

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 11 (1920)
Heft: 7

Artikel: Starkstrom-Kabel und -Freileitungen
Autor: Kummer, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061801>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 03.04.2025

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

lich, welche mittels eines im Boiler angebrachten elektrischen Temperaturkontaktes betätigt werden. Fig. 4 zeigt das Schema der gesamten Heizanlage mit den automatischen Apparaten.

Die von der Maschinenfabrik Oerlikon projektierte und gemeinsam mit der Firma Berchtold & Co. in Thalwil ausgeführte Anlage hat die an sie gestellten Erwartungen in jeder Hinsicht reichlich erfüllt und arbeitete von Anfang an ohne irgendwelche Störungen.

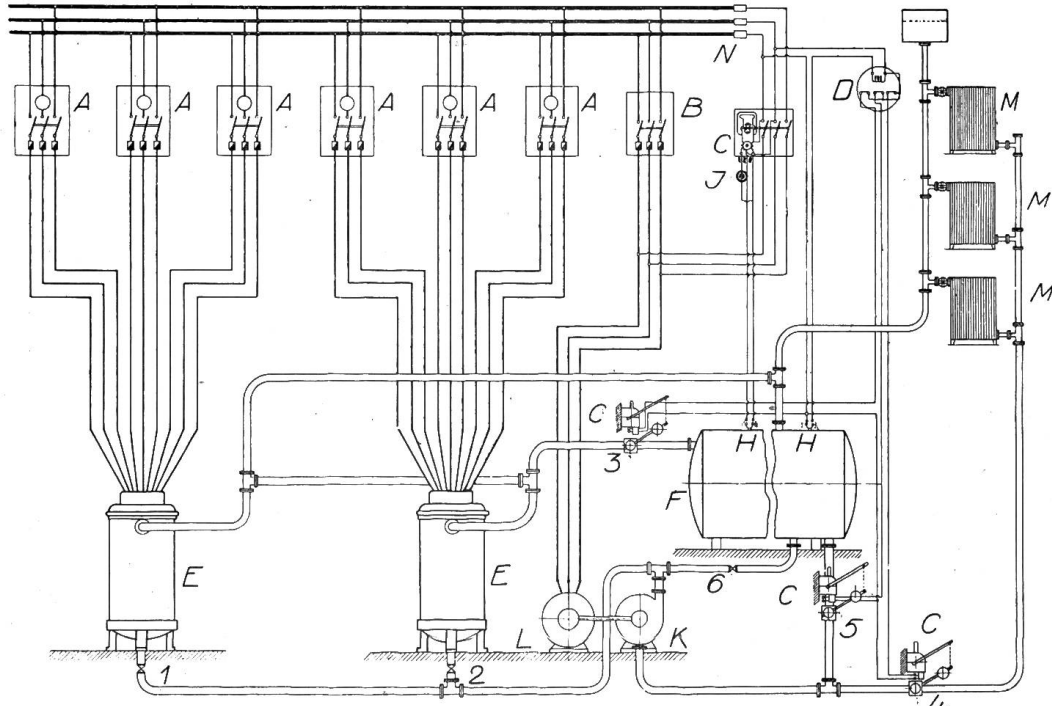


Fig. 4

Zu bemerken ist noch, dass bei dieser Art Heizung mittels Durchflusskesseln der Maschinenfabrik Oerlikon, der elektrische Strom nirgends mit dem Wasser in Verbindung kommt, oder durch das Wasser geht. Es findet durch diese Anlagen somit keine, für viele Elektrizitätswerke unerwünschte Erdung des Nullpunktes oder irgend eines Punktes des Netzes statt. Auch lässt sich durch die stufenweise Schaltung, wobei jede Stufe eine genau vorgeschriebene feste Leistung hat, (isolierte Wicklung aus Widerstandsdraht) die Leistung wenn nötig mittels Sperrschaltern in den einzelnen Stufen einstellen und kontrollieren. Dadurch ist es den Elektrizitätswerken manchmal möglich auch tagsüber noch das Einschalten einzelner bestimmter Stufen zu gewissen Stunden zu gestatten und in einfacher Weise auch zu kontrollieren.

Starkstrom-Kabel und -Freileitung.

Entgegnung von Prof. Dr. W. Kummer, Zürich.¹⁾

Auf Seite 143 laufenden Bandes dieses „Bulletin“ veröffentlicht das Generalsekretariat des S. E. V. (Prof. Dr. W. Wyssling) einen Artikel, der sich mit meinem Aufsatz „Starkstrom-Kabel und -Freileitung“ in No. 1 des „Heimatschutz“, 1920, beschäftigt. Obwohl die

¹⁾ Wir geben diese uns zugestellte Erwiderung auf unsern Aufsatz in No. 6 des „Bulletin“ entsprechend allgemeinen literarischen Gepflogenheiten an gleicher Stelle wieder, und zwar unverkürzt, indem wir uns lediglich einige Fussnoten dazu gestatten. Im übrigen verzichten wir auf eine ausführliche Duplik; wir glauben unsern Standpunkt schon in unserm ersten Artikel genügend klar begründet zu haben und möchten daher hiermit gleichzeitig für diese Spalten Schluss der Diskussion zwischen Herrn Prof. Kummer und uns erklären.
Redaktion (Generalsekretariat).

Ansichten des Generalsekretariats über die zur Diskussion stehende „Kabelfrage“ von den meinigen stark abweichen, begrüße ich seinen Artikel als willkommene Gelegenheit, mich zu dieser Frage auch unmittelbar vor Berufskollegen äussern zu können. Dass ich meine Ansichten zunächst im „Heimatschutz“ äusserte, beruht darauf, dass ich vom Vorstand der „Schweizer. Vereinigung für Heimatschutz“ den Auftrag der Mitwirkung in einer, mit der Stellungnahme zur Aesthetik der elektrischen Leitungen beauftragten Kommission angenommen hatte. Auf Grund von sachlichen Ueberlegungen, die die Diskussion unter Berufskollegen keineswegs zu scheuen haben, also nicht bloss rein gefühlsmässig, bin ich dazu gelangt, dem „Heimatschutz“ vorzuschlagen, er möge grundsätzlich Erdkabel für „Oberspannungsleitungen“ (d. h. Leitungen mit mindestens 40 000 Volt zwischen zwei Leitern) fordern, während für „Mittelspannungsleitungen“ (normal 8000 bis 16 000 Volt) und „Unterspannungsleitungen“ (normal 125 bis 500 Volt) Erdkabel im allgemeinen nur für städtische Anlagen, wie *bisher*, verlangt werden könnten.

In Beantwortung der Einwände des Generalsekretariats werde ich zunächst die technischen, hierauf die wirtschaftlichen und schliesslich die allgemeinen Gesichtspunkte behandeln.

In *technischer Hinsicht* wird mir namentlich vorgeworfen, dass ich geschrieben habe, schon das nächste Jahr könne auch Kabelleitungen für die Höchstspannung von 170 000 Volt der bisherigen Rekord-Praxis mit oberirdischen Leitungen bringen, „wenn man nur will“; nicht am „Wollen“, sondern am „Können“ fehle es, wurde mir geantwortet. Dazu möchte ich nun bemerken, dass vor 30 Jahren, als die Uebertragung von Lauffen nach Frankfurt, mit der damals unerhört hohen Spannung von etwa 8000 Volt, als oberirdische Leitung vorbereitet wurde, dieses Wagnis, das dem „Wollen“ zweier Maschinenfabriken ganz besonders zu verdanken ist, mindestens ebenso kühn war, als es heute der Bau einer längern Kabelstrecke für 170 000 Volt ist. Dass die Kabelfabriken heute für ein solches Wagnis à fonds perdu nicht zu haben sind, liegt einerseits an der allgemeinen Wirtschaftslage, anderseits aber auch daran, dass sie für „Mittelspannungsleitungen“ und für „Unterspannungsleitungen“ mit Aufträgen und Verdienst gesegnet und geradezu gesättigt sind, während vor 30 Jahren die Schaffung der oberirdischen elektrischen Fernleitung für den „Elektro-Maschinenbau“ eine entscheidende Entwicklungsfrage war. Ich kann darauf hinweisen, dass die von mir vertretene Auffassung, es dürften in Zukunft Erdkabel für Oberspannungsleitungen eine ausschlaggebende Rolle spielen, auch von andern Fachleuten geteilt wird. Bekanntlich ist ja *M. Dolivo-Dobrowolsky*¹⁾ in seiner Erkenntnis der Wichtigkeit des Erdkabels für Fernübertragungen mit Höchstspannung soweit gegangen, dass er dem Kabel zuliebe auch noch die mit seinem Namen als erfolgreicher Pionier verknüpfte Stromart des Drehstroms zu Gunsten von Gleichstrom opferte. Vor kurzem hat ferner *P. Hunter*²⁾ vor der holländischen Vereinigung der Leiter der Elektrizitätswerke seinem Vertrauen in Erdkabel für Oberspannungsleitungen Ausdruck verliehen. Aus dem in der E. T. Z. veröffentlichten Referate²⁾ über die bezügliche Sitzung scheinen mir folgende Sätze bemerkenswert: „Nach Ansicht von Hunter bietet die Fabrikation von verseilten Dreifachkabeln für 50 bis 60 kV gar keine Schwierigkeiten mehr. Diese Kabelarten erscheinen im ganzen billiger als Systeme von Dreifachkabeln, von denen jedes gegen Bleimantel natürlich dann nur eine geringere Spannung auszuhalten hat. Das System von drei Einfachkabeln bietet den Vorteil einer billigeren Reserve (Verlegung eines vierten Kabels. Dieses Kabel bleibt natürlich unbenutzt). Bei Dreifachkabeln muss die Reserve voll sein; sie ist also erheblich teurer, doch wird man in diesem Falle beide Kabel dauernd unter Spannung halten. Die Kupferverluste gehen auf die Hälfte zurück, und diesen Umstand hält Hunter für entscheidend. Bei der Diskussion kam auch die Frage der Muffenkonstruktion zur Sprache. Hunter gab zu, dass diese schwieriger herzustellen seien, als beim Einfachkabel, doch nicht in dem Masse, als dass dadurch die Vorteile der Dreifachkabel in Frage gestellt sein könnten. Die neueren Fortschritte der Fabrikation der Hochspannungskabel, insbesondere der Dreifachkabel, sind nach Hunter der systematischen

¹⁾ E. T. Z. 1919, Seite 1.

²⁾ E. T. Z. 1920, Seite 397.

Untersuchung der dielektrischen Verluste zu verdanken. Die dielektrischen Verluste seien ein sehr scharfes Kriterium für die Güte des Fabrikats.“¹⁾

In *wirtschaftlicher Hinsicht* hat meine Angabe hinsichtlich der beim Ersatz von oberirdischen durch unterirdische Leitungen entstehenden Verteuerung von Energiepreisen Anstoss erregt. Meine bezügliche Angabe hatte folgenden Wortlaut: „Stellen wir nun das Postulat, es sei die überwiegende Mehrzahl solcher Oberspannungsleitungen (nämlich solcher von erheblichem Verkehrswert) in Zukunft als unterirdische Kabel zu verlegen, und seien auch die vorhandenen Oberspannungsleitungen nach und nach, soweit möglich, in unterirdische zu verwandeln! Unzweifelhaft müssen zur Realisierung dieses Postulats Opfer gebracht werden. Die von der Allgemeinheit zu tragenden Opfer dürften unseres Erachtens in einer Verteuerung der Strompreise von etwa fünf Prozent liegen.“

Diese Verteuerung habe ich bei durchwegs relativ hohen Einheitspreisen folgenderweise auf Grund von Vorkriegsansätzen berechnet. Bei einer Abgabe von elektrischer Energie in üblicher Gebrauchsspannung (125 bis 250 V für Beleuchtung und 220 bis 500 V für Motoren) ergibt sich für normale Konsumgebiete ein Durchschnitts-Bruttoertrag von etwa 20 Rp./kWh²⁾. Falls das Konsumgebiet aus einer Oberspannungsleitung (mindestens 40 000 V zwischen zwei Leitern), selbstverständlich bei Zwischenlage einer Mittelspannungsübertragung, versorgt wird, so ergibt die Anwendung einer oberirdischen Oberspannungsleitung Betriebskosten für diese von etwa 0,5 Rp./kWh, die Anwendung einer unterirdischen Oberspannungsleitung dagegen Betriebskosten für diese von etwa 1,5 Rp./kWh. Der Unterschied von 1,0 Rp./kWh, bezogen auf den Bruttoertrag von 20 Rp./kWh, ergibt die genannten fünf Prozente. Gegen diese Rechnung sind verschiedene Einwendungen denkbar, über die folgendes zu bemerken ist. Die Einwendung, dass je länger je mehr Grossabnehmer von Energie solche in Mittelspannung und nicht mehr in Unterspannung beziehen, bringt es mit sich, dass kein Durchschnitts-Bruttoertrag von 20 Rp./kWh, sondern ein viel kleinerer auftritt; Gewiss! Werden aber die internen Transformations- und Leitungsanlagen dieser Grossabnehmer mit den entsprechenden Anlagen der ursprünglichen Uebertretungs- und Verteilungswerke zusammen betrachtet, und werden die Preise allgemein auch wieder an den Konsumstellen mit Gebrauchsspannungen von 125 bis 500 V verglichen, so dürften diese Preise sich im Durchschnitt auch wieder in der Höhe von etwa 20 Rp./kWh bewegen, wenn der Beleuchtungsanteil vom Stromlieferanten, trotz Lieferung in Hochspannung, in den Energiepreis richtig eingerechnet war. Der Einwendung, dass bei Annahme meines Postulats die Abgabe von Abfallenergie, die in obiger Rechnung ausser Betracht blieb, erschwert werde, dürfte entgegengehalten werden können, dass diese Abgabe wohl bestimmend auf Unterspannungsleitungen und auf Mittelspannungsleitungen einwirken kann, jedoch wegen der, gegenüber der Jahresenergie geänderten, Benutzungszeit keinen Einfluss auf die Oberspannungsleitungen haben dürfte, wenn die Ausnahmefälle topographisch ungünstiger Lage wirklich auch als solche bewertet, d. h. ausser Betracht gelassen werden.

Meiner Berechnungsweise steht diejenige des Generalsekretariats des S. E. V. entgegen; diese unterscheidet sich von der meinigen hauptsächlich dadurch, dass sie die völlig unabgeklärten und transitorischen Preisbildungen und Arbeitsverhältnisse der Gegen-

¹⁾ Unser Artikel bestreitet nirgends die Möglichkeit, die technisch genügende Konstruktion von Kabeln auch für jene höchsten Spannungen einmal zu erreichen. Wir bezweifeln lediglich, dass das in auch nur annähernd so kurzer Zeit eintreten werde, wie sie Herr Prof. Kummer vermutet. Auf Einzelheiten wie sie hier (lediglich als spekulative Urteile) vorgebracht sind, treten wir im Interesse der Kürze nicht ein: Wären wir bezüglich der Notwendigkeit der *Reserven* bei Kabeln so weit gegangen wie hier erwähnt, so wären wir übrigens zu *noch grösseren Mehrkosten* der Kabelleitungen gekommen. (Redaktion.)

²⁾ Vergleichsweise seien hier die Angaben von W. Majerczik in der „A. E. G.-Zeitung“ von 1911 über die bezüglichen Mittelwerte aus einer grossen Zahl grösserer deutscher Elektrizitätswerke aus den Jahren 1909 und 1910 mitgeteilt. Darnach haben durchschnittlich, für Licht-, Kraft- und Bahn-Betrieb zusammengerechnet, kommunale Werke 20,4 Pf./kWh, Privatunternehmungen jedoch 19,4 Pf./kWh eingenommen. Bei Mitberücksichtigung der Einnahmen aus der Zählervermietung erhöhen sich diese Zahlen auf 20,9 bzw. auf 20,2 Pf./kWh im Durchschnitt.

wart zugrunde legt und dass sie in der übrigens sehr summarischen Annahme,¹⁾ die Oberspannungsleitungen betreffen die Hälfte aller Leitungen, die sehr verschiedene Ausnutzung der einzelnen Leitungskategorien nicht berücksichtigt, während meine Berechnungsart gerade diese unsichern Grundlagen zu vermeiden sucht. Wenn einmal in den elektrischen „Lieferungen“ eine neue Stabilität der Preise, wie vor dem Krieg, eingetreten sein wird, dürfte gegenüber der Vorkriegszeit durchwegs mit demselben, nahezu konstanten Verteuerungsfaktor bzw. Geldentwertungsfaktor gerechnet werden können, wobei sich die *prozentuale* Verteuerung des Einflusses unterirdischer gegenüber oberirdischer Oberspannungsleitungen offenbar gleich bleibt, wie vor dem Krieg; es wird dann auch die kWh, bezogen aus neuen, wie aus alten Kraftwerken, gleich teuer sein, gerade so, wie jetzt schon z. B. die Fünzimmer-Wohnung in einem neuen, wie in einem ältern Haus, bei gleicher Lage gleich teuer vermietet wird.

In *allgemeiner Hinsicht* wird mir schliesslich vorgeworfen, dass meine Ausführungen im „Heimatschutz“ bereits zu unrichtigen Auffassungen und ungerechtfertigten Forderungen geführt hätten. Ich vermute, dass mit diesem Einwurf die kürzlich von der „Schweizer. Vereinigung für Heimatschutz“ gefasste „Resolution“ vom 6. Juni 1920, in Schaffhausen, gemeint ist, die den folgenden Wortlaut hat: „Die zunehmende Verunstaltung des Landes durch die willkürliche und ungeordnete Anhäufung von elektrischen Freileitungen bewegt die Generalversammlung der Schweizer. Vereinigung für Heimatschutz, sich an den Bundesrat mit dem Wunsche zu wenden, dass er mit ordnender Hand in diesen hässlichen Wirrwar eingreift und dabei in erster Linie die unterirdischen Kabelleitungen fördert und begünstigt, oder, wo das nicht möglich ist, bewirkt, dass in jedem Fall die Anlagen auch nach der Seite des Landschaftsschutzes von Sachverständigen geprüft werden.“

Indem ich es dem Leser überlasse, über diese Resolution zu denken, wie ihm beliebt, erwähne ich lediglich, dass in Artikel 22 des Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte, vom 22. Dezember 1916, kurz und bündig gesagt wird: „Naturschönheiten sind zu schonen, und da, wo das allgemeine Interesse an ihnen überwiegt, ungeschmälert zu erhalten“.

Ich bestreite, dass das von mir vertretene Postulat der Begünstigung der unterirdischen Verlegung der Oberspannungsleitungen, einschliesslich der sog. eidgenössischen „Sammelschiene“, etwa auch zu solchen Auffassungen und Forderungen gerechnet werden dürfe, die die wirtschaftliche Ausnutzung unserer Wasserkräfte schädigen; das von mir vertretene Postulat macht keinen Anspruch auf augenblickliche Realisierung, dagegen ist es in *dem* Zeitpunkt in die Oeffentlichkeit geworfen worden, in dem einerseits der Ausbau unserer Wasserkraftausnutzung in eine intensive Entwicklungsperiode zu treten sich anschickt, und indem andererseits das Hochspannungskabel, das bei nicht extrem grossen Entfernungen im Vergleich mit der Freileitung umso konkurrenzfähiger wird, je höher die Hochspannung liegt, gerade auf besonders bedeutungsvolle Fortschritte hinweisen darf.

¹⁾ Diese Berechnungen des Generalsekretariats fussen keineswegs auf so unabgeklärten Verhältnissen und summarischen Annahmen, wie hier angenommen wird: Die relativen Mehrkosten von Kabeln gegenüber Freileitungen bewegen sich auch bei Anrechnung der früheren „Friedenspreise“ noch in den Grenzen, die bei unserem Vergleich der Gesamt-Jahreskosten angenommen wurden. Im weiteren muss man einer solchen Rechnung die *Wirklichkeit* zugrunde legen. Dass diese von uns in Rechnung gesetzten heutigen Verhältnisse gerade in diesen Dingen wesentlich nur „transitorisch“ seien, das wäre wohl angenehm, wird sich aber kaum erfüllen. Bei der nun einmal eingetretenen Geldentwertung und sozialen Strömung werden die hier in Betracht kommenden *Löhne* kaum mehr wesentlich zurückgehen. Der hauptsächlich in Betracht kommende Rohstoff, das *Kupfer*, ist aber dabei heute keineswegs im gleichen Masse erhöht wie durchschnittlich alles andere. Deshalb werden hier keine wesentlichen Ermässigungen zu erwarten sein; Aenderungen mögen eintreten, aber sie werden die Verhältniszahlen nicht günstiger gestalten für die Kabel.

Auch unsere Annahmen über die Verteilung der Kosten auf die verschiedenen Leitungen sind keineswegs „summarisch“ im Sinne der „Unsicherheit“. Im einzelnen finden wohl von diesen Verhältnissen Abweichungen statt, aber *als Mittel*, mit dem doch allein hier gerechnet werden kann, ergeben sie sich so bei Betrachtung *vieler* Fälle, d. h. mit grosser Sicherheit. (Redaktion.)