

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 26 (1935)
Heft: 11

Artikel: Einige Angaben über die Säntis-Kraftleitung
Autor: Jung, Werner
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058455>

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: 18.01.2025

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

interrompue de l'énergie à certains consommateurs qui n'admettent aucune interruption de service et qui acceptent alors un raccordement dans ces conditions. En outre, la plus grande liberté que permet cette installation pour l'exécution des travaux contribue dans une large mesure à couvrir les frais.

Les frais d'une installation de ce genre se composent des frais fixes, tels que les intérêts et l'amortissement de l'installation, et des frais variables, c'est-à-dire les frais occasionnés par le service (salaires, essence, graissage, réparations, impôts, etc.). L'installation qui vient d'être décrite a coûté frs. 45 200.— dont les $\frac{2}{3}$ pour le camion et le moteur et $\frac{1}{3}$ pour l'équipement électrique. Si l'on table pour les intérêts et l'amortissement sur le 15 % du prix d'achat, les frais annuels fixes atteignent frs. 6750.—. Les frais variables dépendent de l'utilisation de l'installation. On s'en rendra compte en examinant les quelques données suivantes, tirées de la statistique établie par les EKZ pour l'année 1934 au sujet de l'installation en question.

Cette installation a dû être mise en service pendant 37 jours totalisant 258 heures. Le camion a parcouru 2066 km et fourni 3277 kWh, ce qui a exigé environ 8800 litres d'essence.

Frais de service:

a) Frais généraux de service pour essence, graissage, réparations, salaires, impôts, etc.	frs. 6 630.—
b) Intérêts et amortissement	frs. 6 750.—
Total	frs. 13 380.—

Economies dues à la suppression de travaux dominicaux et à une meilleure utilisation des heures de service	frs. 3 300.—
Frais effectifs de service	frs. 10 080.—
ou, en moyenne, par kWh	frs. 3.05

Les 37 jours de service se répartissent en 14 dimanches et 23 jours ouvrables. Ces chiffres montrent que l'installation transportable a été utilisée dans une large mesure pour éviter les travaux dominicaux.

Pendant 7 dimanches, l'installation a fonctionné tout le jour, tandis que pendant les 7 autres diman-

ches elle n'a fonctionné que l'après-midi. Dans ce dernier cas, elle a servi 6 fois pour alimenter des cuisines de restaurants et 1 fois à cause d'une fête locale. A deux reprises, l'installation a dû en outre alimenter de grandes couveuses, auxquelles une interruption de service aurait causé un dommage sensible. Dans un cas, l'installation a servi à alimenter une station de pompage à service permanent, qui devait être raccordée à un nouveau poste de transformation. Sans cette installation transportable, il en serait résulté un accroissement désagréable du niveau de l'eau qui aurait provoqué une inondation de terrains cultivés. Dans un autre cas, on a pu réduire d'environ 1 heure $\frac{1}{2}$ une perturbation de service résultant d'une avarie de transformateur. D'autre part, l'installation a servi pour des travaux dans des postes de transformation et pour des travaux de réparation, de revision et de renforcement sur des réseaux aériens à haute tension.

La plus grande durée de service a été de 12 h. 40 min. et la plus courte de 3 h. 35 min.

La plus grande distance parcourue a été de 131 km et la plus courte de 3 km.

La plus grande quantité d'énergie fournie pendant une journée a été de 304 kWh et la plus faible de 15 kWh.

La puissance maximum de l'installation a été débitée à 6 reprises, mais seulement pendant un temps très court.

La consommation maximum d'essence pendant une journée a été de 334 l, pour un parcours de 86 km et une production de 304 kWh.

A la suite des expériences faites en service avec l'installation électrique transportable qui vient d'être décrite, les EKZ sont d'avis qu'une installation de ce genre est un auxiliaire précieux pour tout réseau de distribution d'une certaine importance. On peut donc s'attendre à ce que d'autres réseaux fassent prochainement l'acquisition de dispositifs de ce genre. Pour des puissances plus élevées, l'installation pourrait être placée sur une remorque entraînée par un camion normal ou par un tracteur et sa commande pourrait être assurée par un moteur Diesel.

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 Spannungsfelder angegeben und einige Rechenergebnisse mitgeteilt.

L'auteur décrit succinctement 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-

Schwebbahn fertig erstellt und vorläufig als Baukraftleitung in Betrieb genommen worden ist.

Die Säntis-Schwebbahn 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-Schwägälp* und aus der Bergstrecke *Schwägälp-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-Schwägälp* wegen den hier zu erwartenden Schneemengen vergrössert. Innerhalb dieser Teilstrecke überbrückt die Leitung beim sog. «Unghürflühi» ein Tobel mit einer Weitspannung von 180 Meter.

Die Bergstrecke *Schwägälp-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 Windantrieb 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 Längsprofil aufgenommen. In Fig. 1 sind die Hauptpunkte des Profils der Phase «Rechts» dargestellt, woraus sich für die einzelnen Spannungsfelder 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 Schwägälp		

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 Anwen-

dung 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, *Schwägälp-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 mm ²
Drahtzahl	19
Drahtdurchmesser	2,5 mm
Seilgewicht pro Laufmeter	0,760 kg
Temperaturkoeffizient	1,1 × 10 ⁻⁵
Elastizitätsmodul des fertigen Seiles	17 000 kg/mm ²
Bruchfestigkeit	185 bis 200 kg/mm ²
Bruchlast	17 200 kg
Zulässige Beanspruchung	123 kg/mm ²
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-

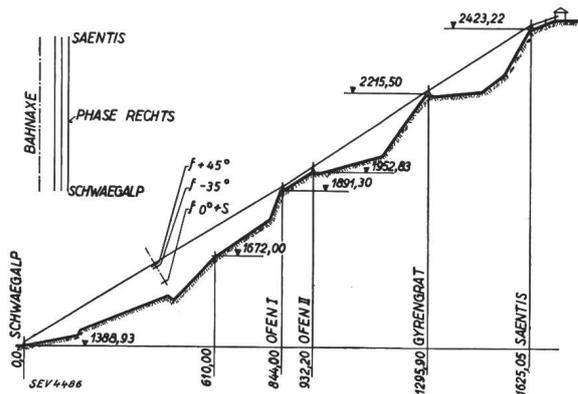


Fig. 1. Längsprofil der Phase rechts.

stigkeit mit folgenden Garantiewerten herausgebracht:

Bruchfestigkeit	20 Tonnen
Ueberschlag, trocken	60 kV
Ueberschlag, nass	37 kV
Betriebsspannung	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 Spannungsfeld *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 unwegsamem 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.

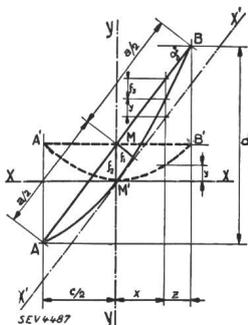


Fig. 2.

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

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

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

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

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

Statt die aus der Herzogschen Formel

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

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

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

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

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

und für die Koordinaten X' Y'

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

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

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

Wenn in einem schiefen Spannungsfeld 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, Turin¹⁾ abgeleiteten Gleichungen der Kettenlinie benutzt worden.

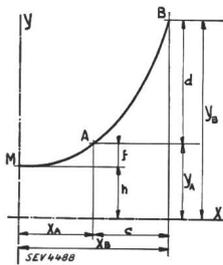


Fig. 3.

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 $Y = \mathcal{C}0\mathcal{S} X$ (8)

Abszisse $X = \text{Ar } \mathcal{C}0\mathcal{S} Y$ (9)

Bogenlänge $L = \mathcal{S}in X$ (10)

Daraus folgt:

die Vertikaldistanz der Aufhängepunkte

$$D = Y_B - Y_A = \mathcal{C}0\mathcal{S} X_B - \mathcal{C}0\mathcal{S} X_A \quad (11)$$

der Horizontalabstand der Aufhängepunkte

$$C = X_B - X_A = \text{Ar } \mathcal{C}0\mathcal{S} Y_B - \text{Ar } \mathcal{C}0\mathcal{S} Y_A \quad (12)$$

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

$$L_{AB} = \sqrt{D^2 + 2 [\mathcal{C}0\mathcal{S} C - 1]} \quad (13)$$

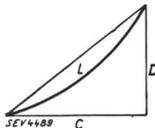


Fig. 4.

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

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

Mit dieser Verallgemeinerung findet man aus den Gleichungen

$L_{AB} = \mathcal{S}in X_B - \mathcal{S}in X_A$ und $D = \mathcal{C}0\mathcal{S} X_B - \mathcal{C}0\mathcal{S} X_A$ nach einigen Umformungen die Ordinate

$$Y_B = \mathcal{C}0\mathcal{S} X_B = \frac{1}{2} \left[D^2 + \sqrt{D^2 + \frac{D^2 + \mathcal{S}in^2 C}{\mathcal{S}in^2 \frac{C}{2}}} \right]$$

und daraus

$$Y_B = \mathcal{C}0\mathcal{S} X_B = \frac{1}{2} \left[\frac{L}{\mathcal{I}g \frac{C}{2}} + D \right] \quad (14)$$

Für die Ordinate Y_A findet man

$$Y_A = \mathcal{C}0\mathcal{S} X_A = \frac{1}{2} \left[\frac{L}{\mathcal{I}g \frac{C}{2}} - D \right] \quad (15)$$

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

$$X_B = \text{Ar } \mathcal{C}0\mathcal{S} Y_B \quad (16)$$

$$X_A = \text{Ar } \mathcal{C}0\mathcal{S} Y_A \quad (17)$$

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

$$F = Y_A - 1 = \frac{1}{2} \left[\frac{L}{\mathcal{I}g \frac{C}{2}} - D \right] - 1 \quad (18)$$

Verschiebt man in Fig. 3 M nach A , so wird $F=0$, $X_A=0$, $X_B=C$, $Y_A=1$ und $Y_B = \mathcal{C}0\mathcal{S} C = 1 + D$. Die Vertikaldistanz der Aufhängepunkte wird nun $D = \mathcal{C}0\mathcal{S} C - 1$. Diese Beziehun-

gen lassen die Art der Belastung des Mastes A erkennen. Ist, Fig. 5, $X_A < 0$, $D < \mathcal{C}0\mathcal{S} C - 1$, so ist der Durchhang F reell und der Mast A hat eine Druckkomponente $+Z_V$ aufzunehmen. Ist, Fig. 6, $X_A = 0$, $D = \mathcal{C}0\mathcal{S} C - 1$, so ist der Durchhang $F = 0$ und der Mast wird nur durch die Horizontalkomponente Z_H des Seilzuges beansprucht. Ist jedoch, Fig. 7, $X_A > 0$, $D > \mathcal{C}0\mathcal{S} C - 1$, 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 $\text{tg } \alpha_p = \left[\frac{dy}{dx} \right]_p = \mathcal{S}in X_p$ und es wird $\cos^2 \alpha_p =$

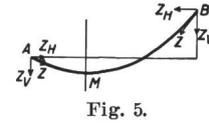


Fig. 5.

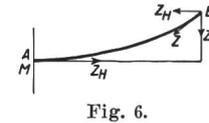


Fig. 6.

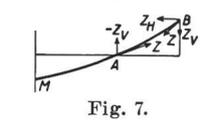


Fig. 7.

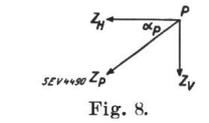


Fig. 8.

$$= \frac{1}{1 + \text{tg}^2 \alpha_p} = \frac{1}{1 + \mathcal{S}in^2 X_p} = \frac{1}{\mathcal{C}0\mathcal{S}^2 X_p} = \frac{1}{Y_p^2}$$

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

$$Z_p = \frac{Z_H}{\cos \alpha_p} = Z_H Y_p = Z_H \mathcal{C}0\mathcal{S} X_p$$

und für die Vertikalkomponente

$$Z_V = Z_H \text{tg } \alpha_p = Z_H \mathcal{S}in X_p$$

Für die Beanspruchungen der Maste in kg/mm^2 ergibt sich somit folgende Zusammenstellung:

	Mast A	Mast B
Horizontalkomponente	Z_H	Z_H
Seilzug	$Z_A = Z_H \mathcal{C}0\mathcal{S} X_A$	$Z_B = Z_H \mathcal{C}0\mathcal{S} X_B$
Vertikalkomponente .	$Z_V = \pm Z_H \mathcal{S}in X_A$	$Z_V = Z_H \mathcal{S}in X_B$

Seilwerte der Bergstrecke Schwägalp—Ofen I.

Tabelle I.

Sym- bol	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) Synchronoskop¹⁾.

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) Synchronoskop¹⁾,
- b) Voltmeter,
- c) Frequenzmesser
(b und c werden hauptsächlich für Synchronisierungszwecke 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 Synchronisierungszwecke 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 Synchronisierungseinrichtungen 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 Sammelschienen-Spannung und die Spannung der zu synchronisierenden Leitung.