Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 26 (1935)

Heft: 11

Artikel: Einige Angaben über die Säntis-Kraftleitung

Autor: Jung, Werner

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060310

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: 13.12.2025

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

gaben bei einem grossen Ueberlandwerk in vollem Masse wieder eingebracht werden. Aber auch die durch eine solche Anlage gegebene Bewegungsfreiheit in der Ausführung von Arbeiten trägt in reichlichem Masse zur Deckung der Unkosten bei.

Die Unkosten einer solchen Anlage setzen sich aus zwei Teilen zusammen, und zwar aus den unveränderlichen, nämlich der Verzinsung und Amortisation der Anlage und aus den beweglichen, d. h. den Kosten für die allgemeinen Betriebsausgaben (Löhne, Brennstoff, Schmiermaterial, Reparaturen, Steuern etc.). Die beschriebene Anlage kostete Fr. 45 200.—, und zwar entfallen davon ungefähr $^2/_3$ auf den Wagen samt Antriebsmotor, und $^1/_3$ auf die elektrische Ausrüstung. Rechnet man mit 15 % des Anschaffungspreises für Verzinsung und Amortisation, so betragen die festen Jahreskosten Fr. 6750.—. Die veränderlichen Kosten richten sich nach der Inanspruchnahme der Anlage. Um auch hierüber ein Bild zu geben, sei im nachstehenden ein Auszug aus der Statistik, die die EKZ für das Kalenderjahr 1934 über die beschriebene Anlage aufgestellt haben, beigefügt.

Die Anlage musste an 37 Tagen mit im ganzen 258 Stunden in Betrieb genommen werden. Dabei wurden 2066 km Wegstrecke zurückgelegt und 3277 kWh erzeugt, wofür ca. 8800 Liter Benzin benötigt wurden.

Die Betriebsausgaben betrugen:

a) allgemeine Betriebsausgaben für Brennstoff, Schmiermittel, Reparaturen, Löhne, Steuern etc. . .	Fr. 6 630.—
b) Verzinsung und Amortisation . .	Fr. 6 750.—
Total	Fr. 13 380.—
Kostenersparnisse durch die Vermeidung von Sonntagsarbeiten und durch die bessere Ausnützung der Arbeitszeit	Fr. 3 300.—
Die effektiven Betriebskosten betrugen demnach	Fr. 10 080.—
oder im Durchschnitt pro kWh . .	Fr. 3.05

Von den 37 Betriebstagen waren 14 Sonntage und 23 Werktage. Diese Zahlen zeigen, dass die Energieerzeugungsanlage in beträchtlichem Masse zur Vermeidung von Sonntagsarbeit herangezogen wurde.

Von den 14 Sonntagen war die Anlage an 7 Tagen den ganzen Tag und an den andern 7 Tagen nur nachmittags in Betrieb. An Sonntagnachmittagen musste die Anlage 6mal zur Speisung von Restaurationsküchen und einmal wegen einem örtlichen Festtag in Betrieb genommen werden; zweimal musste die Anlage ausser dem allgemeinen Bedarf grosse Hühnerbrutapparate speisen, bei denen ein Unterbruch der Energiezufuhr bekanntermassen jeweilen einen grossen Schaden verursacht. In einem Falle wurde die Anlage benötigt für die Speisung einer dauernd in Betrieb stehenden Pumpstation während der Umschaltung von der alten auf eine neue Transformatorenstation. Ohne die Mitwirkung der Anlage wäre ein unliebsamer Wasseranstieg mit Ueberschwemmung von Kulturland erfolgt. In einem andern Fall konnte eine Betriebsstörung, die infolge eines Transformatorendefektes eingetreten war, um ca. 1 $^1/_2$ Stunden abgekürzt werden. Im übrigen wurde die Anlage bei Umbauarbeiten in Transformatorenstationen und bei Reparatur-, Revisions- und Verstärkungsarbeiten in Hochspannungsfreileitungsnetzen benützt.

Die längste Betriebszeit betrug 12 h 40 m und die kürzeste 3 h 35 m.

Die längste Fahrstrecke betrug 131 km und die kürzeste 3 km.

Die grösste Energieproduktion an einem Tag betrug 304 kWh und die kleinste 15 kWh.

Die maximale Leistung der Anlage wurde 6mal, jedoch nur kurze Zeit, in Anspruch genommen.

Der maximale Benzinverbrauch an einem Betriebstag betrug 334 l, dabei musste eine Fahrstrecke von 86 km zurückgelegt werden und es wurden erzeugt 304 kWh.

Durch die Betriebserfahrungen, die die EKZ mit der beschriebenen Energieerzeugungsanlage gemacht haben, sind sie zur Ueberzeugung gekommen, dass eine solche Anlage für jedes grössere Ueberlandwerk ein sehr wertvolles Hilfsmittel ist. Es ist deshalb zu erwarten, dass sich auch andere Werke früher oder später mit der Anschaffung solcher oder ähnlicher Einrichtungen — für noch grössere Leistungen käme eine Ausführung der Anlage als Anhänger an ein normales Lastauto oder an einen Traktor und ihre Ausrüstung mit einem Dieselmotor in Betracht — vertraut machen werden.

Einige Angaben über die Säntis-Kraftleitung.

Von *Werner Jung*, Bern.

621.315.056.1

Es werden Trasse und Leitungselemente der Säntis-Kraftleitung kurz beschrieben, die Grundlagen für die Berechnung der schiefen Spannfelder angegeben und einige Rechnungsresultate mitgeteilt.

L'auteur décrit succintement le tracé et les éléments de la ligne électrique du Säntis. Il expose ensuite les bases du calcul des portées inclinées et communique quelques résultats des calculs.

Kürzlich berichtete die Presse, dass am Abend des 30. November 1934 im Hause des Wetterwartes auf dem Säntis zum erstenmal elektrische Lampen aufgeleuchtet hätten. Das war das Zeichen, dass die Kraftleitung für die im Bau befindliche *Säntis-Schwebebahn* fertig erstellt und vorläufig als Baukraftleitung in Betrieb genommen worden ist.

Die Säntis-Schwebebahn bezieht die elektrische Energie von den St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerken in Form von Drehstrom, 50 Per./s, 10 000

Volt. Als Energieabgabestelle wurde Punkt 876 der Siegfried-Karte, Egg bei Urnäsch, festgelegt. Von hier aus sollte für die Weiterleitung der elektrischen Energie eine bahneigene Hochspannungsleitung gebaut werden. Das Ingenieurbureau *Furrer & Frey*, Bern-Zürich, erhielt den Auftrag, das günstigste Trasse festzulegen und ein baureifes Projekt auszuarbeiten. Die Bauausführung wurde ebenfalls durch das gleiche Ingenieurbureau, in Arbeitsgemeinschaft mit der *A.-G. Kummler & Matter*, Aarau, besorgt.

Die Leitung setzt sich zusammen aus der Talstrecke *Egg-Urnäsch-Rossfall-Krätzerli-Schwägalp* und aus der Bergstrecke *Schwägalp-Säntisgipfel.*

Die Talstrecke wurde als Regelleitung mit 50 mm² Kupferleitern nach den eidg. Vorschriften erstellt und ist an beiden Enden abschaltbar. Der Leiterabstand, der auf dem unteren Teilstück *Egg-Rossfall* regelgemäss ist, wurde auf dem oberen Teilstück *Rossfall-Schwägalp* wegen den hier zu erwartenden Schneemengen vergrössert. Innerhalb dieser Teilstrecke überbrückt die Leitung beim sog. «Unghürflühli» ein Tobel mit einer Weitspannung von 180 Meter.

Die Bergstrecke *Schwägalp-Säntis* wurde als Weitspannungsleitung gebaut. Das Trasse liegt auf der rechten Seite der Schwebebahn und wurde nach eingehenden Geländebeobachtungen und sorgfältiger örtlicher Besichtigung der vorgesehenen Maststandorte so gewählt, dass die Tragwerke nicht durch Steinschlag oder Lawinen gefährdet werden. Um eine Berührung der Leiter infolge Schneeabwurf oder Windabtrieb zu verhindern, wird jede Phase einzeln nach dem Gipfel geführt. Der seitliche Abstand wurde so gross gewählt, als es die örtlichen Verhältnisse erlaubten und beträgt im Minimum 20 Meter.

Für jede Phase wurde ein möglichst genaues Längenprofil aufgenommen. In Fig. 1 sind die Hauptpunkte des Profils der Phase «Rechts» dargestellt, woraus sich für die einzelnen Spannfelder unter Berücksichtigung der Masthöhen folgende Horizontal- und Vertikal-Abstände ergeben:

Stützpunkt	Massabstände	
	horizontal m	vertikal m
V Säntisgipfel		
	329,15	207,72
IV Gyrengrat		
	363,70	262,67
III Ofen II		
	88,20	61,53
II Ofen I		
	844,00	501,37
I Schwägalp		

Die eidg. Vorschriften über Starkstromanlagen bestimmen, dass für die Berechnung des Durchhanges eine Schneelast von 2 kg pro Laufmeter bei einer Temperatur von 0° anzunehmen sei. Die an Gebirgsleitungen in der Schweiz gemachten Erfahrungen zeigten, dass mit einer für solche Leitungen angenommenen Zusatzlast von 3 bis 5 kg pro Laufmeter nicht zu weit gegangen ist.

Für die Berechnung der Leiter auf der Bergstrecke der Säntis-Kraftleitung verlangte daher das Eidg. Post- und Eisenbahndepartement, in Anwendung des Art. 88, Al. 2, der Verordnung über Starkstromanlagen, eine Schneelast von 6 kg pro Laufmeter und, in Anbetracht, dass das Säntis-Observatorium Windstärken bis 120 km/h registriert, einen Winddruck von 60 kg/m².

Die maximalen Leiterdurchhänge sind durch die Profile festgelegt. Eine kurze Rechnung zeigt sofort, dass für die Ueberspannung des grössten Feldes, *Schwägalp-Ofen I*, Leiter aus Material geringerer Festigkeit, z. B. Bronze, unwirtschaftliche Querschnitte erfordern. Es wurde daher für die ganze Bergstrecke ein einheitliches Seil aus verzinktem Pflugstahl gewählt, für welches die *Kabelwerke Brugg* als Herstellerin folgende Werte garantierten:

Seilquerschnitt	93 mm²
Drahtzahl	19
Drahtdurchmesser	2,5 mm
Seilgewicht pro Laufmeter	0,760 kg
Temperaturkoeffizient	$1{,}1 \times 10^{-5}$
Elastizitätsmodul des fertigen Seiles .	17 000 kg/mm²
Bruchfestigkeit	185 bis 200 kg/mm²
Bruchlast	17 200 kg
Zulässige Beanspruchung	123 kg/mm²
Nutzlast	11 440 kg

Als Tragwerke wurden starkgespreizte, feuerverzinkte Gittermasten vorgesehen, welche für einen maximalen horizontalen Leiterzug von 12 000 kg berechnet sind. Die Fundamente sind als Blockfundamente ausgebildet und nach *Sulzberger* berechnet. Die Seile werden mit Abspannklemmen, Modell *G. Fischer, Schaffhausen*, abgefangen. Die Abspannketten sind so durchgebildet, dass bei einer Isolatorbeschädigung die Seile immer noch mechanisch gehalten werden und daher nicht abfahren können. Mit Hilfe einer einfachen Vorrichtung können defekte Isolatoren leicht ausgewechselt werden.

Für die Isolation hat die *Porzellanfabrik Langenthal* einen Rillenisolator hoher mechanischer Fe-

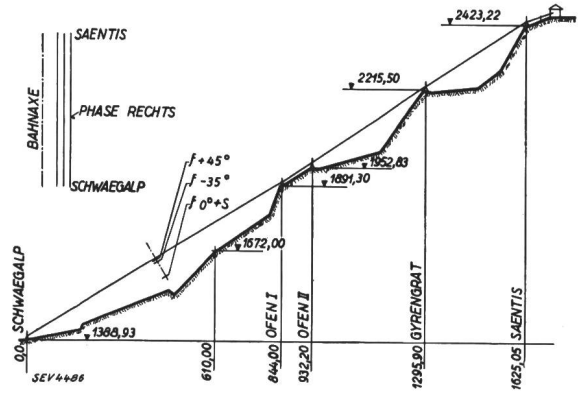

Fig. 1.
Längsprofil der Phase rechts.

stigkeit mit folgenden Garantiewerten herausgebracht:

Bruchfestigkeit	20 Tonnen
Ueberschlag, trocken . . .	60 kV
Ueberschlag, nass	37 kV
Betriebspannung	10 kV

Die Seile der Spannweiten Ofen I bis Säntis wurden nach der *Herzogschen Formel* berechnet. Ganz

besonders die beiden Felder zwischen *Ofen II* und *Säntis* lassen eine weniger exakte Berechnung rechtfertigen, da kleine Unterschiede der so berechneten Durchhangswerte gegenüber einer exakten Berechnung, wie aus dem Profil Fig. 1 ersichtlich ist, noch lange keine Berührung der Leiter vom Erdboden aus zulassen. Da das Spannfeld Ofen I/II über vollständig unwegsamem Gebiet liegt, scheint auch hier eine nur angenäherte Berechnung zulässig.

Anders verhält es sich mit der Spannweite *Schwägalp-Ofen I.* Hier sind einige kritische Punkte vorhanden, bei denen zwar eine Berührungsgefahr für Mensch und Tier weniger vorliegt, da die Seile ebenfalls über unwegsames Gebiet führen, wohl aber die Gefahr eines Erdschlusses zu berücksichtigen ist. Die Abstände der Seile über diesen Punkten mussten daher möglichst exakt bestimmt werden.

Die angenäherte Berechnung von Feldern mit ungleich hohen Aufhängepunkten und grossen Seilspannungen kann auf verschiedene Weise geschehen, je nachdem es sich darum handelt, den Durchhang in der Feldmitte oder aber lotrechte Abstände ausserhalb der Feldmitte zu bestimmen. In beiden Fällen darf man unbedenklich das schiefe Feld AB in Fig. 2 in die waagrechte Lage A' B' gedreht denken.

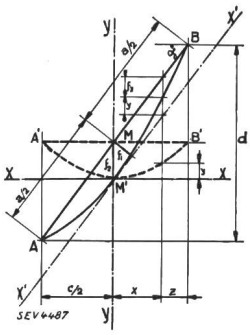

Fig. 2.

Für die Bestimmung des Durchhanges in der Feldmitte ersetzt man den unsymmetrischen Kettenlinienausschnitt AB durch einen symmetrischen Parabelausschnitt AB.

Bezeichnet Index 1 die Grössen für das schiefe Feld AB und Index 2 die Grössen für das waagrechte Feld A'B', so findet sich die Seilbeanspruchung aus der Proportion

$$\sigma_1 : \sigma_2 = \frac{\gamma\, a^2}{8\, f_1} : \frac{\gamma\, c^2}{8\, f_2} \qquad (1)$$

Der Durchhang für die schiefe Spannweite AB in Richtung der Normale in M auf AB beträgt $f_1 = f_2 \cos \alpha$. Ferner ist die Spannweite des waagrechten Feldes $c = a \cos \alpha$. Setzt man diese Werte in Gl. (1) ein, so findet man die Seilbeanspruchung im schiefen Feld in Abhängigkeit der Feldneigung mit

$$\sigma_1 = \sigma_2 \frac{1}{\cos^3 \alpha} \qquad (2)$$

Statt die aus der Herzogschen Formel

$$t - t_0 = \frac{1}{\alpha_t} \left[\frac{\gamma^2 c^2}{24\, \sigma^2} - \frac{\sigma}{E} - \frac{\gamma_0^2 c^2}{24\, \sigma_0^2} + \frac{\sigma_0}{E} \right] \qquad (3)$$

erhaltenen Werte für das waagrechte Feld nach σ_1 und f_1 umzurechnen, kann man auch Gl. (3) direkt für das schiefe Feld umformen.

Die Beanspruchungen in den Aufhängepunkten finden sich aus den Beziehungen

$$\left.\begin{aligned} \sigma_B &= \sigma_1 + \gamma \frac{d}{2} \\ \sigma_A &= \sigma_1 - \gamma \frac{d}{2} \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Handelt es sich darum, den lotrechten Abstand f_z eines Punktes im Abstand z von einem Aufhängepunkt zu bestimmen, so ersetzt man den unsymmetrischen Kettenlinienausschnitt AB durch den unsymmetrischen Parabelausschnitt AB. Dann lassen sich folgende Beziehungen ableiten:

Die Parabelgleichung für das rechtwinklige Koordinatensystem XY lautet

$$y = \frac{x^2}{2\, p} \qquad (5)$$

und für die Koordinaten $X'\, Y'$

$$y = \frac{x'^2}{2\, p} \cos^2 \alpha \qquad (6)$$

Schreibt man $x' \cos \alpha = x$, so geht Gl. (6) über in Gl. (5). Die Parameter der beiden Parabeln sind also gleich. Die Ordinaten Y des schiefen Feldes sind dabei senkrecht zur X-Achse und nicht zur X'-Achse aufzutragen. Der Durchhang f_z des schiefen Feldes AB lässt sich also ebenso berechnen wie der Durchhang $f_2 - y$ des waagrechten Feldes A'B'.

Aus den Beziehungen $f_2 = \frac{[c/2]}{2\, p}$ und $y = \frac{x^2}{2\, p}$ findet man den lotrechten Abstand

$$f_z = 4\, f_2 \frac{z}{c} \left[1 - \frac{z}{c} \right] \qquad (7)$$

Wenn in einem schiefen Spannfeld die drei Grössen c, d und f_2 bekannt sind, so sind damit die drei Punkte A, M und B derjenigen Parabel gegeben, welche mit ausreichender Genauigkeit die gemeine Kettenlinie ersetzt.

Für die Berechnung der Seile der grossen Spannweite Schwägalp-Ofen I sind die von *G. Silva, Turin* [1]) abgeleiteten Gleichungen der Kettenlinie benutzt worden.

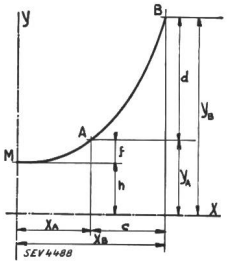

Fig. 3.

Die Kurve BM in Fig. 3 sei eine gemeine Kettenlinie. Das Gewicht der Kette ist also über ihre ganze Länge gleichmässig verteilt und die Horizontalkomponente Z_H des Seilzuges Z für alle Punkte der Kurve konstant.

In den folgenden Gleichungen erscheinen die Werte C, D, F, X, Y in Parameter. Es ist also $C = \frac{c}{h}$, wenn h den Parameter bedeutet.

[1]) *G. Silva,* Contribution à l'étude mécanique des lignes aériennes d'après les lois de la chaînette. CIGRE, Paris 1929.

Es gelten die Grundgleichungen der Kettenlinie, ausgedrückt in Parameter:

Ordinate	$Y = \mathfrak{Cos}\ X$	(8)
Abszisse	$X = \mathrm{Ar}\ \mathfrak{Cos}\ Y$	(9)
Bogenlänge	$L = \mathfrak{Sin}\ X$	(10)

Daraus folgt:
die Vertikaldistanz der Aufhängepunkte

$$D = Y_B - Y_A = \mathfrak{Cos}\ X_B - \mathfrak{Cos}\ X_A \qquad (11)$$

der Horizontalabstand der Aufhängepunkte

$$C = X_B - X_A = \mathrm{Ar}\ \mathfrak{Cos}\ Y_B - \mathrm{Ar}\ \mathfrak{Cos}\ Y_A \qquad (12)$$

Aus den Gl. (10) und (11) lässt sich die Bogenlänge L_{AB} als Funktion der Abstände C und D darstellen mit

$$L_{AB} = \sqrt{D^2 + 2\,[\mathfrak{Cos}\ C - 1]} \qquad (13)$$

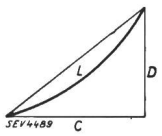

Fig. 4.

Der «Pytagoras» lässt sich verallgemeinern und man kann nach Fig. 4 schreiben

$$L^2 = C^2 + D^2.$$

Mit dieser Verallgemeinerung findet man aus den Gleichungen $L_{AB} = \mathfrak{Sin}\ X_B - \mathfrak{Sin}\ X_A$ und $D = \mathfrak{Cos}\ X_B - \mathfrak{Cos}\ X_A$ nach einigen Umformungen die Ordinate

$$Y_B = \mathfrak{Cos}\, X_B = \frac{1}{2}\left[D^2 + \sqrt{D^2 + \frac{D^2 + \mathfrak{Sin}^2 C}{\mathfrak{Sin}^2 \frac{C}{2}}}\right]$$

und daraus

$$Y_B = \mathfrak{Cos}\, X_B = \frac{1}{2}\left[\frac{L}{\mathfrak{Tg}\,\frac{C}{2}} + D\right] \qquad (14)$$

Für die Ordinate Y_A findet man

$$Y_A = \mathfrak{Cos}\, X_A = \frac{1}{2}\left[\frac{L}{\mathfrak{Tg}\,\frac{C}{2}} - D\right] \qquad (15)$$

Aus der Grundgleichung 9 ergeben sich die Abszissenwerte nach Gl. (14) und (15) mit

$$X_B = \mathrm{Ar}\ \mathfrak{Cos}\ Y_B \qquad (16)$$

$$X_A = \mathrm{Ar}\ \mathfrak{Cos}\ Y_A \qquad (17)$$

Nach Fig. 3 findet man noch aus Gl. 15 den Durchhang F in Parameter

$$F = Y_A - 1 = \frac{1}{2}\left[\frac{L}{\mathfrak{Tg}\ C/2} - D\right] - 1 \qquad (18)$$

Verschiebt man in Fig. 3 M nach A, so wird $F = 0$, $X_A = 0$, $X_B = C$, $Y_A = 1$ und $Y_B = \mathfrak{Cos}\ C = 1 + D$. Die Vertikaldistanz der Aufhängepunkte wird nun $D = \mathfrak{Cos}\ C - 1$. Diese Beziehungen lassen die Art der Belastung des Mastes A erkennen. Ist, Fig. 5, $X_A < 0$, $D < \mathfrak{Cos}\ C - 1$, so ist der Durchhang F reell und der Mast A hat eine Druckkomponente $+ Z_V$ aufzunehmen. Ist, Fig. 6, $X_A = 0$, $D = \mathfrak{Cos}\ C - 1$, so ist der Durchhang $F = 0$ und der Mast wird nur durch die Horizontalkomponente Z_H des Seilzuges beansprucht. Ist jedoch, Fig. 7, $X_A > 0$, $D > \mathfrak{Cos}\ C - 1$, so ist F virtuell und bei der Bestimmung des Fundamentes A ist die negative Vertikalkomponente $-Z_V$ zu berücksichtigen. Nach Fig. 8 kann man schreiben $\mathrm{tg}\ \alpha_p = \left[\frac{dy}{dx}\right]_p = \mathfrak{Sin}\ X_p$ und es wird $\cos^2 \alpha_p$

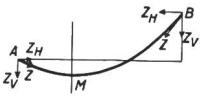

Fig. 5.

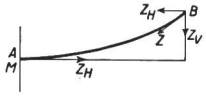

Fig. 6.

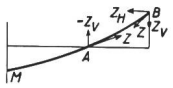

Fig. 7.

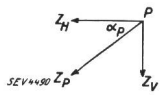

Fig. 8.

$$= \frac{1}{1 + \mathrm{tg}^2\,\alpha_p} = \frac{1}{1 + \mathfrak{Sin}^2 X_p} = \frac{1}{\mathfrak{Cos}^2 X_p} = \frac{1}{Y_p^2}$$

Da die Horizontalkomponente Z_H des Seilzuges Z für alle Punkte der Kettenlinie konstant ist, so folgt für den Seilzug im Punkt P

$$Z_p = \frac{Z_H}{\cos\,\alpha_p} = Z_H\, Y_p = Z_H\, \mathfrak{Cos}\, X_p$$

und für die Vertikalkomponente

$$Z_V = Z_H\ \mathrm{tg}\ \alpha_p = Z_H\ \mathfrak{Sin}\ X_p$$

Für die Beanspruchungen der Maste in kg/mm² ergibt sich somit folgende Zusammenstellung:

	Mast A	Mast B
Horizontalkomponente	Z_H	Z_H
Seilzug	$Z_A = Z_H\, \mathfrak{Cos}\, X_A$	$Z_B = Z_H\, \mathfrak{Cos}\, X_B$
Vertikalkomponente .	$Z_V = \pm Z_H\, \mathfrak{Sin}\, X_A$	$Z_V = Z_H\, \mathfrak{Sin}\, X_B$

Seilwerte der Bergstrecke Schwägalp—Ofen I.

Tabelle I.

Symbol	Zustand b. -35° Schwägalp-Ofen	Zustand b. 0° Schwägalp-Ofen	Zustand b. + 45° Schwägalp-Ofen	Zustand b. 0° + S Schwägalp-Ofen
γ	0,00817	0,00817	0,00817	0,0727
Z_H	58,000	52,656	47,245	85,000
h	7099,178	6445,043	5782,741	1169,188
d	501,37	501,37	501,37	501,37
c	844,00	844,00	844,00	844,00
D	0,0706236	0,0777915	0,0867019	0,428819
C	0,118887	0,130953	0,145951	0,721 868
L	0,138374	0,152425	0,169944	0,853240
Y_B	1,200076	1,204580	1,209747	1,447272
Y_A	1,129452	1,126789	1,123045	1,018453
X_B	0,622461	0,629220	0,636846	0,916938
X_A	0,503467	0,498376	0,491113	0,194306
qZ_H	5394 5394	4897 4897	4394 4394	7905 7905
qZ	6092 6473	5507 5888	4934 5315	8051 11440
qZ_V	−2832 3576	−2532 3283	−2246 2987	−1546 8308

Mit den angeführten Gleichungen können die Seile für einen bestimmten Temperatur- und Be-

lastungszustand berechnet werden. Wird dieser Zustand verändert, so ändert sich bei gleichbleibenden Werten für C und D der Parameter, welcher sich nach einem Annäherungsverfahren, auf das hier nicht näher eingegangen werden soll, exakt bestimmen lässt. Mit diesem neuen Parameter werden die Seile für den veränderten Zustand ebenso berechnet, wie angedeutet wurde.

In der Tabelle I sind die hauptsächlichsten Berechnungswerte für die Phase «Rechts» wiedergegeben.

Sämtliche Rechnungen wurden mit einer «EOS»-Rechenmaschine ausgeführt, die sich für diese Zwecke als sehr brauchbar erwiesen hat. Ferner wurde für die Bestimmung der Funktionswerte eine sechsstellige Hyperbeltafel von *Kennely* benutzt.

Synchronisieren in Hochspannungsanlagen ohne Spannungswandler.

Von *S. Rump*, Zürich.

621.316.729

Die Tatsache, dass sich jeder Durchführungsisolator auf einfachste und billige Weise als dielektrischer Spannungswandler ausbilden lässt, der in den meisten Fällen gleichsam die Funktionen eines üblichen Spannungswandlers übernehmen kann, bildet den Ausgangspunkt des nachstehenden Aufsatzes. Es werden drei verschiedene Anordnungen für Synchronisierung und Messung von Spannung und Frequenz beschrieben, die alle das Merkmal tragen, dass sie den Verschiebungsstrom von Klemmen oder Stützisolatoren ausnützen, die als dielektrische Spannungswandler ausgebildet sind und die teuren, elektromagnetischen Spannungswandler umgehen. Besondere Würdigung findet die rein statische Lösung mit elektrostatischem Synchronoskop.

L'étude ci-dessous repose sur le fait que chaque isolateur de traversée se laisse très facilement et à peu de frais modifier en un transformateur de potentiel diélectrique qui, dans la plupart des cas, est susceptible de remplir les mêmes buts qu'un transformateur de potentiel ordinaire. L'auteur décrit trois solutions pour la synchronisation et pour la mesure de la tension et de la fréquence, toutes caractérisées par le fait qu'elles utilisent le courant de déplacement d'isolateurs de borne ou de support modifiés en transformateurs diélectriques de potentiel, lesquels remplacent avantageusement les transformateurs de potentiel électromagnétiques par trop onéreux. L'auteur examine plus spécialement la solution purement statique, avec synchronoscope électrostatique.

Heute ist es mehr als je nötig, die Anlagen zu verbilligen, und es werden dem Ingenieur immer neue Aufgaben gestellt, um Ersparnisse zu erreichen. Nur derjenige, welcher eine wirklich billige und doch technisch vollwertige Lösung schafft, darf auf einen Erfolg rechnen.

Es wurde darum schon lange daran gearbeitet, die Spannungsanschlüsse der Messinstrumente an Hochspannungsleitungen durch eine kapazitive Kopplung zu ermöglichen, um dadurch die teuren und platzraubenden Spannungswandler zu vermeiden. Der Gedanke, die Hochspannungsdurchführungen mit Messbelägen zu versehen und diese für Spannungsanschlüsse zu verwenden, ist deshalb sehr zeitgemäss und richtig. Ausser einer vernachlässigbaren Verteuerung der Durchführungen stehen dieser Vereinigung zweier Apparate zu einem einzigen keine Nachteile gegenüber. Besonders geeignet sind die heute allgemein verwendeten Kondensatordurchführungen, da diese Metalleinlagen besitzen, welche als Messbeläge benutzt werden können. Deren Kapazität und die demgemäss zur Verfügung stehende Leistung sind grösser als bei anderen Klemmentypen.

Die mittels einer Durchführung erzielten Leistungen sind immerhin auch bei Kondensatorklemmen noch relativ klein, was lange Zeit verhinderte, den obigen Vorschlag mit Erfolg in die Praxis einzuführen. Erst durch eine Anregung von Sieber gelang es, eine für den Betrieb brauchbare Einrichtung zu schaffen, welche das Problem für alle praktischen Fälle löst.

Zuvor sei untersucht, welche Messeinrichtungen verlangt werden. Sie können je nach Art ihrer Anschlüsse in 2 Gruppen aufgeteilt werden, und zwar:

I. Anschlüsse an Sammelschienen-Spannungen.
II. Anschlüsse an Spannungen der abgehenden und ankommenden Leitungen.

I. An die Sammelschienen-Spannungen werden folgende Messeinrichtungen angeschlossen:
   a) Wattmeter,
   b) Zähler,
   c) Relais,
   d) Voltmeter für Messung der Sammelschienen-Spannung,
   e) Frequenzmesser,
   f) Synchronoskop [1]).
   Für diese Zwecke ist nur ein Spannungswandler an den Sammelschienen nötig, welcher in bezug auf Genauigkeit und Leistungsfähigkeit ausreicht.
II. An der Spannung der abgehenden Leitungen sind folgende Messeinrichtungen angeschlossen:
   a) Synchronoskop [1]),
   b) Voltmeter,
   c) Frequenzmesser
   (*b* und *c* werden hauptsächlich für Synchronisierzwecke verwendet).

Aus diesen Ueberlegungen geht hervor, dass ein Spannungswandler an den Sammelschienen für die meisten Messzwecke genügen würde. Lediglich für die Synchronisierung ist je ein Spannungsanschluss an jeder der zu synchronisierenden Leitungen nötig, oder mit anderen Worten: Es werden weitaus die meisten Spannungswandler bzw. Spannungsanschlüsse nur für Synchronisierzwecke verwendet, während man sich für alle anderen Zwecke mit einem Spannungswandler an den Sammelschienen begnügen kann. Wenn eine Ersparnis durch Spannungsanschlüsse an elektrostatische Einrichtungen, wie Durchführungen, zu erreichen ist, müssen in erster Linie die Synchronisiereinrichtungen für diesen Zweck entwickelt werden, während für alle anderen Zwecke dieses Problem nur von sekundärer Bedeutung ist.

[1]) Zum Synchronisieren sind für das Messen der Phasenlage zwei Spannungen nötig, nämlich die Sammelschienenspannung und die Spannung der zu synchronisierenden Leitung.