Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 32 (1941)
Heft: 12

Artikel: Hochspannungskabel durch den Zürichsee
Autor: Leimgruber, W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057635

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: 08.08.2025

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

Hochspannungskabel durch den Zürichsee.[1])

Von *W. Leimgruber*, Zürich.

621.315.28(494.34)

Die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) verlegten letzten Herbst zwei weitere 15-kV-Kabel durch den Zürichsee, die zur Zeit mit 8 kV betrieben werden. Die Kabel und deren Verlegung sowie deren Prüfung werden beschrieben. Ein Abschnitt ist dem Heizen der Kabel gewidmet; die Heizung war nötig, weil die Temperatur beim Umwickeln und Verlegen unter 5° lag, was die Isolation gefährdet hätte.

Les Centrales électriques du canton de Zurich (EKZ) placèrent l'automne dernier, en travers du lac de Zurich, deux autres câbles de 15 kV, fonctionnant pour le moment sous une tension de 8 kV. L'auteur décrit les câbles et leur pose, ainsi que leurs essais. Un chapitre est consacré au chauffage des câbles, nécessité par le fait que la température était inférieure à + 5° lors du bobinage et de la pose des câbles, ce qui aurait pu nuire à leur isolement.

1. Allgemeines.

Schon im Jahre 1928 haben die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) zwei Hochspannungskabel von 15 kV Nennspannung von Thalwil durch den Zürichsee nach Erlenbach verlegt[2]); sie wurden bis heute mit der im ganzen Verteilnetz der EKZ einheitlich verwendeten Spannung von ca. 8 kV betrieben.

Infolge stetiger Anschlussvermehrung auf dem rechten Zürichseeufer war das eine Kabel im Winter 1938/39 bereits voll und das andere mit ca. 65% seiner Leistungsfähigkeit belastet. Es wurde deshalb in der Folge untersucht, auf welche Weise bei namhaftem Anwachsen des Energiebedarfes in diesen Gegenden eine weitere Speisemöglichkeit geschaffen werden könnte. Die schon von Anfang an ins Auge gefasste spätere Umschaltung der beiden erwähnten Seekabel auf 15 kV und die Transformation der Spannung von 15 auf 8 kV in Erlenbach kamen noch nicht in Frage. Aus betriebstechnischen Gründen sollte vielmehr ein neuer Speisepunkt am obern Zürichsee in der Gegend von Männedorf gebildet werden. Das in der Luftlinie 12 km

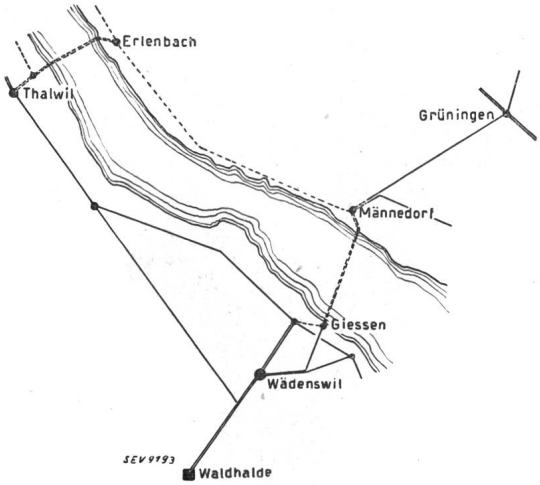

Fig. 1.
8-kV-Verteilanlagen im Gebiet des mittleren Zürichsees.
Masstab 1 : 250 000
- - - - - - - Kabelleitungen.
——— Freileitungen.

entfernte Unterwerk Rüti fiel als Energiequelle für diesen Punkt ausser Betracht, da dort kostspielige Erweiterungen nötig gewesen wären. Man entschloss sich deshalb, bestärkt durch die mit den beiden Seekabeln gemachten guten Erfahrungen, auch den obern Teil des Zürichsees zwischen Wädenswil und Männedorf mit zwei Seekabeln zu durchqueren, um so die Verbindung des obern rechten Seeufers mit dem in der Luftlinie nur 6 km entfernten Unterwerk Wädenswil herzustellen. Eine geeignete

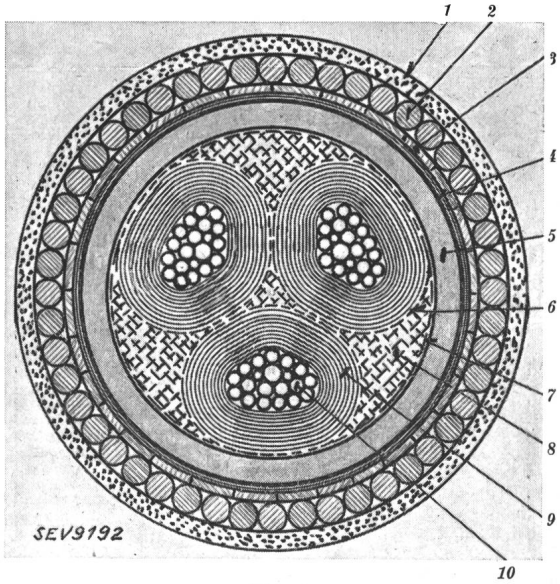

Fig. 2.
Querschnitt des Kabels.
Masstab 1 : 1.
1 Bitumierte Jute. *2* Verzinkte Runddrahtarmatur 3,6 mm ⌀. *3* Verzinkte Flachdrahtarmatur, 1,2 mm dick. *4* Bitumierte Papierbänder. *5* Bleimantel, 3,5 mm dick. *6* Metallisiertes Papierband (Höchstätterbelag). *7* Aluminiumfolien. *8* Beiläufe aus imprägniertem Papier. *9* Isolation aus imprägniertem Papier. *10* Verseilte Kupferleiter.

Verteilung der Gesamtbelastung erlaubt auch eine wesentliche Entlastung der Seekabel im untern Teil des Zürichsees.

Vom Unterwerk Wädenswil wurde eine 2,86 km lange Doppelleitung in Freileitung mit Kupferdrähten von je 3 × 8 mm Durchmesser bis ins überbaute Gebiet von Wädenswil und von da an eine Doppelleitung in Kabel von 0,52 km Länge und je 3 × 50 mm² Kupferquerschnitt bis zur See-

Fig. 3.
Querprofil des Zürichsees an der Verlegungsstelle.
Masstab: Längen 1 : 50 000
Höhen 1 : 10 000

kabelübergangsstation am See erstellt. Auf dem rechten Seeufer waren eine Kabelschaltstation, die zugleich als Uebergangsstation von den See- zu den Landkabeln dient, und eine weitere Kabelschalt-

[1]) Veröffentlichung durch das Armee-Kdo. am 5. April 1941 bewilligt.
[2]) Bull. SEV 1928, Nr. 23.

station beim Bahnhof in Männedorf nötig. Im dortigen Gebiet wurden in diesem Zusammenhang gesamthaft 2,05 km Landkabel von 3 × 50 mm² Querschnitt und 1,55 km von 3 × 70 mm² verlegt.

Die Freileitung, sowie die Land- und Seekabel sind für eine Spannung von 15 kV isoliert, werden aber auf noch unbestimmte Zeit mit ca. 8 kV be-

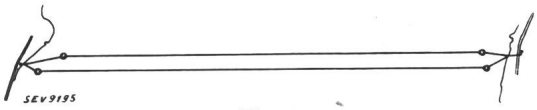

Fig. 4.
Situationsskizze der Kabel.
Masstab 1 : 50 000

trieben. Bei beiden Spannungen beträgt die maximale Belastbarkeit eines Kabels 170 A. Mit einem Kabel können also heute 2500 kVA übertragen werden; später, wenn der Uebergang auf 15 kV nötig geworden ist, werden es 4400 kVA sein.

Im nachstehenden werden die Seekabelverlegungen von Wädenswil nach Männedorf — die erste erfolgte am 15. Oktober und die zweite am 10. Dezember 1940 — kurz beschrieben und mit einigen Bildern illustriert.

Aus der Skizze Fig. 1 sind die Verteilanlagen der EKZ im Seegebiet ersichtlich. Fig. 2 zeigt den Querschnitt der Seekabel, Fig. 3 das Querprofil des Zürichsees an der für die Verlegung gewählten Stelle und Fig. 4 eine Situation.

2. Technische Daten.

a) Luftlinie von Kabelübergangsstation zu Kabelübergangsstation	3220 m
b) Gemessene Länge aus dem nach genauen Lotungen erstellten Querprofil	3260 m
c) Bestellte Länge	3350 m
d) Zuschlag für allfällige Abweichungen, hervorgerufen durch Kursschwankungen des Verlegeschiffes, 2,75 %	90 m
e) Verlegte Länge, Mittel aus beiden Kabeln	3290 m
f) Vom Zuschlag wurden gebraucht 33 % oder	30 m
g) Grösste Seetiefe	45 m

Um bei einem allfälligen Defekt das schadhafte Kabel besser auffischen und heben zu können, wurden die beiden Kabel in einem Abstand von ca. 100 m auf den Seegrund versenkt.

1 m Kabel wiegt ca. 14 kg, was bei einer Fabrikationslänge von 3350 m ein Gesamtgewicht von ca. 47 t ausmacht. Die leere Kabeltrommel inkl. Welle und Lagerung hatte ein Gewicht von rund 15 t.

3. Verlegung der Kabel.

Für die Verlegung auf der Seestrecke stand ein Ledischiff der KIBAG in Bächau von ca. 26 m Länge und ca. 6,5 m Breite mit einer Tragfähigkeit von 160 t zur Verfügung. Die Ausrüstung dieses Schiffes, den Umlad vom Bahnwagen auf das Schiff (Fig. 5 und 6) und die Verlegung führten die Lieferanten der Kabel, die Kabelwerke Brugg A.-G., aus. Der Transport der Kabel von Brugg nach Horgen erfolgte mit einem Spezialeisenbahnwagen von 63 t Ladegewicht. In Horgen wurde das Holzgerüst zur Aufnahme der Kabetrommel (Fig. 7) in das Schiff eingebaut und dieses ausgerüstet. Aus Stabilitätsgründen belud man das Schiff mit ca. 25 t Kies und erst dann erfolgte der Umlad der leeren, ca 12 t schweren Trommel vom Bahnwagen auf die im Schiff eingebauten Böcke mittels eines fahrbaren Schwenkkranes der SBB. Die Ausladung dieses Kranes reichte gerade knapp, um die genannte Last auf

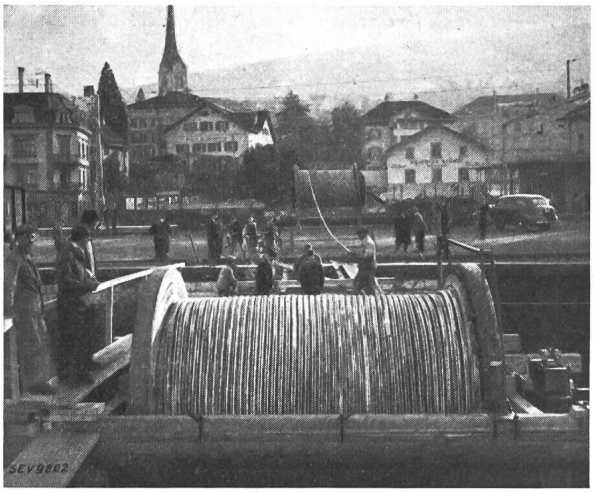

Fig. 5.
Umladung des Kabels vom Bahnwagen auf das Schiff

die Lager im Schiff zu senken und nach der Verlegung wieder zu heben.

Für das zweite Seekabel konnte dieser Kran nicht mehr verwendet werden, weil sich der Seespiegel inzwischen so stark gesenkt hatte, dass es nötig gewesen wäre, das Verlegeschiff wegen der Gefahr des Auffahrens auf Grund weiter vom Ufer entfernt zu verankern, und dann hätte die Ausladung nicht mehr gereicht. Es musste deshalb die

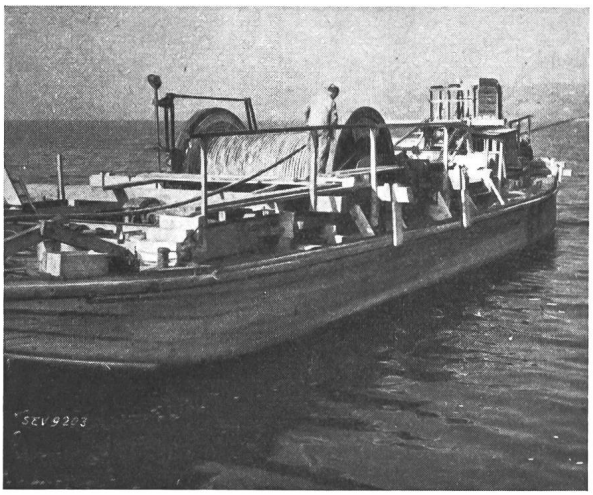

Fig. 6.
Aufwickeln des Kabels auf dem Schiff.

leere Trommel mittels eines für diese Last allerdings auch knappen Bockkranes der Firma Steinfabrik Zürichsee in Pfäffikon (Schwyz) ein- und ausgeladen werden.

Für die Umwicklung des Kabels vom Eisenbahnwagen auf die Trommel im Schiff wurde diese

mit einem 30-kW-Petrolmotor angetrieben. Diese Umwicklung erfolgte beide Male in Horgen und dauerte im Mittel 4 Stunden. Da beim Biegen von Kabeln die Isolierung gefährdet ist, wenn die Temperatur weniger als + 5° C beträgt, musste das zweite, erst anfangs Dezember umgewickelte und

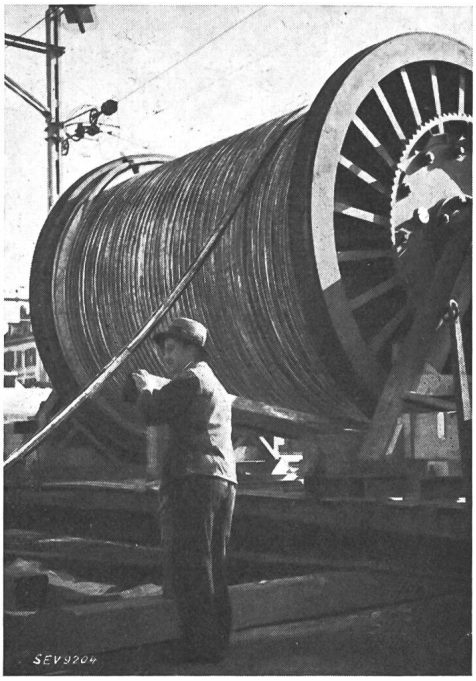

Fig. 7.
Die Kabeltrommel auf dem Bahnwagen.

verlegte Kabel erwärmt werden. Ueber diese Erwärmung wird am Schluss dieser Ausführungen näher berichtet.

Das Verlegeschiff hatte einen Antriebsmotor von 30 kW. Links und rechts wurde je ein Schlepper von 40 kW angebunden, um dem Verlegeschiff die Richtung geben zu können; dazu kam noch ein Anker-

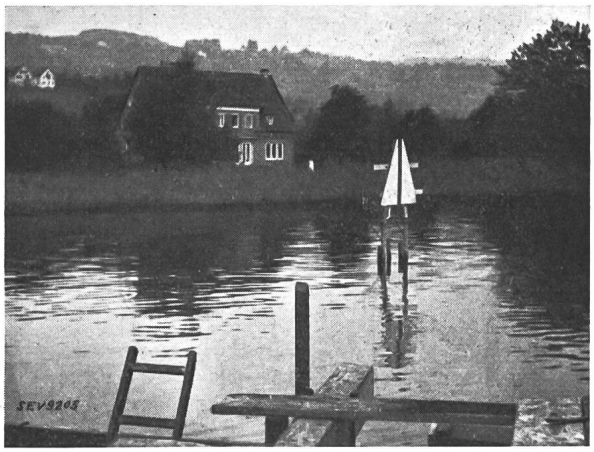

Fig. 8.
Richtungstafel am rechten Ufer.

schiff. Diese Flottille setzte sich am Morgen des 15. Oktober in Horgen Richtung Wädenswil in Bewegung und traf nach einer Stunde am Ausgangspunkt des Seekabels ein.

Vorher liessen die EKZ für die Kabel an beiden Ufern bis auf eine Wassertiefe von 4 m einen Graben von 0,5 m Tiefe in den Seegrund baggern. Für die Einhaltung der Richtung wurden an den Eckpunkten je eine Boje gesetzt und an beiden Ufern zwei Richtungstafeln (Fig. 8) aufgestellt, auf die

Fig. 9.
Verankerung des Kabels in Wädenswil.

man sich während der Ueberfahrt eindecken konnte. Jedes Kabel besass alle 100 m Kennmarken, und da mit einem Telemeter vom Schiff aus die jeweilige Entfernung vom Ausgangspunkt fortlaufend kontrolliert wurde, hätten etwaige unzulässige

Fig. 10.
Ueberfahrt.

Längenverluste infolge grosser Seitenabweichungen durch strafferes Anspannen oder sogar durch Wiederaufnahme eines Teiles des Kabels korrigiert werden können.

Nachdem in Wädenswil die ersten 26 m des Kabels gelandet, verankert (Fig. 9) und an der Austrittsstelle in den See mit Zoreseisen versehen worden waren, wurde die Ueberfahrt (Fig. 10) angetreten, welche 50 min dauerte. Während der Ueberfahrt war der Antriebsmotor für die Kabeltrommel ausgekuppelt. Um das Kabelende auf der

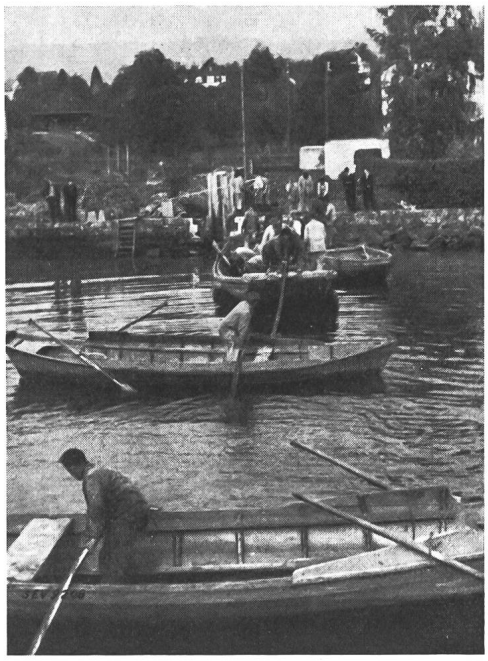

Fig. 11.
Landung des Kabels auf dem rechten Ufer.

Trommel frei zu bekommen, musste der ganze Rest des Kabels abgewickelt und am Ufer zu Achtern aufgeschichtet werden. Dann konnte mit dem freien Ende durch die Ufermauern gefahren und das Kabel von Hand in den Graben verlegt werden (Fig. 11).

Auf dem rechten Seeufer wurden ohne Längenzuschlag 115 m verlegt; diese Arbeiten dauerten bei dem guten Wetter während der Verlegung des ersten Kabels 3 Stunden, beim böigen Regenwetter mit Schneegestöber, das während der Verlegung des zweiten Kabels eintrat, 4 ½ Stunden. Der Kurs konnte auf der Ueberfahrt bei beiden Kabeln bis auf ca. ± 15 m eingehalten werden.

Das zweite Kabel wurde nicht anschliessend an das erste verlegt, weil das Kabelwerk nur zwei eiserne Spezialtrommeln von diesem Ausmass (2,9 m Länge, 1,5 m innerer und 3,3 m äusserer Durchmesser) besitzt. Beide Trommeln mussten deshalb wieder nach Brugg in das Werk zurückspediert werden, bevor mit der Fabrikation des zweiten Kabels begonnen werden konnte.

4. Elektrische Aufheizung des Kabels.

Beim Umwickeln vom Eisenbahnwagen auf das Schiff in Horgen wurde die Heizleitung an das innere Ende des Kabels auf der Trommel angeschlossen, damit auch bei einem allfälligen Unterbruch während der Umwicklung hätte nachgeheizt werden können. In Horgen stand primärseits Drehstrom von 500 V zur Verfügung, der auf 250 V herabtransformiert wurde (Transformator 50

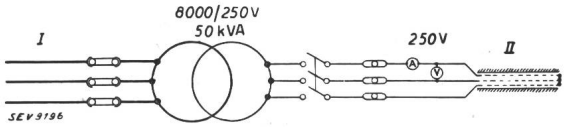

Fig. 12.
Schaltung für die Kabelaufheizung.
I 8-kV-Netz. *II* 15-kV-Kabel.

kVA, 500/250 V). Es zeigte sich dort, dass wegen der Längenänderung des Kabels (Stossen des innern Endes) vorsichtig, d. h. nicht zu viel geheizt werden soll. Am Tage der Verlegung wurde deshalb relativ wenig geheizt und nur kurz vor dem Beginn der Verlegung (Tabelle I).

Tabelle I.

Datum	Zeit	Zeitdauer min	Aussentemperatur °C	Mittl. elektr. Heizleistg. kW	Mittl. elektr. Heizstrom [1] A	Energieverbrauch kWh	Mittl. Temperaturerhöh. °C	Mittl. Kabeltemperatur °C	Bemerkungen
a) Elektrische Aufheizung des Seekabels «Männedorf-West» in Horgen vor dem Umwickeln auf das Verlegeschiff.									
Montag 9. 12. 40	0907 1048 [2]	101	3,0 3,2	44,2	109	76	11,5	3,0 14,5	Aufheizung des Kabels
	1200 1230	30	4,0 3,0	51,6	116	25,8	5,0	12,5 17,5	
	1300 1715	255							1300 ... 1715 Umwickeln d. Kabels
	1750		3,0					10,0	
b) Elektrische Aufheizung des Seekabels vor dem Verlegen in den See in Wädenswil-Giessen.									
Dienstag 10. 12. 40	0920		2,0					6,0	
	1000 1030	30	2,5 3,3	43,0	106,5	21,5	4,0	~ 6,0 ~ 10,0	1000 ... 1030 Aufheizung des Kabels

[1]) Maximal zulässiger Dauerstrom nach Verlegung des Kabels = 170 A.
[2]) 1048 . . . 1200 Befestigung des äussern Kabelendes an der Bobine auf dem Schiff.

In Wädenswil geschah die Heizung nach dem Anschlußschema Fig. 12 und der Anschluss der Heizleitung an das äussere Ende, wodurch eine Aufheizung auch während der Verlegung möglich gewesen wäre.

5. Prüfung der Kabel.

Die vertraglich festgelegten Werkproben[3]) umfassten:

a) Widerstandsmessung der Leiter.

b) Isolationsmessung bei 300 V Gleichspannung.

Es resultierten folgende Werte: 373...390 MΩkm bei 21,5 ° C für das eine Kabel und 518...559 MΩkm bei 20,5 ° C für das andere Kabel.

c) Spannungsprüfung mit 26 kV bei 50 Hz während 15 Minuten zwischen Leiter und Bleimantel.

d) Biegeprobe an einem 5 m langen Abschnitt über einem Kern von 0,75 m Durchmesser (Kabel ohne Armierung), entsprechend den VDE-Vorschriften, und anschliessend daran Spannungsprobe mit 26 kV während 15 Minuten.

e) Dielektrische Verlustmessungen (Aufnahme der Ionisationskurve) mit der Scheringbrücke. Da es nicht möglich war, die Trommeln isoliert aufzustellen, wurde nach der Methode Bormann-Seiler[4]) gemessen. Der Verlustfaktor variierte bei einem Kabel zwischen 9 und 27 kV von $\operatorname{tg}\delta = 33 \cdot 10^{-4}$ auf $\operatorname{tg}\delta = 33{,}5 \cdot 10^{-4}$, beim zweiten von $\operatorname{tg}\delta = 36 \cdot 10^{-4}$ auf $\operatorname{tg}\delta = 37 \cdot 10^{-4}$ bei 21,5 bzw. 20,5 ° C mittlerer Temperatur. Die Kapazität betrug 0,247 μF/km-Phase, gemessen mit der Scheringbrücke.

Die an sich niedern Werte des Verlustfaktors, insbesondere aber der sehr geringe Anstieg der $\operatorname{tg}\delta$-Kurve in Funktion der Spannung sind für den verwendeten Kabeltyp mit H-Schutz charakteristisch.

Die verlegten Kabel wurden vor deren Inbetriebnahme einer Gleichspannungsprobe von 35 kV zwischen Leiter und Bleimantel während 60 Minuten unterzogen. Die Prüfspannung wurde in bekannter Weise mit einem Röhrengleichrichter in Greinacher-Schaltung erzeugt.

[3]) Vgl. Entwurf: Leitsätze des SEV für Hochspannungskabel, Bull. SEV 1940, Nr. 20, S. 481.

[4]) ETZ Bd. 46 (1925), S. 114.

Die Entwicklung der elektrischen Grossküche in der Schweiz.

Vom *Sekretariat des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes* (A. Härry), Zürich.

621.364.5 : 643.3.024(494)

Als Fortsetzung unserer regelmässigen Berichterstattung über die Entwicklung der elektrischen Grossküche in der Schweiz[1]) geben wir im folgenden (Tabelle I) die Zahlen für das vergangene Jahr 1940 bekannt:

Es wurden im Jahre 1940 neu angeschlossen:

Tabelle 1.

Standort	Zahl der Küchen	Anschlusswert kW
Hotels und Restaurants	67	1 847
Anstalten	70	3 192
Spitäler	14	645
Verschiedene gewerbl. Betriebe .	9	454
Total	160	6 138

In den Zahlen über den Anschlusswert sind auch Erweiterungen bereits bestehender Küchen im Betrage von 452 kW inbegriffen.

Die Ende 1940 in Betrieb stehenden elektrischen Grossküchen in der Schweiz setzen sich wie folgt zusammen (Tabelle II):

Tabelle II.

Standort	Zahl der Küchen	Anschlusswert kW
Hotels und Restaurants	971	31 452
Anstalten	531	22 544
Spitäler	191	9 973
Verschiedene gewerbl. Betriebe .	171	6 811
Total	1 864	70 780

Der mittlere Anschlusswert pro Grossküche beträgt auf Ende 1940 = 38,0 kW, genau gleichviel wie Ende 1939. In der bisher festgestellten Zunahme des mittleren Anschlusswertes scheint eine Stabilisierung eingetreten zu sein.

A. Härry.

[1]) Bull. SEV 1940, Nr. 15, S. 334.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Chauffage électrique des couches [1]).

(Reproduit du Journal d'horticulture du Canton de Vaud, de juillet 1940.)

621.364.9 : 631.544

Dès 1937, des essais sur le chauffage électrique des couches et serres ont été entrepris aux serres de la ville de Lausanne. Un premier carré de couches fut chauffé par ce moyen puis, les résultats ayant été satisfaisants au point de vue technique, deux autres sections furent équipées électriquement. C'est ensuite de ces essais successifs et sur les enseignements qui en ont résulté que nous nous proposons de donner ici quelques renseignements utiles.

Le but du chauffage électrique des couches est connu. Il s'agit de remplacer la principale source de chaleur utilisée ordinairement par les horticulteurs au moyen de la fermentation du fumier dans les couches par des câbles chauffant le sol. On sait qu'il est très difficile de maintenir une chaleur constante de 18 à 20 ° avec le fumier pendant un temps assez long et que, suivant les cultures, il est nécessaire de le remanier pour permettre à la fermentation de reprendre lorsque la température s'abaisse au-dessous de 15 °. Si l'on ajoute la main-d'œuvre nécessaire à ces opérations et la rareté du fumier, on comprendra l'avantage d'avoir recours à une autre source de chaleur.

La question est différente s'il s'agit de chauffer le sol et l'air de la couche ou le sol seul. Lors des premiers essais entrepris, c'est à la fois le sol et l'air qui ont été chauffés au moyen de câbles souterrains et aériens. Les résultats ont été tout à fait encourageants quant au chauffage du sol, mais négatifs pour le chauffage de l'air. La terre permet une accu-

[1]) Voir aussi Bulletin ASE 1935, No. 23.