926, S. 115.
3. Zur Theorie des Wärmegleichgewichtes fester Isolatoren. *K. Berger*, E. T. Z. 1926, S. 673.
4. Versuche zur Natur des elektrischen Durchschlages. *W. O. Schumann*, Z. Techn. Phys., Bd. 6 1927, S. 439.
5. Durchschlag von Isolatoren bei hohen Temperaturen. *L. Inge* u. *A. Walther*, Z. Phys., Bd. 34 1927, S. 15.
6. Der Durchschlagmechanismus an festen Isoliermitteln. *P. L. Hoover*, J. A. I. E. E., Bd. 45, Sept. 1926 (Auszug in E. und M. 1927, S. 371).
7. Zur Wärmetheorie des elektrischen Durchschlages. *V. Fock*, A. f. E., Bd. 19 1927, No. 1, S. 71.
8. Durchschlagspannung und Durchschlagfestigkeit. *V. Retzow*, A. f. E., Bd. 20 1928, No. 3, S. 270.
9. Untersuchungen über den elektrischen Durchschlag und Ueberschlag im unhomogenen Feld. *Erwin Marx*, A. f. E., Bd. 20 1928, No. 5/6, S. 589.
10. Zur Theorie des elektrischen Durchschlages, I. Die Durchschlagfunktion. *P. Böning*, A. f. E., Bd. 20 1928, No. 1, S. 88, ferner Bd. 21, No. 1, S. 25.
11. Stossspannung und Durchschlag bei Gasen. *W. Rogowski*, A. f. E., Bd. 20 1928, No. 1, S. 99.
12. Oil breakdown at large spacings. *Douglas F. Miner*, J. A. I. E. E. 1927, S. 336.
13. Durchschlag von Hartpapierisolation bei elektrischem Stoss im Vergleich z... Dr. Ing. *F. Grünwald*, E. T. Z. 1927, No. 4, S. 103.
14. Des matières premières dans la construction électrique. A. C. E. C. 1927, mehrere Nummern.
15. V. D. E.-Vorschriften für Transformator- und Schalteröle. E. T. Z. 1927, S. 473.
16. Standardisation rules for compounds. *H. W. L. Bruckman*, Grands Réseaux 1927, Bd. 33.
17. Effet de la pression des gaz occlus dans les isolants sur leurs caractéristiques d'ionisation par *Everett-S. Lee*. Grands Réseaux 1927, Bd. 29.
18. Testing and conditions of use of insulating materials. *E. Bitterli*, Grands Réseaux 1927, Bd. 20.
19. Untersuchungen über Spitzenentladungen in Transformatorölen. *A. Nikuradse*, A. f. E. 1928, No. 4, S. 403.
20. Die Durchschlagspannung zwischen scharfen Kanten unter Oel. *Fr. Wöhr*, A. f. E., Bd. 20 1928, No. 4, S. 444.
21. Beiträge zur Beurteilung von Hartpapier. *Kumlik*, E. & M. 1928, S. 1045.
22. Insulation, The Opportunity of Research. *J. B. Whitehead*, J. A. I. E. E., Jan. 1929.
23. Hochspannungskabel. *P. E. Schneeberger*. S. T. Z. 1927, No. 38, S. 614.
24. 130 kV-Kabel. *L. Emanuelli*, Energia Elettrica 1925, No. 2, E. T. Z. 1925, No. 45.
25. Ueber Abrundungen bei Muffen und Endverschlüssen metallisierter Kabel. *Loebner*, A. f. E. Bd. 27, S. 152.
26. A new 132 kV Cable joint. *D. M. Simons*, J. A. I. E. E. march, 1927.
27. Zur Herstellung von Höchstspannungskabeln. Dr. *Konstantinowski*. E. & M. 1928, S. 1183.

³⁾ Voir Bulletin A. S. E. 1928, No. 19, page 611.

28. Same Problems in High-Voltage Cable Development. *E. W. Davis* and *W. N. Eddy*, J. A. I. E. E., Jan. 1929.
29. Ionisation Studies in Paper Insulated Cables. *C. L. Dawes*, *H. H. Reichard*, *P. H. Humphries*. J. A. I. E. E., Jan. 1929.
30. Beitrag zur technischen Berechnung von Kondensatordurchführungen. *A. Imhof*, Bull. S. E. V. 1926, S. 586.
31. Condenser terminals under uniform surfacechocs. *Alexander Smouloff*, Grands Réseaux 1927, Bd. 29.
32. Die Wirkung von Schutzfunkenstrecken bei Durchführungen. *H. Müller*, E. & M. 1928, S. 1043.
33. Ueber den elektrischen und mechanischen Sicherheitsgrad von Hochspannungs-Freileitungen. Dr. Ing. *K. Draeger*, Elektro-Journal 1927, S. 343.
34. Die neuen Prüfvorschriften des V. D. E. für Hochspannungsisolatoren. Dr. Ing. *W. Weicker*, Hescho-Mitteilungen 1928, No. 43.
35. Ueber die Bemessung von Schutzarmaturen für die Leitungs- und Apparate-Isolation mit Rücksicht auf Ueberspannungen. Dr. Ing. *H. Müller*, Hescho-Mitteilungen 1928, No. 41/42.
36. Lichtbogen-Ueberschläge mit hoher Leistung an Freileitungs-Isolatoren. Dr. Ing. *K. Draeger*, E. & M. 1928, S. 953.
37. Hochspannungs-Prüfeinrichtungen zur Erzeugung von Gleich- und Stosspannungen. *Hans Mehlhorn*, Siemens Zeitschrift 1927, S. 525.
38. Neue Prüftransformatoren, Bauart B. B. C. *A. Meyerhans*, B. B. C. -Mitteilungen 1927, S. 105.
39. Die Ueberschlagspannung von Isolatoren bei verschiedenem zeitlichem Verlauf der angelegten Spannung. Dr. Ing. *Marx*, Hescho-Mitteilungen 1925, No. 17, S. 1.
40. Ein Hochspannungs-Freiluft-Versuchsfeld für 1000 kV gegen Erde. *Bergmann-Mitteilungen* 1928, No. 3, E. & M. 1928, S. 1147.
41. Erfahrungen und Fortschritte im Bau von Kabel-Prüfeinrichtungen für hohe Gleichspannung. *H. Mehlhorn*, Siemens-Zeitschrift 1928, S. 590.
42. Beitrag zur Messung der Spannungsverteilung bei Isolator-Oberflächen. *P. Pulides* und *A. L. Müller*, E. T. Z. 1928, S. 1648.
43. A Modern Industrial High-Pressure Laboratory. *A. Imhof*, Electrical Review 1928, August 17th.
44. Die Bestimmung der Durchschlagfestigkeit von festen Stoffen im homogenen Felde. *Erwin Marx*, E. T. Z. 1929, No. 2, S. 41.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Kraftwerk Sernf-Niederembach.

612 312.134(494)

Die Einwohner- und Tagwens-Gemeindeversammlungen Schwanden und die Gemeinde St. Gallen haben zu Beginn dieses Jahres die Vorlagen zur gemeinsamen Verwertung der Wasserkräfte des Sernfs und des Niederembaches in einem Kraftwerk angenommen.

Wir geben im folgenden anhand der Berichte und Anträge des St. Gallischen Stadtrates und des Gemeinderates von Schwanden an ihre Gemeinden einen Ueberblick über das vom Ingenieurbureau F. Bösch in Zürich verfasste und von bekannten Fachleuten günstig begutachtete Projekt.

Vorgesehen ist eine Kombination eines Flusskraftwerkes am Sernf als Laufwerk mit einer Hochdruckakkumulieranlage am Niederembach Garichte-Dürsten-Herren, welche letztere hauptsächlich Winterkraft zu liefern hat.

Der Sernf wird ungefähr auf der Höhe des Bahnhofes Engi-Vorderdorf gefasst. An der Fassungsstelle hat er ein Einzugsgebiet von ca. 166 km². Für die Klärung des Sommerwassers ist eine Kläranlage und zum Ausgleich des täglichen Wasserverbrauches am linken Ufer ein Ausgleichsbecken A (Fig. 1 und 2) von ca. 40 000 m³ Inhalt vorgesehen. Von dort fliesst das Wasser in einem Stollen von ca. 3960 m Länge nach dem Wasserschloss B im sogenannten Kennel und von da durch eine Druckleitung von ca. 620 m Länge nach dem Maschinenhaus C, das gemeinsam mit der Hochdruckakkumulieranlage bei der Einmündung des Niederembaches in den Sernf in Aussicht genommen ist. Das Bruttogefälle des Werkes beträgt 230 m.

Die Hochdruckanlage am Niederembach benützt die beiden auf einer Höhe von 1600 bis 1700 m gelegenen Talmulden «Garichte» und «Matt» als Sammelbecken D. Im ersten Ausbau wird nur auf «Garichte» ein Staubecken von rund 2 500 000 m³ Nutzinhalt erstellt. Von hier aus wird das Wasser durch einen ca. 3860 m langen Stollen nach dem Wasserschloss E im «Dürsten» geleitet und in der rund 2025 m langen Druckleitung nach dem gemeinsamen Maschinenhaus in der «Herren». Das Bruttogefälle dieser Anlage beträgt rund 1070 m.

Beim zweiten Ausbau, der erst nach voller Ausnützung des ersten Ausbaues zur Ausführung kommen soll, soll auf «Matt» ein zweites Staubecken von ca. 3 500 000 m³ bis eventuell ca. 5 000 000 m³ Nutzinhalt erstellt werden.

Das Einzugsgebiet des Niederembaches auf «Garichte» beträgt ca. 7,8 km² und ist so gross, dass der Sommerabfluss auch in den trockensten Jahren zweimal zur Füllung der beiden Staubecken ausreicht. Die geologischen Verhältnisse sind für beide Kraftwerke eingehend untersucht und sowohl für die Stauanlagen wie auch für die Stollen als günstig beurteilt worden.

Im gemeinsamen Kraftwerk sind an Maschinenleistungen vorgesehen:

im ersten Ausbau	17 000 kW
im zweiten Ausbau	7 500 kW
im Vollausbau	24 500 kW

Die minimal erzeugbare Energie beträgt im ersten Ausbau:

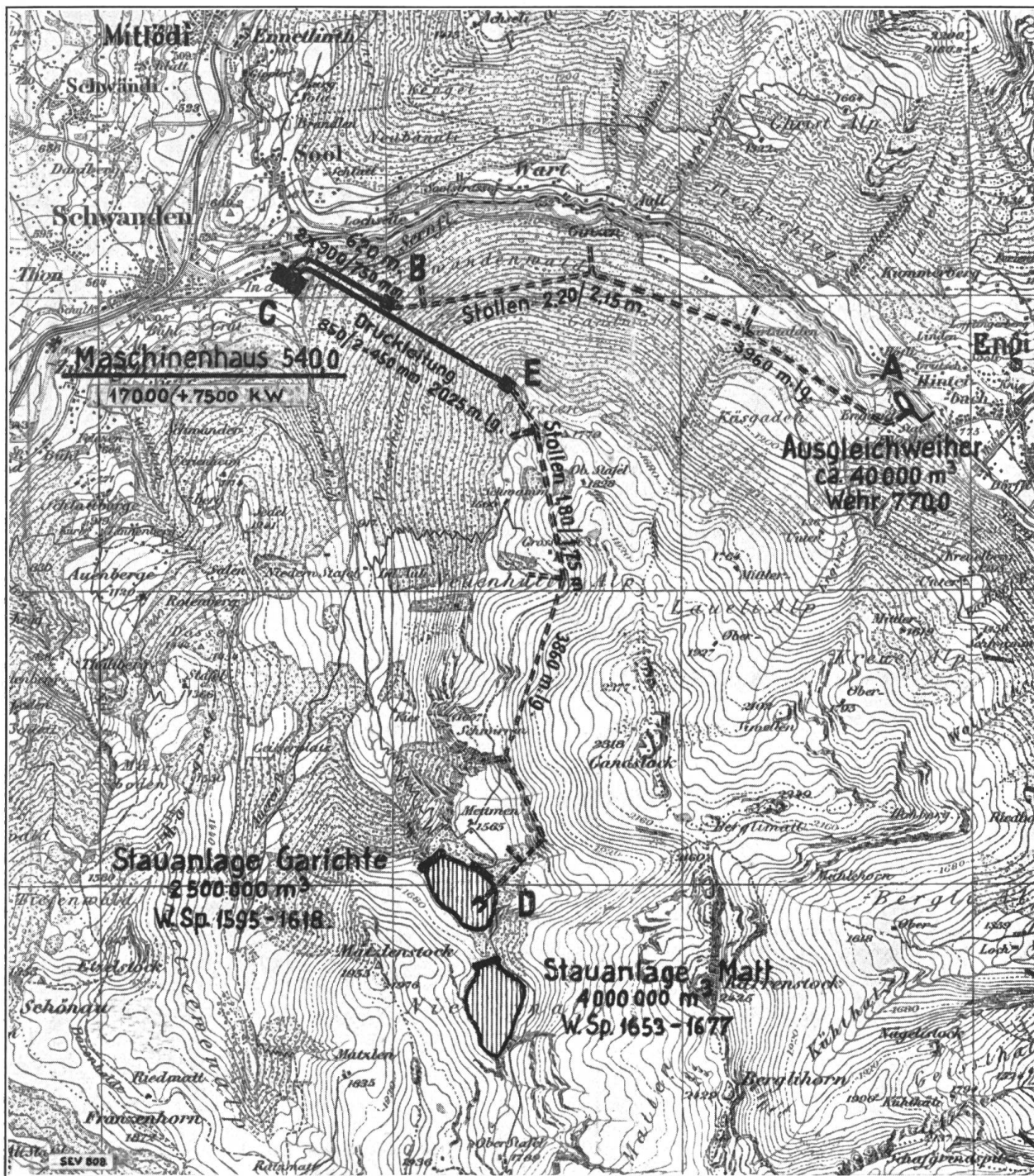
Winter rund	22 000 000 kWh
Sommer rund	44 000 000 kWh
Ganzes Jahr rund	66 000 000 kWh

Diese Energiemengen ergeben sich, wenn beim Sernf aus den Wassermessungen während sieben Jahren die zwölf schlechtesten Monatsergebnisse zu einem fiktiven Jahr zusammengestellt und auch beim Niederenbach minimale Wassermengen angenommen werden. In Wirklichkeit wird also ein solches Minimum kaum jemals eintreten. Nehmen wir beispielsweise als Grundlage für die Wasserwirtschaft das äusserst trockene Jahr 1921, so resultieren nachstehende Energiequantitäten:

Winter	26 300 000 kWh
Sommer	58 600 000 kWh
Ganzes Jahr	84 900 000 kWh

Der Voraussicht nach wird der erste Ausbau den Strombedarf von St. Gallen und Schwanden bis etwa zum Jahre 1945—1950 zu decken vermögen.

Dem Transport der Energie nach St. Gallen dienen die Freiluft-Transformationsstation in Schwanden, die ca. 58 km lange Uebertragungs-



Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 21. Febr. 1929.

Fig. 1.

leitung nach St. Gallen, die Transformierungsstation in St. Gallen, ferner eine Leitung von ca. 16 km Länge nach Ziegelbrücke (Fritz und Caspar Jenny in Ziegelbrücke) und eine solche nach Engi. Die Uebertragungsleitung ist als Weitspannleitung mit Gittermasten gedacht und es war folgende Leitungsführung in Aussicht genommen: Von Schwanden verläuft die Leitung linksseitig der Talschaft bis Niederurnen und überquert dann die Linthebene. In der Nähe von Steinenbrugg (Kaltbrunn) biegt sie nach Nordosten ab, geht südlich vom Regelstein vorbei nach Ebnat, dann über Hemberg-Wald-

Die Baukosten gestalten sich, unter Berücksichtigung der von den Experten vorgenommenen Aufrundungen, wie folgt:

Baulicher Teil der Sernf-Anlage	Fr. 3 700 000
Baulicher Teil von Garichte-Niederernbach	» 5 800 000
Für das ganze Maschinenhaus und Diverses	» 2 500 000
Für die Schalt- und Transformierungsanlagen und Fernleitung	» 4 000 000
	<hr/> Fr. 16 000 000

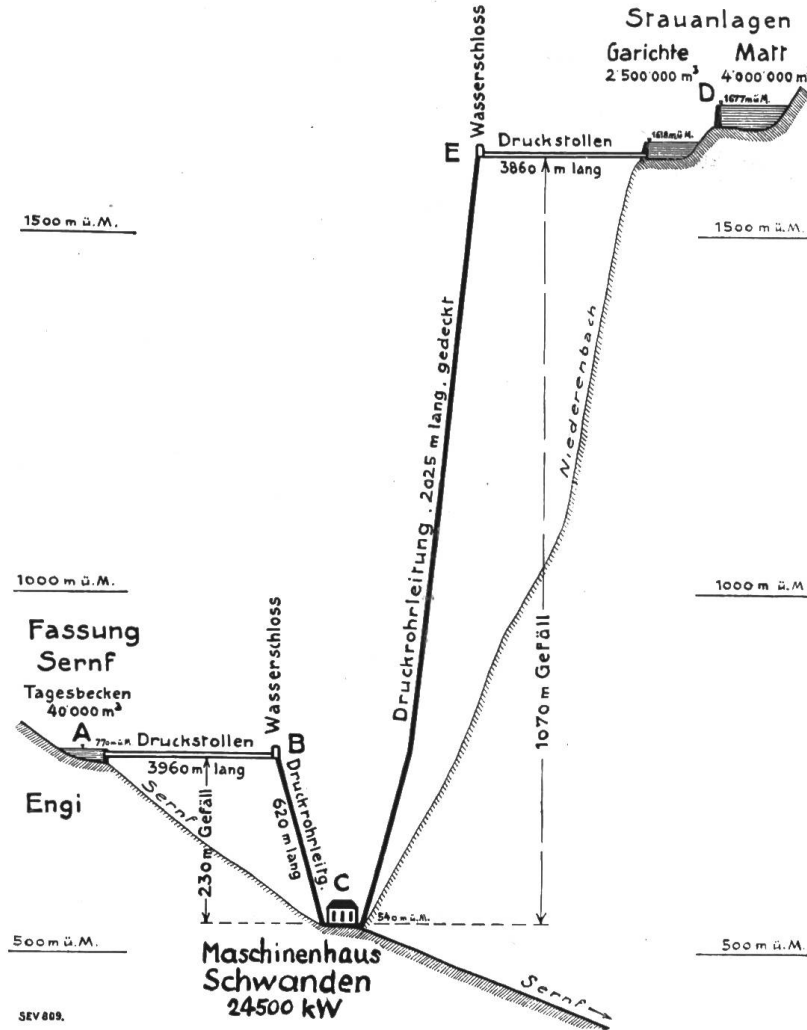


Fig. 2.

Schönengrund nach Waldstatt und von da westlich der Urnäsch bis Hinterberg-Bruggen. Da auch die Nordostschweizerischen Kraftwerke für ihre Energielieferung an die St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke eine neue Kraftleitung projektieren, so muss auf Weisung der Eidg. Kommission für elektrische Anlagen ein gemeinsames Leitungsstrasse über den Ricken gesucht werden. Zurzeit sind die bezüglichen Studien noch nicht abgeschlossen, doch besteht Aussicht für eine Lösung der Energietransportanlage, die beide Unternehmungen befriedigen kann. Um vor Kostenüberschreitungen sicher zu sein, ist den bezüglichen Voranschlägen die höchste in Betracht fallende Spannung (150 000 V) zugrunde gelegt worden.

Es ist zu erwarten, dass sich beim Bau noch Einsparungen erzielen lassen.

Die Baukosten des zweiten Ausbaues sind zu ca. Fr. 5,5 Millionen angenommen.

Für die Verzinsung des Anlagekapitals wurden 5¼ % und als Kapitiltilgungsquote — unter Zugrundelegung einer Tilgungszeit von 80 Jahren bei 4 % Verzinsung der Rücklagen — 0,181 % eingestellt. Die Einlagen in den Erneuerungsfonds variieren zwischen 0,7 % für die Tiefbauten und 4 % für Generatoren, Transformatoren, Schalter usw. Mit Einrechnung der Kosten für die allgemeine Verwaltung, die entsprechend der Natur des Unternehmens sehr einfach ist, wurden die Jahresbetriebsausgaben

zu Fr. 1 400 000 = 8,8 % des Anlagekapitals berechnet.

Die *Wasserrechtskonzessionen* für die Ausnützung des Sernf und des Niederenbaches sind vom glarnerischen Landrat am 10. Oktober bzw. 7. März 1928 der Ortsgemeinde Schwanden erteilt worden. Die Konzessionsdauer ist auf 80 Jahre festgesetzt. Die Konzessionen müssen seitens des Landrates nach Ablauf dieser Frist wieder erneuert werden, wenn sie sich im Besitze von Gemeinwesen oder eines staatlichen oder eines vorwiegend mit staatlichen oder kommunalen Mitteln betriebenen Kraft- und Lichtversorgungsunternehmens befinden. Es besteht also kein sogenanntes Heimfallsrecht, auch keine Rückkaufsklausel. Die an den Kanton Glarus zu entrichtende einmalige Konzessionsgebühr beläuft sich beim Sernf auf ca. Fr. 38 000, beim Niederenbach auf Fr. 18 370. Für glarnerische Kraftabnehmer ausserhalb des heutigen Versorgungsgebietes des Elektrizitätswerkes Schwanden ist ein Vorzugsrecht für Energiebezug zu angemessenen Bedingungen und im Verhältnis zu den Gestehungskosten stehenden Preisen eingeräumt, insgesamt bis zu 3 Millionen kWh und einer Höchstbelastung von 1000 kW ab Generator.

Der *Vertrag* zwischen der politischen Gemeinde *St. Gallen* und der Ortsgemeinde *Schwanden* sieht die Gründung einer Aktiengesellschaft S. N. (Sernf-Niederenbach) vor. Die Höhe des Aktienkapitals soll jeweils mindestens 40 % des investierten Kapitals, das auf 16 Millionen Franken berechnet wird, betragen. (Vorgesehen ist die Schaffung eines Aktienkapitals im Betrage von 7,5 Mill. und ein Obligationenkapital in Form einer Hypothekendarleihe von 8,5 Mill.). Am Aktienkapital beteiligen sich die politische Gemeinde St. Gallen mit zwei Dritteln und die Ortsgemeinde Schwanden mit einem Drittel. Eine Uebertragung von Aktien an einen Dritten kann nur unter gegenseitigem Einverständnis erfolgen. Jeder Kontrahent ist berechtigt und verpflichtet, im Verhältnis seines Aktienbesitzes die Emission des Obligationenkapitals zu übernehmen. Die Leitung des Unternehmens besorgt ein Verwaltungsrat aus neun Mitgliedern, von denen zwei Drittel durch die Stadt St. Gallen (Gemeinderat) und ein Drittel durch die Ortsgemeinde Schwanden bezeichnet werden.

Die Gesellschaft übernimmt die beiden, heute noch der Gemeinde Schwanden gehörenden Konzessionen und die den beiden Kontrahenten bis zur konstituierenden Generalversammlung erwachsenden Auslagen und Spesen, ferner die gemäss Separatverträgen zu bestimmende Ablösung für den Wasserentzug, von welchem das bestehende Werk Schwanden betroffen wird, die Entschädigung an die Bürgergemeinde Schwanden und die Ausbeutung der Wassergerechtigkeit.

Der Bau muss im Frühjahr 1929 begonnen und so gefördert werden, dass am 1. Juli 1931 mit der Stromlieferung begonnen werden kann.

Zu Lasten der S. N. gehen sämtliche, oben unter «Baukosten» aufgeführten Anlagen. St. Gallen hat Anspruch auf zwei Drittel, Schwanden auf ein Drittel der Energie. Wenn ein

Kontrahent seinen Anteil nicht voll benötigt, so hat in erster Linie der andere Kontrahent Anspruch auf die freie Energiequote. Die beiden Kontrahenten sind verpflichtet, ihren gesamten Fremdstrombedarf bei den S. N. einzudecken. U. a. ist auch eine Mindestbezugspflicht von 21 Mill. kWh für St. Gallen und von 3 Mill. kWh für Schwanden stipuliert. Den Kontrahenten ist die Erstellung von Reserve- und Spitzenanlagen gestattet.

Die Frage der Entschädigung für den Wasserentzug, den das bestehende Elektrizitätswerk Schwanden durch die projektierte Anlage erleidet, wird in einem Verträge zwischen der S. N. und der Einwohnergemeinde Schwanden geregelt. Die Entschädigung soll durch Gratislieferung von Strom erfolgen, und zwar für die Wintermonate (1. Oktober bis 31. März) 850 000 kWh bei einer Spitzenleistung von 500 kW. In der Zeit vom 1. April bis 30. September hätten die S. N. dem Werke Schwanden so viel Ergänzungsenergie bei einer Maximalleistung von 1000 kW gratis zu liefern, dass es einen durchgehenden Betrieb von 1500 kW Leistung aufrecht erhalten kann. Die Gratisenergie darf jedoch nur bezogen werden, wenn das Elektrizitätswerk Schwanden seine Anlage bzw. das ihm zur Verfügung stehende Wasser voll ausnützt.

Unter Zugrundelegung der Jahresbetriebskosten von Fr. 1 400 000 und einer Jahresenergiemenge von ca. 40 Mill. kWh ergibt sich beim ausgenützten Werk ein maximaler Gestehungspreis von 3,5 Rp. per kWh, loco St. Gallen und Schwanden in 10 000 V. In dieser Berechnung der Gestehungskosten per kWh sind die Einnahmen aus den 20—30 Mill. kWh Sommerenergie nicht berücksichtigt.

Am 30. Juni 1931 läuft der Vertrag der politischen Gemeinde St. Gallen mit den St. Galisch-Appenzellischen Kraftwerken (S. A. K.) ab. Infolge des Beschlusses, zusammen mit Schwanden ein eigenes Kraftwerk zu bauen, kommt ein weitgehender Fremdstrombezug für die Stadt St. Gallen vom Sommer 1931 an nicht mehr in Frage (1928 wurden rund 19 Mill. kWh Fremdstrom bezogen).

Dienstag, den 5. März 1929, fand in Schwanden die konstituierende Generalversammlung der Aktiengesellschaft Kraftwerk Sernf-Niederenbach statt. Dem Verwaltungsrat gehören an: E. Hardegger, Stadtrat, St. Gallen; Dr. W. Härtsch, Rechtsanwalt, St. Gallen; Dr. H. Hefti, Gemeindepräsident, Schwanden; C. Jenny, Fabrikant, Ziegelbrücke; E. Schenker, Architekt, St. Gallen; Dr. Ed. Scherrer, Stadtammann, St. Gallen; G. Schneider, Lokomotivführer, St. Gallen; Beat Stoffel, Kaufmann, St. Gallen; J. Zuppinger, Landrat, Schwanden. Als Präsident für die erste Amtsperiode (4 Jahre) wurde bestimmt: Stadtrat E. Hardegger; als Vizepräsident: Gemeindepräsident Dr. H. Hefti. Die Protokollführung besorgt M. E. Gränicher, Betriebsleiter des E. W. Schwanden.

Der geschäftsführende Ausschuss wurde bestellt aus den Herren Präsident E. Hardegger, Vizepräsident Dr. Hefti und Gemeinderat E. Schenker; Protokollführer Hr. Gränicher.

Kontrollstelle: Als Rechnungsrevisor wurde gewählt: Herr A. Balzer, a. Stadtrat, St. Gallen; als Ersatzmann: Herr Zoppi, Schwanden.

Mit der Direktion betraute der Verwaltungsrat Herrn Ingenieur A. Zaruski, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt St. Gallen, St. Gallen.

Kraftwerke Klingnau und Wildegg-Brugg.

612.312.134(494)

Aus dem Bericht des aargauischen Regierungsrates an den Grossen Rat vom 22. Februar 1929 ist zu ersehen, dass die beiden genannten Werke nun durch eine zu gründende Aktiengesellschaft Aarewerke A.-G. gebaut werden sollen.

Die Aarewerke A.-G. wird ein Aktienkapital von 30 Millionen und ein Obligationenkapital von 40 Millionen haben. Am Aktienkapital sind beteiligt:

der Kanton Aargau mit	35 %	d. h.	10,5 Mill.
die N. O. K. mit	10 %	»	3 »
die Motor-Columbus A.-G. mit	10 %	»	3 »
die Bernischen Kraftwerke mit	10 %	»	3 »
das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk mit	30 %	»	9 »
die Schweizerische Kreditanstalt mit	5 %	»	1,5 »

Der Kostenvoranschlag beläuft sich für das Kraftwerk Klingnau auf 30 Millionen, für das Kraftwerk Wildegg-Brugg auf 40 Millionen.

Die Minimalleistung in Klingnau in Wildegg beträgt 8 000 kW 9 600 kW

Die Maximalleistung beträgt 27 500 kW 42 000 kW

Die mögliche Energieproduktion beträgt jährlich im Durchschnitt: in Klingnau 192 Mill. kWh, in Wildegg 264 Mill. kWh.

Der Kanton Aargau hat aus beiden Werken zusammen Anrecht auf eine konstante Energiequote von 2000 kW zum Preise von Fr. 137.50 pro kW und Jahr.

Die Gruppe der schweizerischen Kraftwerke hat das Recht, zu der ihr passenden Zeit, aber gegen Voranzeige, jeweils $\frac{2}{3}$ der zur Verfügung stehenden Leistung, im Maximum 20 000 kW, in Anspruch zu nehmen und jährlich 30 Millionen kWh zu beziehen. (Für die schweizerischen Elektrizitätswerke bedeutet diese Abmachung in betriebstechnischer Beziehung in der trockensten Zeit gleichviel wie ein Speicherwerk von 30 Millionen kWh Inhalt und 12 000 kW installierter Leistung.)

Die übrige Energiemenge (ca. 400 Mill. kWh jährlich) kann das R. E. W., wie ihm beliebt, ausserhalb der Schweiz verwenden.

Das R. E. W. hat für die gesamten der Aarewerke A.-G. erwachsenden Kosten aufzukommen, bestehend in

- Kosten für Verwaltung, Betrieb und Unterhalt;
- Wasserzinsen, Steuern und sonstige öffentliche Abgaben;
- Verzinsung der Schulden, wobei eine mindestens 20jährige Anleihedauer der Obligationen vorausgesetzt ist;
- einem Betrag von zunächst 2,5 % (nach 40 Jahren 1 %) des jeweiligen effektiven Anlagekapitals. In diesem Betrag sind sämtliche oben nicht erwähnten Posten, wie Abschreibungen, Erneuerungen, Rücklagen, Schuldentilgung usw. enthalten;

e) einer Dividende auf das Aktienkapital, die jeweils um 2 % höher ist als der Lombard-Zinsfuss, den die Schweizerische Nationalbank im Mittel des betreffenden Jahres verzinst, die mindestens aber 7, später 8 und 9 % betragen soll.

Für die von Schweizerwerken bezogene Energie bezieht das R. E. W. von den ersteren pro kWh einen Preis, der sich aus folgender Formel berechnet:

Gesamtkosten (s. oben: $a + b + c + d + e$) \div 0,9 im Jahre erzeugte Energie \div X,

wo X einen Zuschlag bedeutet, der im regierungsrechtlichen Berichte nicht angegeben wird.

Die bisherigen für Klingnau auf den Namen der Ing. Moor & E. Affeltranger und für Wildegg-Brugg der A.-G. Motor-Columbus erteilten Wasserrechtskonzessionen werden auf die neue Gesellschaft «Aarewerke» übertragen, die sich mit den bisherigen Konzessionsinhabern abgefunden hat. Die Konzessionsdauer beträgt 80 Jahre.

Bei der Vergebung und Ausführung der Arbeiten und Lieferungen, inbegriffen Regiearbeiten, sind Industrie und Gewerbe der Schweiz, vor allem des Kantons Aargau, unter der Voraussetzung der Einhaltung konkurrenzfähiger Preise und Leistungen, vorzugsweise zu berücksichtigen.

Den Mitteilungen in der Tagespresse ist zu entnehmen, dass der Grosse Rat am 11. März den Anträgen des Regierungsrates zugestimmt hat.

Auftauen eingefrorener Wasserleitungen.

644.26:628

Aus verschiedenen Orten der Schweiz erhalten wir Zuschriften über das Auftauen eingefrorener Wasserleitungen mittels des elektrischen Stromes, und über die guten, damit erzielten Resultate. Teilweise, wie z. B. in Aarau und in Neuenburg, haben während der vergangenen Frostperiode die Elektrizitätswerke und die Wasserversorgungen die nötigen Apparate zur Verfügung gestellt.

Das Auftauen geschieht in einfacher Weise dadurch, dass durch die gefrorene Wasserleitung ein Strom geschickt wird. Wir haben bereits im Bull. 1920, No. 12, S. 334, in einer Mitteilung von Ing. E. Meyer, Frauenfeld, über diese Methode berichtet. Auf diesem Prinzip beruhende Apparate können, wie wir erfahren, von der Firma Emil Kägi, sanitäre Anlagen, Wädenswil, bezogen werden.

Es ist aber leicht möglich, insbesondere für ein Elektrizitätswerk, sich die nötige Apparatur selbst zurecht zu machen. Benötigt wird ein Transformator von einigen (etwa 3 bis 15) kW Leistung. Die Wicklung, welche den zum Auftauen der Wasserleitung nötigen Strom liefert, kann ad hoc hergestellt werden, indem man um einen Schenkel ein Kabel von 50 bis 100 mm² Querschnitt in etwa 20 bis 100 Windungen führt. Die ursprüngliche Niederspannungswicklung dient jetzt als Primärwicklung. Die ursprüngliche Hochspannungswicklung wird am besten entfernt, da sie lebensgefährlich ist. Das Kabel soll so lang sein, dass der Strom durch eine bis etwa 50 bis 60 m lange Wasserleitung

geleitet werden kann, was in den meisten Fällen genügen dürfte. Zur Orientierung über die Stromstärke wird noch ein Ampèremeter nötig sein. Die Apparatur wird wohl vorteilhaft fahrbar gemacht.

Die nötige Stromstärke beträgt je nach Querschnitt der Wasserleitung etwa 60 bis 400 A, die Sekundärspannung 10 bis 60 V. Der Auftauprozess benötigt selten mehr als 20 Minuten; bei genügender Stromstärke spielt er sich in 2 Minuten ab. Das E. W. Aarau konnte mit zwei Apparaten täglich 10 bis 15 gefrorene Wasserleitungen auftauen. In Neuenburg sollen nicht nur gewöhnliche Leitungen von etwa bis 2" Durchmesser, sondern sogar teilweise gefrorene Gussröhrenleitungen von 80 bis 100 mm Durchmesser auf einer Länge von 70 bis 180 m nach dieser Methode aufgetaut worden sein.

Statistik des Verkaufs elektrischer Wärmeapparate für den Haushalt in der Schweiz im Jahre 1928. 640

Von Ing. A. Härry, Zürich.

Im Bull. S. E. V. 1928, No. 6, habe ich zum ersten Male die Entwicklung des Verkaufes elektrischer Wärmeapparate für den Haushalt in der Schweiz für die Jahre 1913 bis 1927 dargestellt. Inzwischen sind auch die Resultate für das Jahr 1928 bekannt geworden. An den Erhebungen sind folgende schweizerische Firmen elektrothermischer Apparate beteiligt:

- Ardor S. A., Fabrik elektrischer Apparate, Giubiasco;
- Bachmann & Kleiner A.-G., Oerlikon;
- Gebr. Bertschinger, Lenzburg;
- E. Boller & Co., Fabrik für elektrische Heizung, Wädenswil;
- F. Ernst, Ing., Zürich (für die Fabrikate «Albis»);
- Gebr. Keller, Olten (Patent «Wega»-Automaten);
- Kummler & Matter A.-G., Aarau;
- Maxim A.-G., Fabrik elektrischer Heiz- und Kochapparate, Aarau;

- Oberrauch & Milentz, Davos;
- Salvis A.-G., Fabrik elektrischer Apparate, Luzern;
- Fr. Sauter A.-G., Fabrik elektrischer Apparate, Basel;
- Schnurrenberger & Co., Luzern, vorm. R. Zemp, elektrische Heizungen;
- Fabrik elektrischer Oefen und Kochherde in Sursee;
- Therma, Fabrik für elektrische Heizung A.-G., Schwanden;
- Zent A.-G., Ostermundigen-Bern.

Wie man erkennt, fehlen einige Fabriken, doch sind die genannten von überragender Bedeutung. Nicht in die Statistik eingeschlossen sind die aus dem Ausland importierten Apparate, andererseits sind auch Apparate mitgezählt, die als Ersatz für ältere Apparate dienen oder überhaupt nicht mehr gebraucht werden. Man kann annehmen, dass sich diese Zahlen gegenseitig aufheben, so dass die Statistik der Wirklichkeit sehr nahe kommen wird.

Nachstehende Tabelle gibt Aufschluss über *Zahl und Anschlusswert* der einzelnen wichtigsten Apparatkategorien Ende 1927, die Zunahme im Jahre 1928 und den Stand auf Ende 1928.

Im Jahre 1928 hat die Zahl der Apparate um 130 520, gegenüber 123 000 im Jahre 1927, zugenommen. An der Zunahme sind beteiligt die Kochherde mit 15 600 (15 000), die Bügeleisen mit 47 000 (42 000), die Warmwasserspeicher (Boiler) mit 17 000 (13 000) usw. Der Anschlusswert aller Apparate hat 1928 um rund 141 800 kW zugenommen. Ende 1928 betrug die Zahl aller Wärmeapparate rund 1 293 630 mit einem Anschlusswert von 1 074 800 kW.

Die Statistik zeigt auch im Berichtsjahre eine erfreuliche Steigerung der Verwendung elektrischer Wärmeapparate, die auch in der guten Beschäftigung der in Betracht kommenden Industrien zum Ausdruck gekommen ist.

	Totaler Anschluss Ende 1927		1928 neu angeschlossen		Totaler Anschluss Ende 1928	
	Zahl	Anschlusswert kW	Zahl	Anschlusswert kW	Zahl	Anschlusswert kW
Kochherde und Réchauds	108 000	208 500	15 600	55 100	123 600	263 600
Schnellkocher, Tee-, Kaffeemaschinen	163 000	69 080	13 000	5 150	176 000	74 230
Brotröster	33 000	12 830	2 300	1 090	35 300	13 920
Bügeleisen	556 000	229 600	47 000	20 500	603 000	250 100
Heizöfen aller Art	123 000	198 000	13 000	20 800	136 000	218 800
Strahler	75 500	48 200	18 000	12 800	93 500	61 000
Warmwasserspeicher	52 000	83 000	17 400	20 800	69 400	103 800
Pâtisserie- und Backöfen	350	9 700	30	300	380	10 000
Kochkessel, inkl. Siedekessel	520	3 080	90	570	610	3 650
Wärme- und Trockenschränke	6 610	5 500	70	170	6 680	5 670
Futterkocher	1 210	2 610	480	1 030	1 690	3 640
Diverse Apparate (Hausbacköfen, Grills, Durchlaufrohre, Bratpfannen, Autokühler-Wärmer etc.)	43 810	62 900	3 550	3 490	47 470	66 390
Total	1 163 000	933 000	130 520	141 800	1 293 630	1 074 800