

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 73/74 (1919)
Heft: 16

Inhaltsverzeichnis

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: 23.12.2024

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

INHALT: Hochspannungskabel für die Gotthard-Traktion. — Kleine Wohnhäuser der Architekten Haller, Ulrich & Pfister in Zürich. — James Watt. — Ausbau von Wasserkraften in Grossbritannien. — Zeichnerische Normen des S. I. A. — Miscellanea: Verband Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Verein Deutscher Ingenieure. Eisenbahn-Hochbrücke bei Hochdorn. Technische Hochschule München.

Die Elektrifizierung der Rhätischen Bahn. Direkte Eisenbahnverbindung Grenoble-Nizza. Direktor der Städtischen Strassenbahn Zürich. — Konkurrenzen: Neubau der Schweizerischen Volksbank in Zürich. — Korrespondenz. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender der E. T. H.: Stellenvermittlung.

Band 74. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 16.

Hochspannungskabel für die Gotthard-Traktion.

Von Dr. Markus Dumermuth, Bern,
Ing. bei der Generaldirektion der S. B. B. (Obertelegrapheninspektion).

Die Kraftübertragung der elektrifizierten Gotthard-Linie zwischen Kraftwerken und Unterwerken wird mit Einphasen-Wechselstrom von 60 000 V Spannung mit geradem Mittelpunkt erfolgen. Auf der Bergstrecke dienen dazu Einleiter-Kabel für 30 000 V mit geteertem Bleimantel.

Auf die Ausschreibung der Schweiz. Bundesbahnen im Februar 1918 über diese Kabel reichten die verschiedenen Firmen Offerten ein, die bezüglich der Bauart wesentlich voneinander abwichen. Die Leitfähigkeit der Kabel war vorgeschrieben mit 100, 120 bzw. 135 mm² Kupferquerschnitt; ebenso war verlangt, dass die Leiter aus Seilen von mindestens 19 Drähten bestehen sollten. Die Offerten lauteten nun teils auf Kupferseile von 19, teils von 37, teils von noch mehr Drähten. Endlich offerierte eine Firma einen künstlich mittels Einbaus einer Hanf- oder Juteseele vergrösserten Leiterdurchmesser; das Seil sollte dadurch nicht eine volle Kreisfläche, sondern einen Kreisring als Querschnitt erhalten. — Die Abmessung des Dielektrikums, d. h. die Dicke der Isolierschicht, ebenso die Wahl des Isoliermaterials war freigestellt. In der Folge offerierten die verschiedenen Firmen Isolierschichtdicken von 12 mm bis hinauf zu 17 mm; als Isoliermaterial wurde durchwegs imprägniertes Papier vorgesehen. In der endgültigen Ausführung werden nun die Kabel mit 12,5, 13,1 und 14 mm dicker Papierschicht gebaut.

Gleichwertiges Isoliermaterial vorausgesetzt ist nun aber die Güte, d. h. Sicherheit gegen Durchschlag eines Hochspannungskabels nicht nur von der Dicke der Isolierschicht, sondern auch vom Leiterdurchmesser abhängig. Im wesentlichen muss dafür gesorgt werden, dass die Beanspruchung des Dielektrikums (des Isoliermaterials) in gewissen Grenzen bleibt.

Diese Tatsachen veranlassen mich, über die Beanspruchung des Dielektrikums Studien anzustellen, um so gewisse Gesichtspunkte zu bekommen, die bei künftigen Ausschreibungen von Hochspannungskabeln bezüglich deren Bauart wegleitend sein können. Da die einschlägigen Verhältnisse im allgemeinen nur wenig bekannt sind, heute aber doch gesteigertem Interesse begegnen, sollen die Ergebnisse dieser Untersuchungen hiermit einem weitem Kreise bekannt gegeben werden. Anregung dazu gab auch ein kürzlich in der „Schweiz. Bauzeitung“ von Prof. W. Kummer veröffentlichter Aufsatz „Unterirdische und oberirdische Wechselstrom-Höchstleistungskabel“.

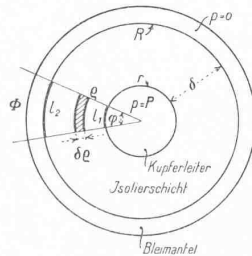


Abb. 1. Kabelquerschnitt.

Physikalische Grundlagen.

In Abbildung 1 ist ein Kabelquerschnitt ersichtlich. Der Kupferleiter habe den Durchmesser d und den Radius r , das Dielektrikum die Stärke δ und der Bleimantel den innern Durchmesser D und den Radius R . Es bedeutet gleichzeitig r den innern und R den äusseren Radius der Isolierschicht, gemäss dem Zusammenhang $R = r + \delta$. Der Kupferleiter werde an das Potential P , der Bleimantel an Erde ($p = 0$) gelegt; es herrsche also zwischen Leiter und Erde der Spannungsunterschied P .

¹⁾ Band LXXIII, S. 213 (10. Mai 1919) sowie S. 235 (17. Mai 1919) und S. 293 (21. Juni 1919).

Vom kreisrunden Kupferleiter aus strahlt ein elektrisches Feld nach allen Richtungen gleichmässig radial durch das Dielektrikum hindurch zum Bleimantel. Wir betrachten einen Sektor vom Öffnungswinkel φ ; dieser schneide vom Umfang des Kupferleiters die Bogenlänge l_1 , vom Umfang des Bleimantels (Innenseite) die Bogenlänge l_2 ab. Der Sektor wird von innen nach aussen radial durchströmt von einem elektrischen Kraftfluss, den wir mit Φ bezeichnen wollen. Der durch das kleine Umfangstück $l_1 = r \cdot \varphi$ im ganzen strömende Flux Φ ist gleich stark wie der das grosse Umfangstück $l_2 = R \cdot \varphi$ durchsetzende Flux. Infolgedessen ist die spezifische Beanspruchung, d. h. Beanspruchung der Längen-, bzw. Flächeneinheit (wir betrachten dafür ein Kabelstück von der Längeneinheit) der innersten Isolierschicht erheblich grösser als die Beanspruchung der äussersten Schicht. Die Beanspruchungen verhalten sich umgekehrt wie die Radien.

Zur Beurteilung der elektrischen Festigkeit eines Kabels ist es daher vor allem erforderlich, die Beanspruchung der innersten Isolierschicht zu kennen.

Mathematische Berechnung der elektrischen Feldstärke.

Wir betrachten auf dem oben erwähnten Sektor (vergl. Abb. 1) einen Ausschnitt vom Radius q und der unendlich kleinen Dicke δq . Der dieses Segment durchsetzende, für jeden Radius gleiche Flux kann nun wie folgt ausgedrückt werden:

$$\begin{aligned} \Phi &= \text{Feldstärke} \times \text{Umfangstück} \\ &= \text{Potentialgefälle} \times \text{Öffnungswinkel des Sektors} \times \text{Radius} \\ &= \text{Differentialquotient von Potential nach Radius} \times \varphi \times q, \end{aligned}$$

also

$$\Phi = -\frac{\partial P}{\partial q} \cdot \varphi \cdot q \dots \dots \dots (1)$$

daraus weiter

$$-\partial P = \frac{\Phi}{\varphi} \cdot \frac{\partial q}{q} \dots \dots \dots (2)$$

Dies integriert von der innersten bis zur äussersten Isolierschicht, also vom Radius r mit dem Potential P bis zum Radius R mit dem Potential $p = 0$, ergibt:

$$\int_P^0 -\partial P = \frac{\Phi}{\varphi} \int_r^R \frac{\partial q}{q} \dots \dots \dots (3)$$

$$[-P]_P^0 = \frac{\Phi}{\varphi} [\text{lognat } q]_r^R \dots \dots \dots (4)$$

$$P = \frac{\Phi}{\varphi} (\text{lognat } R - \text{lognat } r) \dots \dots \dots (5)$$

$$P = \frac{\Phi}{\varphi} \text{lognat } \frac{R}{r} \dots \dots \dots (6)$$

Wir führen nun den Begriff ein: „Beanspruchung der innersten Schicht“ = B_i und verstehen darunter das durch die dort herrschende elektrische Feldstärke erzeugte Spannungsgefälle pro mm Isolierschicht. Unter Verwendung von Gleichung (1) können wir für die innerste Isolierschicht mit dem Radius r bei Betrachtung des gleichen Sektors (Abbildung 1) für den Flux Φ folgendes setzen:

$$\Phi = B_i \cdot \varphi \cdot r \dots \dots \dots (7)$$

dies in Gleichung (6) eingesetzt ergibt:

$$P = B_i \cdot r \cdot \text{lognat } \frac{R}{r} \dots \dots \dots (8)$$

Mit dieser Gleichung lässt sich für eine gegebene zulässige Beanspruchung des Dielektrikums und für gegebene Abmessungen des Leiters und Isolierschichtdicke die zulässige Betriebsspannung des Kabels berechnen.

Ferner folgt aus Gleichung (8):

$$B_i = \frac{P}{r} \cdot \frac{1}{\text{lognat } \frac{R}{r}} \dots \dots \dots (9)$$