Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 25 (1934)
Heft: 10

Artikel: Nötige Unterlagen zur Ermittlung der wirtschaftlichsten Kabeltypen bei der Planung von Kabelanlagen

Autor: Spinath, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056555

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: 22.08.2025

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

welche der am häufigsten vorkommende Wind gleichmässig stark ungefähr im rechten Winkel auftritt, können durch die Schwingungen Defekte an Leitern und Armaturen hervorgerufen werden. Man sucht deshalb nach Mitteln, um die Schwingungen unschädlich zu machen oder sie am Entstehen zu verhindern. Solche Apparate sind unter folgenden Bezeichnungen in den Handel gekommen:

Schwingungsdurchlässige Klemme,
Beiseil,
Hofmann-Federbeilage,
Armor-rods,
VAW-Schwinghebeldämpfer,
Stockbridge-Dämpfer,
Pneumatisch-Dämpfer usw.

Teilweise haben sich diese Apparate an Leitungen auch unter sehr ungünstigen Bedingungen bewährt.

Neuerdings sind Versuche unternommen worden, um Seile herzustellen, die infolge ihres Aufbaues nicht oder nur schwach schwingen sollen. Man hat beobachtet, dass zwei auf gleiche Länge parallel gespannte Drähte, die lose gekoppelt sind, nach einem Anstoss nicht schwingen, sondern sofort zur Ruhe kommen, wenn deren Eigenfrequenz wesentlich verschieden ist. Weitere Versuche haben auch Aufschluss über die zu verwendenden Materialien und die günstigsten Spannungsverteilungen gegeben.

Diese Beobachtungen zeigen also, dass ein Seil, das aus zwei gegeneinander senkrecht zur Seilaxe beweglichen Teilen besteht, deren Eigenfrequenz bei gleicher Spannweite verschieden ist, eine grosse Eigendämpfung haben muss. Die weiteren Versuche haben die Richtigkeit dieser Beobachtung ergeben.

Praktisch lässt sich ein solcher Leiter aus einem Hohlseil und einem in dessen Höhlung mit Spiel beweglichen Draht oder dünnen Seil ausführen. Diese Einlage muss gegenüber dem Hohlseil entweder sehr schwach gespannt sein, also eine kleinere Eigenfrequenz haben, oder aber durch starke Spannung eine grössere Eigenfrequenz aufweisen.

Nach der Saitenformel ist die Frequenz:

$$f = \frac{1}{2\,\lambda} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{\mu}} \text{ Schwingungen pro Sekunde.}$$

Darin bedeuten:

λ Knotenabstand in cm,
σ mechanische Spannung in kg/cm^2,
μ spezifische Masse des Seiles in kg · s^2/cm^4.

Dieser Formel ist zu entnehmen, dass bei gleicher Wellenlänge die Frequenz um so grösser ist, je grösser die Spannung und je kleiner das spezifische Gewicht ist.

Durch Anwendung verschiedener Materialien für Hohlseil und Einlage lässt sich die Kombination finden, die für alle Zustände des Seiles auf der Leitung die günstigste ist.

Konstruktiv lässt sich ein solches Seil sehr einfach ausführen. Wenn z. B. bei einem gewöhnlichen, kreuzgeschlagenen 37drähtigen Seil die sieben inneren Drähte weggelassen werden, entsteht ein Hohlseil, das auch bei den grössten Beanspruchungen seine Höhlung behält. Bei der Verseilung, die über einen hohlen Dorn erfolgt, wird die Einlage eingeführt.

Vorteilhaft ist die Herstellung des Hohlseiles aus Aldrey. Falls die Eigenfrequenz der Einlage niedriger sein soll als diejenige des Hohlseiles, wenn die Einlage also nur sehr schwach gespannt sein muss, ist vorteilhaft, Reinaluminiumdraht zu verwenden, der dann gleichzeitig als Dämpfungseinlage und als elektrischer Leiter dient. Falls aber die Eigenfrequenz grösser sein muss als die des Hohlseiles, ist die Verwendung eines verzinkten Stahldrahtes angezeigt, der gleichzeitig als Tragorgan dient.

Bei der Montage muss die Spannungsverteilung des Hohlseiles und der Einlage je nach der Spannweite und der Temperatur einreguliert werden. Die Tragklemmen können ihre bisherige Form beibehalten oder eventuell vereinfacht werden, während in der Abspannklemme eine separate Befestigung der Einlage vorgesehen werden muss.

Die bisherigen Versuche mit solchen Seilen versprechen günstige Resultate in der Praxis. Sie werden unter schwierigen Bedingungen fortgesetzt.

Nötige Unterlagen zur Ermittlung der wirtschaftlichsten Kabeltypen bei der Planung von Kabelanlagen.

Von *W. Spinath*, Wien.

621.315.2

Die Frage, ob «höher belastbare Kabel» oder «Normalkabel» vorteilhafter sind, wird bezüglich der Wirtschaftlichkeit eindeutig mit einer hierfür angegebenen Formel entschieden. Da die Wirtschaftlichkeit eines Kabels nicht nur von den unmittelbar sichtbaren Kosten, sondern auch mittelbar z. B. von der Lebensdauer abhängt, werden alle notwendig zu berücksichtigenden Punkte besprochen und tabellarisch als «Fragebogen für den Abnehmer» zusammengestellt.

L'auteur indique une formule spéciale qui permet d'établir sans équivoque si un «câble normal» ou un «câble surchargeable» est plus économique. Le rendement économique d'un câble ne dépendant pas uniquement des frais directement visibles, mais aussi indirectement, par exemple de sa longévité, l'auteur étudie tous les points dont il faut tenir compte et les groupe en un tableau synoptique pouvant servir de «questionnaire pour l'acheteur».

Die meisten neueren Kabeltypen, die heute angeboten werden, lassen sich durch die Bezeichnung «höher belastbar» kennzeichnen und von bisher normierten Typen unterscheiden. Als Beispiel seien hier genannt: SO-Kabel, Delta-Kabel, Rillen-Kabel. Diesen Typen ist ein gegenüber Normalkabeln ver-

ringerter Wärmewiderstand gemeinsam, so dass bei *gleicher* Leitertemperatur eine mehr oder weniger höhere Strombelastung zulässig ist.

Oel- und Druckkabel unterscheiden sich grundsätzlich von Normalkabeln und Kabeln höherer Belastbarkeit der genannten Art, denn infolge andern Aufbaues ihres Dielektrikums sollen sie *höhere* Leitertemperaturen und somit höhere Strombelastung zulassen.

Hier soll nicht untersucht werden, wie weit höhere Kabeltemperaturen technisch zulässig sind und welche Typen solche am besten vertragen. Vielmehr soll hier untersucht werden, ob es auch wirtschaftlich vorteilhaft ist, höhere als z. B. zur Zeit vom VDE festgesetzte Leitertemperaturen und Belastungen zu erreichen und welche weiteren Faktoren die wirtschaftlichste Kabeltype bestimmen.

Wenn es auch durchaus nicht leicht ist, für jede gegebene Uebertragungsanlage die wirtschaftlichste Kabeltype auszuwählen, so ist es doch nicht schwer, zu beweisen, dass der selbstverständlichste Wunsch des Abnehmers, seine Kabelanlage mit möglichst

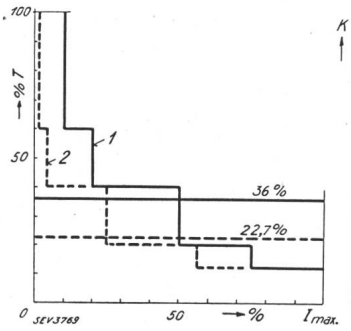


Fig. 1.
Jahresbelastungsdiagramm einer Anlage mit 3160 «Benutzungsstunden» bei 1990 «Verluststunden» (f_v = 22,7 Prozent).
1 Belastungsdiagramm.
2 Verlustdiagramm (Maßstab 100 mal kleiner).

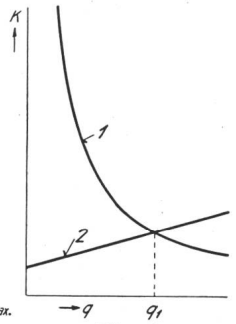


Fig. 2.
Ermittlung des optimalen Querschnittes (q_1) für die Anlage nach Fig. 1 aus jährlichen Verlust- und Leitungskosten (K) dieser Anlage.
1 Verlustkosten.
2 Leitungskosten.

geringen Gesamtübertragungskosten zu betreiben, keineswegs immer am besten durch Verwendung höher belastbarer Kabel erreicht wird. Im Gegenteil ergibt sich auf Grund der folgenden Ueberlegungen, dass in der Mehrzahl der Fälle die Wahl eines geringeren Leiterquerschnittes nicht niedrigere, sondern höhere Gesamtübertragungskosten zur Folge hat.

Bekanntlich wachsen die Kosten einer Kabelanlage annähernd linear mit steigendem Querschnitt, während die Verlustleistungskosten bei konstantem Strom umgekehrt proportional mit steigendem Querschnitt fallen. Es ist leicht einzusehen, dass der wirtschaftlichste Querschnitt um so grösser werden muss, je geringer die Amortisationskosten, je grösser die Energiekosten und je grösser die Zahl der jährlichen Verlustleistungsstunden ist. Die Verlustleistungskosten selbst wachsen linear mit den Energiekosten und quadratisch mit dem Strom, oder, bei festen Energiekosten, linear mit dem Verlustfaktor f_v. Der Verlustfaktor f_v drückt die Benützungsdauer der maximalen Verlustleistung («Verluststunden») T_v in Prozenten der Gesamtbetriebsstunden T, also für ein Jahr in Prozenten von 8760 aus. Zur Unterstützung des Gesagten mögen die Diagramme dienen.

Fig. 1 gibt das Jahresbelastungsdiagramm einer Anlage wieder mit 3160 h Benutzungsdauer der Maximalleistung («Benützungsstunden») (Benutzungs-

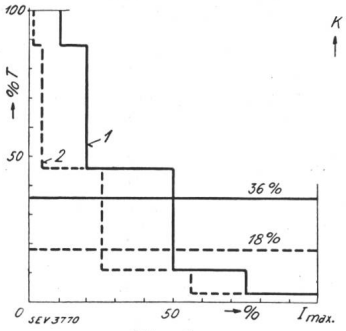


Fig. 3.
Jahresbelastungsdiagramm einer Anlage mit 3160 «Benutzungsstunden» bei 1580 «Verluststunden» (f_v = 18%).
1 Belastungsdiagramm.
2 Verlustdiagramm (Maßstab 100 mal kleiner).

Fig. 4.
Ermittlung des optimalen Querschnittes (q_2) für die Anlage nach Fig. 3 aus jährlichen Verlust- und Leitungskosten (K) dieser Anlage.
1 Verlustkosten.
2 Leitungskosten.

faktor 36 %) und 1990 h Verlust oder 22,7 % Verlustfaktor. Der bei gegebenen Energie- und Amortisationskosten sich ergebende optimale Querschnitt q_1 kann aus Fig. 2 entnommen werden. Fig. 3 gibt das Jahresbelastungsdiagramm einer Anlage wieder mit ebenfalls 3160 Benutzungsstunden bei nur 1580 Verluststunden oder 18 % Verlustfaktor. Der bei den gleichen Energie- und Amortisationskosten sich ergebende optimale Querschnitt q_2 kann Fig. 4 entnommen werden. Der optimale Querschnitt q_1 der Anlage nach Fig. 1 ist infolge des grösseren Verlustfaktors dieser Anlage um rund 18 % grösser als q_2.

Aus Fig. 5 ist zu entnehmen, dass der Einfluss der Verlustleistungskosten bei Niederspannungskabeln weitaus grösser als bei Mittelspannungs- und

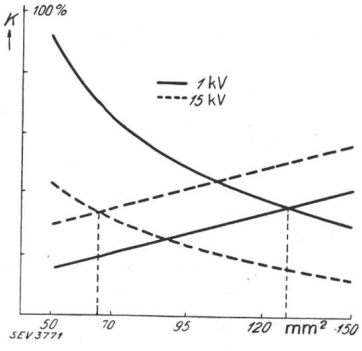


Fig. 5.
Jahreskosten von NKBA 1 kV bzw. NKBA 15 kV in Abhängigkeit vom Querschnitt bei gleichen Amortisationssätzen, gleichem Verlustfaktor und einem kWh-Preisverhältnis von rd. 2 : 1.

Hochspannungskabeln ist. Beiden Kurvenbildern liegen gleiche Amortisationssätze, gleicher Verlustfaktor sowie Annahme des für 3 × 50 mm² NKBA[1]) 1 kV, resp. des für 3×50 mm² NKBA 15 kV zugelassenen Höchststromes zugrunde. Für das dargestellte Beispiel ergibt sich für die 1 kV-Anlage ein

[1]) NKBA = normales Bleikabel, mit Bandeisen armiert, runde Leiter.

optimaler Querschnitt von 120 mm², für die 15 kV-Anlage ein solcher von 66 mm². Wären die Anlagen ohne Kenntnis des Verlustfaktors lediglich für den zulässigen Höchststrom bemessen worden, so wäre die 15 kV-Anlage mit 3×50 mm² richtig, die 1 kV-Anlage bei der Wahl von 3×50 mm² jedoch sehr unwirtschaftlich bemessen. (Das Optimum für die 15 kV-Anlage liegt zwar bei 66 mm², doch ist eine Abweichung von ± 20 % infolge des flachen Verlaufs der Kostenkurve in der Nähe des Minimums ohne grossen Einfluss.) Für dieses Beispiel würden die Jahreskosten der 1 kV-Anlage mit 3×50 mm² 147 % der Jahreskosten der Anlage mit 3 × 120 mm² betragen. Die Jahreskosten würden noch weit grösser, liesse man sich durch die Tatsache, dass ein Spezialkabel den gleichen Strom bei geringerem Querschnitt zulässt, dazu verleiten, den Querschnitt etwa mit 35 mm² festzulegen.

Aus den Diagrammen konnten wir deutlich den Einfluss des Verlustfaktors auf die Wahl des optimalen Querschnittes erkennen. Je kleiner der Verlustfaktor, desto kleiner auch der optimale Querschnitt, bis dieser schliesslich bei einem bestimmten Wert des Verlustfaktors, f_{vk}, gleich dem Querschnitt eines höher belastbaren Kabels wird. Die Bedingung dafür, dass ein Kabel höherer Strombelastbarkeit wirtschaftlicher als ein Kabel der Normaltype wird, ist die, dass der Verlustfaktor der Anlage einen bestimmten kritischen Wert, f_{vk}, unterschreitet.

Dieser Wert f_{vk} ist durch eine einfache Beziehung gegeben, die man aus Gleichsetzung der Jahreskosten für Spezial- und Normalkabel bei gleichem Verlustfaktor erhält, so dass aus

$$\frac{K_n \cdot p}{100} + \left(\frac{P}{U}\right)^2 \cdot \varrho \cdot \frac{m}{Q_n} \cdot \frac{8{,}76 \cdot f_v}{100} = \frac{K_s \cdot p}{100} + \left(\frac{P}{U}\right)^2 \cdot \varrho \cdot \frac{m}{Q_s} \cdot \frac{8{,}76 \cdot f_v}{100}$$

$$f_v = f_{vk} = \frac{A_n - A_s}{b_s - b_n} \cdot 100 \quad \text{folgt.}$$

Es bedeuten:

K_n (K_s)	Gestehungskosten pro km Kabel in Fr.[2];	
p	Kapitaldienstprozentsatz im Jahr;	
P	Maximal zu übertragende Leistung in kVA;	
U	Uebertragungsspannung in kV;	
ϱ	spez. Widerstand eines Leiters in Ω mm²/km;	
m	Energiepreis in Fr./kWh;	
Q_n (Q_s)	kleinster zulässiger Querschnitt in mm²;	
I	maximaler Belastungsstrom in A;	
i	jeweiliger Belastungsstrom in A;	
T_v	Verluststunden	$= \frac{1}{I^2} \int_0^{8760} i^2 \cdot \mathrm{d}t$
f_v	Verlustfaktor	$= \frac{T_v}{8760} \cdot 100$

wobei sich die Indices «*n*» und «*s*» auf Normalkabel bzw. Spezialkabel beziehen sollen.

Mit diesen Bezeichnungen wird:

$A_n = K_n \cdot p/100$ } Kosten für Zinsen plus
$A_s = K_s \cdot p/100$ } Amortisation

$$b_n = \left(\frac{P}{U}\right)^2 \frac{\varrho \cdot m \cdot 8{,}76}{Q_n} \qquad b_s = \left(\frac{P}{U}\right)^2 \frac{\varrho \cdot m \cdot 8{,}76}{Q_s}$$

(Verlustleistungskosten für $f_v = 100$ %)

Die Frage, ob Normalkabel oder Spezialkabel wirtschaftlicher für eine gegebene Anlage werden, lässt sich, soweit nur die Kosten der Uebertragung in Rechnung gesetzt werden, mit der angegebenen Formel schnell und einwandfrei beantworten. Vorausgesetzt, dass die Möglichkeit, einen geringeren Querschnitt zu verlegen, als nach bestehenden Regeln zulässig, ausgenützt werden soll, wird die Rechnung meist zum Nachteil des Spezialkabels ausfallen.

Ausser diesem, exakter Rechnung zugänglichen Moment, beeinflussen noch eine Reihe anderer Momente die Wahl der wirtschaftlichsten Kabeltype. Die hauptsächlichsten Punkte, deren Kenntnis erst den Kabellieferanten in die Lage versetzt, die wirtschaftlichste Type seinem Angebot zugrunde zu legen und die deshalb im Interesse einer schnellen und zweckentsprechenden Erledigung der Anfrage dem Kabelwerk zur Verfügung gestellt werden sollten, werden im folgenden zusammengestellt und kurz besprochen.

I. Hochspannungskabel (von 25 kV an).

1. Betriebsspannung in kV.
2. Uebertragungsleistung in kVA.
3. Länge der Kabelleitung in km.
4. Ueberlastbarkeit.
5. Nullpunktschaltung (frei, kompensiert, geerdet).
6. Art des Anschlusses (an Kabel, an Freileitung einseitig, doppelseitig).
7. Art des vorhandenen oder geplanten Kabelschutzsystems.
8. Art des vorhandenen oder geplanten Ueberspannungsschutzes.
9. Verlegung (Ebene, Gefälle usw.).
10. Bodenbeschaffenheit (Ton, Humus, Kalk usw.).
11. Nähe von Gleich- oder Wechselstrombahnen.

II. Mittelspannungskabel (von 3 bis 20 kV).

1. bis 5. wie unter I.
6. Art des Anschlusses: Vermaschtes Netz, Anschluss an Kabel, an Freileitung einseitig, an Freileitung doppelseitig.
7. Voraussichtliche Grösse des Kurzschlußstromes, insbesondere bei Anschluss in vermaschten Netzen.
8. Verluststunden T_v
9. bis 11. wie unter I. 9. bis 11.

III. Niederspannungskabel (bis 1 kV).

1. bis 4. wie unter I. 1. bis 4.
5. Art des Anschlusses: Stichleitung oder vermaschtes Netz.
6. Verluststunden T_v
7. Zulässiger Spannungsabfall.
8. bis 9. wie unter I. 10. bis 11.

Die Einteilung in Hoch-, Mittel- und Niederspannungskabel erscheint etwas willkürlich getroffen, ist aber aus praktischen Erwägungen so durchgeführt, dass die in jeder Gruppe angegebenen Daten im allgemeinen bereits zur Ermittlung der wirt-

[2]) $K = A + Bq$ Fr./km. Für Normalkabel (K_n) können die Werte der Konstanten A und B aus «Wirtschaftliche Energieverteilung in Drehstromkabelnetzen» von W. Speidel, Anl. II, S. 111, entnommen werden; siehe Bull. SEV 1933, Nr. 20, S. 506.

schaftlichsten Kabeltype ausreichen. Die Gruppe Hochspannungskabel beginnt an der Grenze des Anwendungsgebietes der Gürtelkabel, also gerade dort, wo insbesondere das umstrittene Gebiet «Spezialkabel» oder normales «H»-Kabel liegt. Die Grenze zwischen Mittel- und Niederspannungskabeln wurde entsprechend den VDE-Vorschriften gezogen, obwohl gelegentlich auch bei Spannungen über 1 kV der zulässige Spannungsabfall zu berücksichtigen ist. Neben den geforderten Unterlagen werden gelegentlich noch andere Angaben erwünscht sein, die nur in enger Zusammenarbeit von Abnehmer und Lieferwerk beschafft werden können (schwierige Flusskreuzungen, Abteufkabel usw.). Hier sollen nur die Unterlagen behandelt werden, die den meisten Kabelprojekten als Grundlage dienen und fast stets ohne grosse Schwierigkeiten vom Besteller angegeben werden können.

Die bei allen Gruppen I, II, III gewünschten Angaben 1 bis 3 sind so selbstverständlich, dass der Hinweis, sie bei keiner Anfrage fehlen zu lassen, hier genügen mag.

Die Frage der Ueberlastbarkeit wird nicht immer eindeutig zu beantworten sein. Je nach der Grösse und Dauer der Ueberlast — etwa bei Ausfall einer Parallelleitung — wird zu entscheiden sein, ob ein Kabel höherer Strombelastbarkeit oder eines mit einem grösseren Querschnitt vorteilhafter ist.

Die Angaben über die Schaltung des Nullpunktes ist nur für Hoch- und Mittelspannungskabel von Bedeutung. Auf die Wahl der Kabeltype hat sie z. B. in Deutschland keinen Einfluss, da die zur Zeit gültigen VDE-Vorschriften keinen Unterschied in der Isolationsstärke Leiter-Blei zulassen, ungeachtet der Schaltung des Nullpunktes. (Die englischen Vorschriften lassen z. B. eine rund 20 % geringere Isolationsstärke Leiter-Blei bei geerdetem Nullpunkt zu.) Doch kann die Kenntnis von I. 5 bis 8 bzw. II. 5 bis 6 wichtige Fingerzeige bei der Wahl der Muffen und Endverschlüsse bieten.

Die Kenntnis der Geländeverhältnisse wird wesentlich die Wahl der Kabeltype beeinflussen. Wenn auch zur Zeit auf dem Kontinent Kabel mit Oelfüllung nur für Spannungen für 100 kV und mehr zur Ausführung gelangt sind, so fehlt es dennoch nicht an Bestrebungen, auch für Spannungen von 60 kV und selbst für 30 kV die Kabel mit reiner Oelfüllung zu versehen. Der Leitgedanke ist hierbei die Heraufsetzung der zulässigen Betriebstemperatur und damit Erhöhung der Strombelastbarkeit gegenüber dem reinen Massekabel. Da eine Erhöhung der Strombelastbarkeit nur in ganz wenigen Fällen vorteilhaft sein wird, ist zu bedenken, dass bei grösseren Höhendifferenzen die bei ölgefüllten Kabeln nötig werdenden Druckausgleichsgefässe, verstärkte Spezialarmierungen, Spezialgarnituren usw. die Anlage soweit komplizieren, dass ein masseimprägnierter Kabeltyp, bei dem ein Absacken der Masse mit einfachen Mitteln verhindert werden kann, vorzuziehen ist.

Die Angaben über die Bodenbeschaffenheit werden nur in den wenigsten Fällen vom Besteller in aufschlussgebender Weise gemacht werden können. In besonders kritischen Fällen wird es nötig sein, dass das Lieferwerk selbst Bodenproben analysieren lässt. Die Kenntnis der Bodenbeschaffenheit beeinflusst nicht nur die zur Korrosionsverhütung zu treffenden Massnahmen, sondern mitunter auch direkt die Wahl der Kabeltype. Es gibt z. B. sehr feuchte und chemisch äusserst aggressive Böden, denen nur sehr sorgfältig isolierte Kabelmäntel standhalten können. Verlegt man in solchen Böden beispielsweise Dreimantelkabel mit unausgefüllten Zwickeln, um an Gewicht zu sparen, so würde eine solche Kabeltype, die ungünstigenfalls geradezu als Entwässerungsrohr angesehen werden kann, infolge der den korrodierenden Einflüssen dargebotenen grossen Flächen in verhältnismässig kurzer Zeit zerstört werden.

Die Angaben über die Nähe von Gleich- oder Wechselstrombahnen sollen immer dann gemacht werden, wenn die Kabeltrasse solche Bahnanlagen kreuzt oder in nicht allzu grosser Entfernung parallel dazu verläuft. Die Wahl der Kabeltype bleibt zwar davon unberührt, doch wirken diese Angaben mitbestimmend auf die bei Verlegung der Kabel zur Korrosionsverhütung zu treffenden Massnahmen.

Bei Mittelspannungskabeln wirkt die Angabe der Anschlussart des Kabels in weit höherem Masse mitbestimmend auf die Wahl der Kabeltype als bei Hochspannungskabeln. Bei Erstellung einer Stichleitung z. B. kann bei kleinen Verluststundenzahlen die wirtschaftlichste Kabeltype die mit der grössten spezifischen Durchgangsleistung sein, wobei unter spezifischer Durchgangsleistung die Leistung in kVA pro kg und km Kabel verstanden sein soll. Eine solche Leitung kann leicht durch unverzögert arbeitende Schalter in Bruchteilen einer Sekunde bei eintretendem Kurzschluss abgeschaltet werden, so dass das Kabel nur ganz kurz mit der Kurzschlussleistung beansprucht wird.

Wesentlich höher beansprucht wird dagegen ein Kabel bei Eintritt eines Kurzschlusses in einem vermaschten Netz. Die Abschaltung erfolgt hier selektiv und bis zur Abschaltung vergehen Sekunden. Es wird häufig verlangt, dass das Kabel die grösste auftretende Kurzschlussleistung bis zur selektiven Abschaltung, ohne Schaden zu leiden, aushält. Muss ein Kabel für die maximale Kurzschlussleistung bemessen werden, so wird sein Querschnitt bereits so gross, dass es sich unter Normallast nicht wesentlich erwärmt. Bei der kurzen Dauer einer Kurzschlussbelastung ist infolge des hohen spezifischen Wärmewiderstandes der Isolation eine nennenswerte Wärmeabfuhr weder bei Normalkabeln noch bei Kabeln erhöhter Strombelastbarkeit möglich, so dass ihre Anwendung nicht gerechtfertigt erscheint.

Für die Wahl von Niederspannungskabeln sind Art des Anschlusses und Verluststundenzahl aus-

schlaggebend. Es gelten hierfür ähnliche Ueberlegungen wie bei der Wahl von Mittelspannungskabeln. Bei Anlagen mit kleinem Verlustfaktor wird es mitunter nötig, einen grösseren als den optimalen Querschnitt mit Rücksicht auf den zulässigen Spannungsabfall zu wählen. Was über den Einfluss der Bodenbeschaffenheit und der Nähe elektrischer Bahnen bereits gesagt wurde, gilt analog auch bei Niederspannungskabeln.

Zum Abschluss sei betont, dass die Arbeit sich durchaus nicht gegen Neuerungen in der Kabeltechnik, die einen technischen oder wirtschaftlichen Vorteil bieten, richtet. Zum Beispiel bedeuten Oel- und Druckkabel grosse technische Fortschritte, denn sie erst machen es möglich, Hochspannungskabel auch dort mit grösserem Sicherheitskoeffizienten zu benutzen, wo bisher die Freileitung Alleinherrscherin war. Doch müssen Neuerungen dort, wo sie mit Altbewährtem in Wettbewerb treten, von Fall zu Fall auf ihre tatsächliche Ueberlegenheit untersucht werden.

Literatur.

L. Tschiassny, Die Wärmeableitungsverhältnisse in Dreileiterkabeln unrunden Querschnitts. Arch. Elektrotechn. Bd. 25, S. 32.

K. Konstantinowsky, Das SO-Kabel, E. u. M., Bd. 47, S. 778.

M. Weiset, Ueber Kabel mit erhöhter Belastbarkeit, VDE-Fachbericht 1931, S. 108.

W. Vogel, Erwärmungsmessungen an Hochspannungskabeln, Carlswerk-Rundschau 1930, Heft 7.

E. Flegler, Die Ueberspannungsgefahr von Erd- und Kurzschlüssen in Stationsnähe, VDE-Fachbericht 1931, S. 101.

B. Jansen, Ueber die Querschnittsberechnungen von Hochspannungsfernleitungen, ETZ 1926, S. 819.

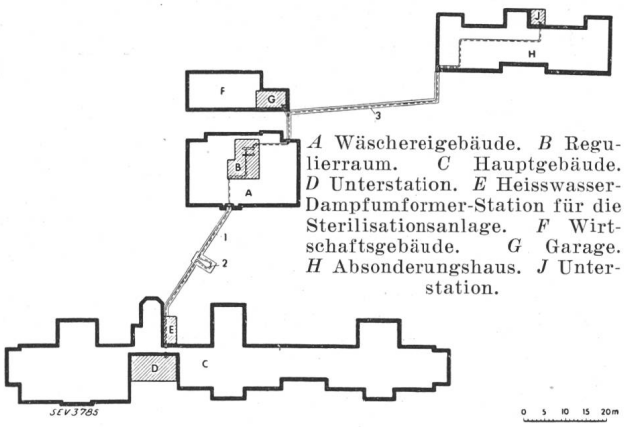
Zur Megede, Der wirtschaftliche Querschnitt von Fernleitungen, ETZ 1931, S. 1017.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Die Elektro-Heisswasserheizung im Kantonsspital Olten [1]).

621.364.3 : 697.4

Bei Anlass einer Erweiterung des Kantonsspitals Olten wurden die ungenügend gewordenen Heizanlagen modernisiert, und zwar unter weitgehender Verwendung elektrischer Energie, weshalb die neue Anlage hier kurz beschrieben werden soll.



A Wäschereigebäude. *B* Regulierraum. *C* Hauptgebäude. *D* Unterstation. *E* Heisswasser-Dampfumformer-Station für die Sterilisationsanlage. *F* Wirtschaftsgebäude. *G* Garage. *H* Absonderungshaus. *J* Unterstation.

Fig. 1.
Lageplan.

1 Heisswasserfernleitung zum Hauptgebäude.
2 Rohrkompensatoren.
3 Heisswasserfernleitung zum Absonderungshaus.

Fig. 1 zeigt den Lageplan des Spitals. Zur Zeit sind 245 Betten vorhanden; vorgesehen ist eine Erweiterung auf 305 Betten durch Aufbau des Hauptgebäudes.

[1]) Schweiz. Techn. Z., 10. Mai 1934. Sonderdrucke der Originalarbeit, 9 S., beim Generalsekretariat des SEV und VSE, Seefeldstr. 301, Zürich 8.

Die von der Firma Gebrüder Sulzer A.-G., Winterthur, aufgestellten Wärmediagramme ergaben, dass der maximale stündliche Wärmebedarf für Heizung, Warmwasser und technische Wärme auf die Zeit von 10 bis 12 Uhr fällt und bei einer Aussentemperatur von —20° C nach dem spätern Ausbau des Hauptgebäudes die in Tabelle I angegebenen Werte erreicht. Der Tages-Wärmebedarf der gesamten Anlage beträgt bei einer tiefsten Aussentemperatur von —20° maximal etwa 15 Millionen kcal, beim heutigen Ausbau der Spitalanlage rund 10 Millionen kcal.

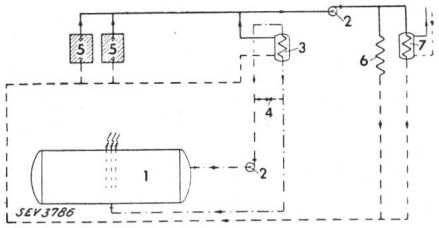


Fig. 2.
Schema der Elektro-Speicheranlage, zentralisiert im Wäschereigebäude.

1 Elektro-Wärmespeicher, 90 m³ Inhalt. 2 Spezial-Heisswasser-Umwälzpumpe. 3 Heisswasserumformer. 4 Bypass zum Aufheizen des Speichers. 5 Spezial-Gliederkessel für Heisswasser. 6 Heisswasser für technischen Wärmebedarf. 7 Heisswasser-Warmwasser-Umformer für Gebäudeheizung.

Die Erzeugung der Wärme erfolgt zum grösseren Teil elektrisch, zum kleineren in zwei neuen Kesseln mit Oelfeuerung und in zwei von früher übernommenen alten Kesseln mit Koksfeuerung im Hauptgebäude.

Tabelle I.

Gebäude	Heizung kcal/h	Warmwasserbereitung kcal/h	Sterilisation kcal/h	Apparate und Entnebelung kcal/h	Fernleitungsverluste kcal/h	Total kcal/h
Hauptgebäude	570 000	30 000	4000	—	9 000	613 000
Absonderungshaus	115 000	20 000	—	—	6 000	141 000
Wäschereigebäude	75 000	50 000	—	150 000	—	275 000
Garage	7 000	—	—	—	—	7 000
Total	767 000	100 000	4000	150 000	15 000	1 036 000

Zur Wärmebeschaffung auf elektrischem Wege dient ein mit drei Elektroden versehener Wärmespeicher von 3 m Durchmesser und 13 m Länge mit einem nutzbaren Speichervolumen von rund 90 m³ (1 in Fig. 2). Er ist für einen maximalen Betriebsdruck von 12 kg/cm² und einen Probedruck von 21,5 kg/cm² gebaut, so dass das Wasser auf