

*Symbolisme méthode Feyel*

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

# BULLETIN

GEMEINSAMES PUBLIKATIONSORGAN  
DES SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS (SEV)  
UND  
DES VERBANDES SCHWEIZ. ELEKTRIZITÄTSWERKE (VSE)

XXII. JAHRGANG

N<sup>o</sup> 5

Mittwoch, 4. März 1931

## INHALT:

	Seite
Neue Kontakte elektrischer Apparate für grössere Stromstärken. Von <i>K. Kestl</i> , Ingenieur, Prag . . . . .	105
Die symbolische Rechnung der Wechselstromtechnik und die ebene Vektorrechnung (Fortsetzung von Seite 99 und Schluss). Von Prof. <i>Max Landolt</i> , Winterthur . . . . .	113
Bericht über die Diskussionsversammlung für Fragen über Förderung der Elektrizitätsverwertung, Dienstag, den 14. und Mittwoch, den 15. Oktober 1930 (Fortsetzung von Seite 103) . . . . .	121
Elektrifizierte Wohnkolonien in Zürich. Referat von <i>W. Trüb</i> , Direktor des E. W. der Stadt Zürich . . . . .	121
Wirtschaftliche Mitteilungen . . . . .	128
Energieproduktionsstatistik des VSE 128 — Geschäftsberichte 1929/30: Wäggitäl A.-G. 130 — Aargauisches E. W. 130 — Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft in den U.S.A. 1930 130 — Stromausfuhrbewilligungen 130	
Miscellanea . . . . .	130
Foire de Paris 1931 130	
Literatur . . . . .	131
Starkstromtechnik, von <i>E. v. Rziha</i> und <i>J. Seidener</i> 131 — Elektrische Ausgleichsvorgänge und Operatorenrechnung, von <i>J. R. Carson</i> 131	
Normalisation et marque de qualité . . . . .	132
Qualitätszeichen für Steckkontakte 132 — für Schalter 132	
Vereinsnachrichten . . . . .	132
Drucksachen des SEV 132 — Elektrizitätsverbrauchsmessersysteme 132	

---

### REDAKTION:

GENERALSEKRETARIAT DES SEV & VSE, ZÜRICH 8, SEEFELDSTRASSE 301. TELEPHON: 49.660

### DRUCK UND VERLAG:

FAOHSCHRIFTEN-VERLAG & BUCHDRUCKEREI A.-G., ZÜRICH, STAUFFACHERQUAI 36-38. TELEPHON: 51.740



Der Schweizerische Elektrotechnische Verein (SEV) bezweckt die Förderung der Elektrotechnik in der Schweiz und die Wahrung der gemeinsamen Interessen seiner Mitglieder. Er umfasst mit ca. 2000 Mitgliedern den Grossteil der Fachkreise der schweizerischen Elektrotechnik. Der Verein wird von einem Vorstand geleitet, der zur Zeit wie folgt zusammengesetzt ist:

Präsident:

*J. Chuard*, Direktor der Bank für elektrische Unternehmungen, Zürich.

Vizepräsident:

*A. Zaruski*, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt St. Gallen.

Uebrige Mitglieder:

*E. Baumann*, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Bern.  
*A. Calame*, Oberingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden.

*H. Egli*, Ingenieur, Zürich.

*E. Payot*, Direktor der Schweizerischen Gesellschaft für elektrische Industrie, Basel.

*F. Schönenberger*, Ingenieur und Prokurist der Maschinenfabrik Oerlikon, gestorben am 1. Januar 1931.

*K. Sulzberger*, Dr. phil., Ingenieur, Zürich.

*A. Waeber*, ingénieur en chef des Entreprises électriques Fribourgeoises, Fribourg.

Generalsekretär:

*F. Largiadèr*, Ingenieur, Zürich.

Der Verein betreibt als selbständige Institution die *Technischen Prüfanstalten*, und zwar:

Ein *Starkstrominspektorat* unter Leitung von Oberingenieur *P. Nissen* zur Inspektion der Starkstromanlagen und Kontrolle ihrer Instandhaltung nach den Bundesgesetzen und Vorschriften und den Vorschriften des SEV für Hausinstallationen.

Eine *Materialprüfanstalt* für die Untersuchung von Materialien und Apparaten der Elektrotechnik nach den Vorschriften und Normalien des Vereins oder nach besonderen vom Auftraggeber mit der Anstalt vereinbarten Prüfprogrammen, eine *Eichstätte* für die Prüfung, Eichung und Reparatur elektrischer Messinstrumente, sowie die Ausführung auswärtiger elektrischer Messungen, beide unter Leitung von Oberingenieur *F. Tobler*. Die Eichstätte ist offizielles Prüffamt für Elektrizitätsverbrauchsmesser.

Der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) umfasst Elektrizitätswerke und elektrische Bahnen, welche sämtlich auch dem Schweizerischen Elektrotechnischen Verein als Mitglieder angehören und bezweckt die Förderung der Elektrizitätswirtschaft in der Schweiz und die Wahrung der gemeinsamen Interessen seiner Mitglieder und bedeutender Gruppen derselben durch die gemeinsame Lösung technischer und wirtschaftlicher Fragen, durch die Einwirkung auf Behörden und Öffentlichkeit. Dem Verband gehören ca. 350 Elektrizitätswerke an. Er wird geleitet von einem Vorstand, der zur Zeit wie folgt zusammengesetzt ist:

Präsident:

*R. A. Schmidt*, Direktor der S. A. l'Énergie de l'Ouest Suisse, Lausanne.

Uebrige Mitglieder:

*C. Andreoni*, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Lugano.

*J. Bertschinger*, Direktor der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Zürich.

*H. Geiser*, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Schaffhausen.

*E. Graner*, Direktor der Société des Forces motrices de la Goule, St-Imier.

*P. Keller*, Direktor der Bernischen Kraftwerke A.-G., Bern.  
*A. de Montmollin*, chef du Service de l'Électricité de la ville de Lausanne, Lausanne.

*H. Niesz*, Direktor der Motor-Columbus A.-G., Baden.

*W. Trüb*, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich, Zürich.

Generalsekretär:

*F. Largiadèr*, Ingenieur, Zürich.

Sekretär:

*O. Ganguillet*, Ingenieur, Zürich.

Der Verband betreibt eine *Einkaufsabteilung* unter Leitung von Ingenieur *O. Ganguillet*, welche bezweckt, den Mitgliedern des Verbandes die Beschaffung allgemein notwendiger Materialien zu günstigen Bedingungen zu ermöglichen und die Qualität der Ware durch technische Vorschriften und regelmässige Prüfungen zu sichern. Es bestehen gegenwärtig Abmachungen betreffend Glühlampen, isolierte Drähte, Isolierrohre, Gummibleikabel, Mineralöl für Transformatoren und Schalter, sowie elektrothermische Apparate.

Die Geschäfte beider Verbände führt das gemeinsame Generalsekretariat des SEV und VSE, das auch die *Redaktion* des Bulletin des SEV besorgt.

Das Bulletin des SEV

ist das gemeinsame Publikationsorgan des SEV und VSE und wird jeden zweiten Mittwoch, ausserdem am Anfang des Jahres das Jahreshft, allen Mitgliedern beider Verbände gratis und franko zugestellt.

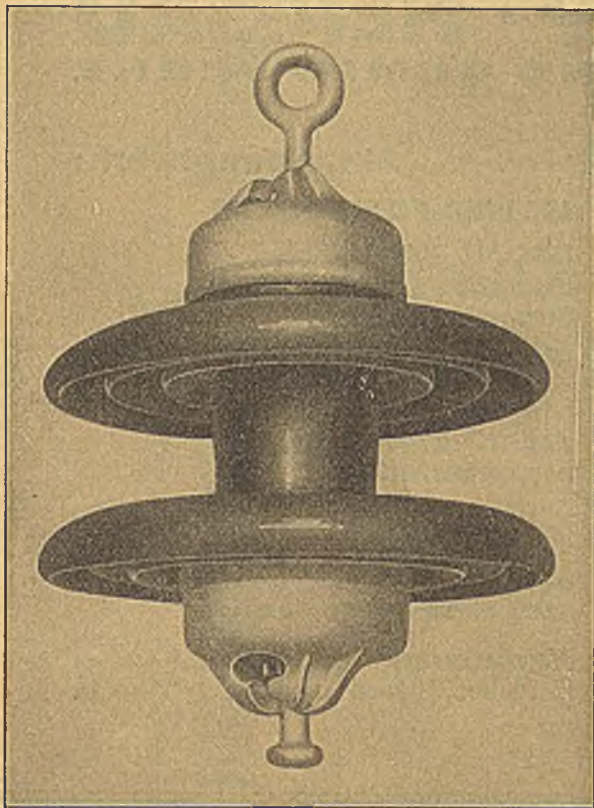
Für Nichtmitglieder beträgt der Abonnementspreis des Bulletin pro Jahr Fr. 25.— für die Schweiz, Fr. 35.— für das Ausland, das Halbjahresabonnement für die Schweiz Fr. 15.—, für das Ausland Fr. 20.—. Einzelne Nummern sind vom Verlag zu beziehen; der Preis, inkl. Porto, beträgt für die Schweiz Fr. 1.50, für das Ausland Fr. 2.—.

Alle den *Inhalt* des Bulletin betreffenden Mitteilungen sind an das Generalsekretariat des SEV und VSE, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, zu richten, Telefon 49.660. Alle Mitteilungen betreffend *Abonnement, Expedition und Inserate* sind zu richten an die Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G., Stauffacherquai 36/38, Zürich, Telefon 51.740.

Autoren von Hauptartikeln erhalten 5 Exemplare der betreffenden Bulletin-Ausgabe gratis zugestellt. Weitere Bulletin-Nummern können sie zum Vorzugspreis von Fr. 0.50 pro Exemplar durch das Generalsekretariat des SEV und VSE beziehen, sofern sie ihren Bedarf jeweilen fünf Tage vor dem Erscheinen der betreffenden Nummer anmelden. Separatabzüge werden nur auf besonderes Verlangen (das ebenfalls vor den obgenannten Terminen geltend zu machen ist) und gegen Erstattung der Selbstkosten hergestellt.



# CAMILLE BAUER • BASEL



Vertretung für die Schweiz der  
**Porzellanfabrik**  
**Ph. Rosenthal & Co. A.-G., Selb**

## Motor-Isolator mit 2 Porzellan- schirmen

bis zu **13 000 kg** garantierte  
Bruchlast.



Bisher insgesamt

**450 000 Stück**

an die grössten Elektrizitätswerke  
des In- und Auslandes  
geliefert.



*Camille Bauer*  
*Basel*  
**H&B** vertritt für die  
*Schweiz*

## LINIENSCHREIBER

zur fortlaufenden Aufzeichnung von elektrischen Meßgrößen (Strom, Spannung, Leistung, Leistungsfaktor, Frequenz, Widerstand) sowie von elektrisch fernübertragenen wärmetechnischen Meßgrößen.

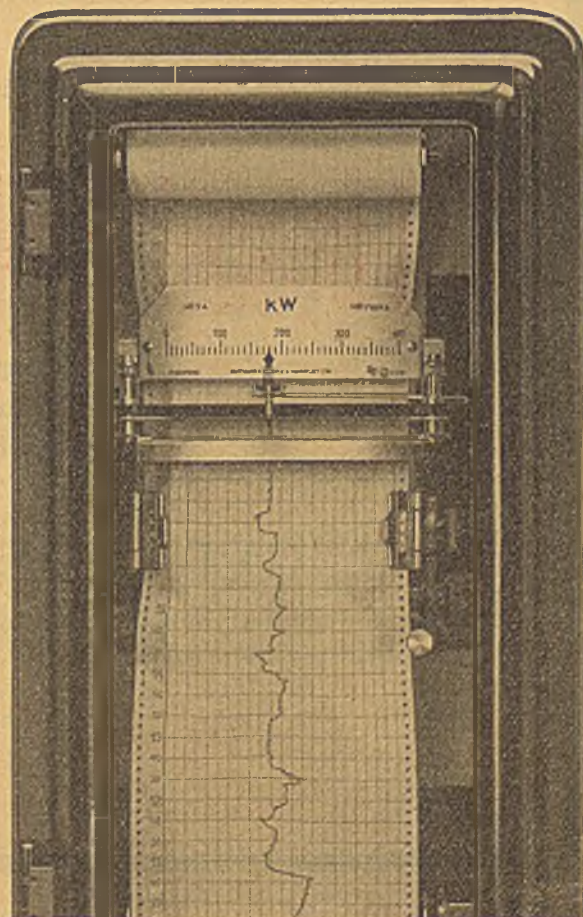
Schöne spritzwasserdichte Gehäuse für Auf- und Einbau / kleine und große Form (Streifenbreite 90 und 135 mm) / Sonderausführung als Zeitschreiber.

H&B-Linienschreiber arbeiten zuverlässig und störungsfrei. Das Meßwerk erfährt die schwankende Meßgröße auf das genaueste / die Feder schreibt die Kurve in sauberem Tintenstrich / der Streifenvorschub erfolgt durch Uhrwerk oder ferngesteuertes elektrisches Klinkwerk.

**HARTMANN & BRAUN**

**A-G**

**FRANKFURT/MAIN**





# SUHNER & CO · HERISAU

## DRAHT-, KABEL- UND GUMMIWERKE

### Abt. Drahtfabrik:

Isolierte |

#### **Leistungsdrähte, Seile und Schnüre**

nach Normalien des S. E. V.

#### **Gummi-isolierte Hoch- spannungskabel**

nach V. S. M.-Normalien.

#### **Gummibleikabel und Telephon-Bleikabel / Dynamo-Seiden- und Emaildrähte / Sonne- riedrähte / Telephon- drähte**

nach O. T. D.-Vorschriften.

#### **Blanke Kupferseile / Kabelschutzseisen**

### Abt. Gummiwerk:

#### **ISOLIER-FORMSTÜCKE**

aller Art, aus

#### **Ebonit, Stabilit und Suconit** (gummifrei)

mit oder ohne eingepresste  
Metallteile, nach Zeichnung  
oder Muster, für

#### **Stark- und Schwach- stromtechnik**

sowie  
für die Kunstseiden-Industrie

#### **Ueber**

**2500 verschiedene Formen**

#### **Hartgummi**

in Platten, Stäben u. Rohre

121

Verlangen Sie

# Qualitätsarbeit!

Solche liefert Ihnen prompt und zu  
bescheidenen Ansätzen das Spezial-  
geschäft für Freileitungen

## GEBRÜDER RÜTTIMANN

Elektrische Unternehmungen in Zug und Lausanne.

Ausführung im In- und Ausland.

198/1



**FACHSCHRIFTEN-VERLAG  
& BUCHDRUCKEREI A-G.  
ZÜRICH**

**KATALOGE**

**DISSERTATIONEN**

**ZEITSCHRIFTEN**

**PROSPEKTE**

edv62f611suo

**QUALITÄTS-  
DRUCKSACHEN**

**MAN VERLANGE OFFERTE U. VERTRETERBESUCH**



ENTREPRISES ELECTRIQUES  
**O. BURGI & C<sup>IE</sup>**  
**LAUSANNE - ZURICH**

Maison spéciale pour la construction de lignes aériennes  
Pose de câbles système breveté

1840

**Electrification de chemins de fer**



**SCHINDLER-MOTOREN**

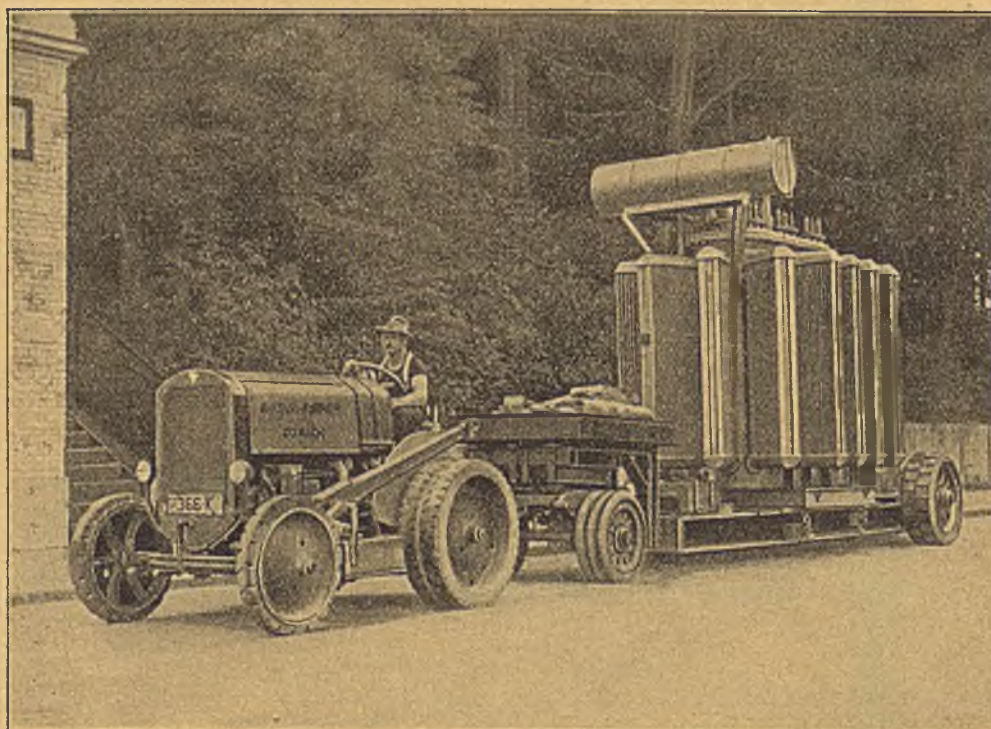


**SCHINDLER & C<sup>IE</sup>.**  
MOTORENFABRIK  
**LUZERN**

328

**A. WELTI-FURRER AG. • ZÜRICH**

Grosstransporte über Land jeder Art



Gummibereifte Spezial-Transportwagen  
bieten die grösste Gewähr für Transportsicherheit und Sorgfalt

308



# Unfall- und Lebens-

Versicherungen

aller Art

schliessen Sie vorteilhaft ab bei

## „WINTERTHUR“

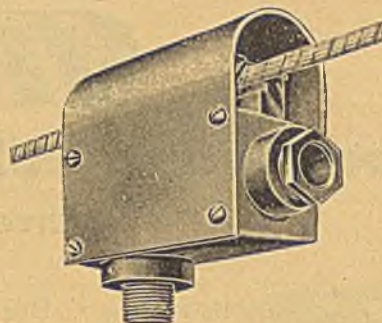
Schweizerische  
Unfall-Versicherungs-  
Gesellschaft

Lebens-  
Versicherungs-  
Gesellschaft

in

Winterthur

151



Ein  
**neuer Leuchtenträger**  
für Strassenbeleuchtungen

Besonders geeignet für  
Bleikabel - Anschlüsse

Verlangen Sie ein Muster,  
damit Sie sich von der Zweck-  
mässigkeit überzeugen können

### OTTO FISCHER A.-G.

Elektrotechnische Bedarfsartikel en gros

**ZÜRICH 5**

Telephon 37.663

Sihlquai 125

PORZELLANFABRIK  
**NORDEN A. G.**  
KOPENHAGEN-VALBY

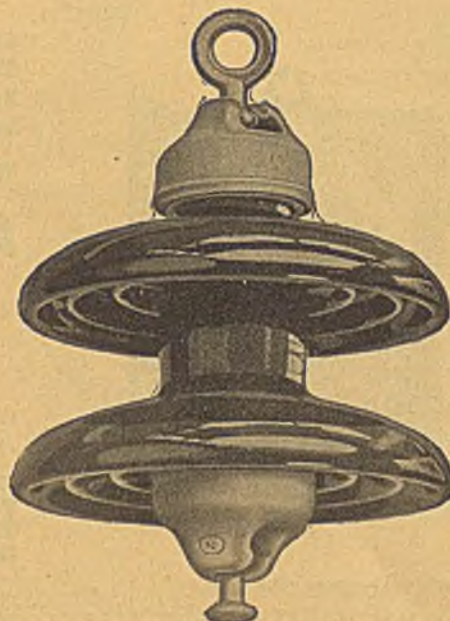


Generalvertreter für die Schweiz:

**Hans Füglistler, Höngg-Zürich**

Ingenieur E. T. H.

Ottenbergstr. 69 — Telephon Nr. 29.908



163

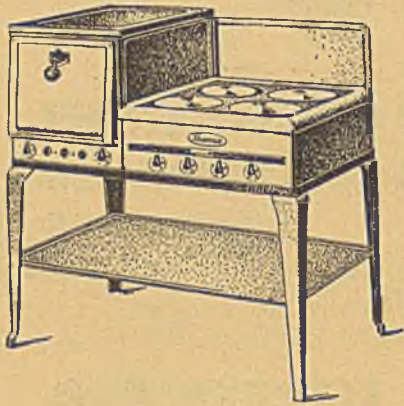
Bisher: **85 000 Stück Motorisolatoren** an schweizerische Firmen geliefert



# Therma

**Kochherde in vollständig neuer Ausführung**

**unverwüstlich - rostfrei**

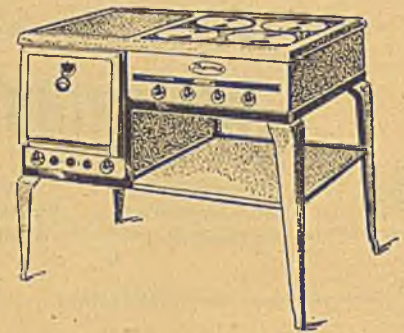


Bei bisheriger Wattaufnahme  
50 % kürzere Aufheizzeit  
des Backofens

Mühevolle Bedienung  
und Reinigungsmöglichkeit

Lieferbar in blaugrau, weiss  
und grün Email

Verlangen Sie  
unsere einschlägigen Prospekte!



**„Therma“ A.-G. Schwanden (Glarus)**

293

Durch:

**Seine Qualität**  
**Seine leichte Handhabung**  
**Seine minimalen Unterhaltungskosten**  
**Seine besten Kombinationsmöglichkeiten**

wird der

**Automatische Apparat**

**SAIA**

172/2

mit Vorzug in jeder automatischen  
Anlage verwendet:

**Zeit- und Temperaturschalter**  
**Tarif- und Steueruhren**  
**Thermoregulatoren**  
**Relais etc., etc.**

Verlangen Sie eine  
unverbindliche Offerte von

**A.-G. für Schaltapparate**  
**Gerbergasse 27 Bern**



REDAKTION:

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

VERLAG UND ADMINISTRATION:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G., Zürich 4  
Stauffacherquai 36/38

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXII. Jahrgang

N<sup>o</sup> 5

Mittwoch, 4. März 1931

Neue Kontakte elektrischer Apparate für grössere Stromstärken.

Von K. Kestl, Ingenieur, Prag.

621.316.5.066.6

Der Autor beschreibt die Entwicklung von neuen Fingerkontakten für grosse Stromstärken. Diese neuen Kontakte können je nach Stromstärke aus einer Reihe gleicher Elemente zusammengesetzt werden. Die «festen» Fingerkontakte sind drehbar gelagert, abgedeutert und mit hydraulischer Dämpfung versehen. Besonders eingehend wird die elektrodynamische Kompensation und das «Abspringen» beim Einschalten behandelt. Neben hoher Betriebssicherheit weist dieser Kontakt den Vorteil leichter Serienherstellbarkeit und einfacher Montage auf.

L'auteur décrit le développement de nouveaux contacts à doigts pour grandes intensités. Ces nouveaux contacts sont constitués par un assemblage d'éléments pareils entre eux, dont le nombre varie suivant l'intensité. Les contacts «fixes» sont montés à pivot, munis de ressorts et d'un amortisseur hydraulique. La compensation électrodynamique et l'«effet d'écartement» lors de l'enclenchement sont traités d'une manière très approfondie. A côté d'une grande sécurité de service, ces nouveaux contacts offrent l'avantage de pouvoir être fabriqués facilement en série et montés très simplement.

Im vergangenen Jahrgange des «elektrotechnicky obzor, 1929», habe ich die Berechnungsmethoden und eine charakteristische Beschreibung von Messer-, Bürsten- und Fingerkontakten für kleine Drücke angegeben.

Zu dieser Zeit waren schon einige hundert Oel- sowie Luft- und Trennschalter für grosse Stromstärken in Betrieb, welche mit Kontakten nach einem neuen System ausgerüstet waren und welche ich erst jetzt, nachdem dieselben praktisch erprobt wurden und entsprechende Erfahrungen vorliegen, behandeln will.

Dem Problem der Kontakte grosser Stromstärke wurde in den letzten Jahren eine grosse Sorgfalt zugewandt und man bildete Kontakte aus, die den gestellten Bedingungen voll entsprachen und von welchen der Siemenssche hydraulisch gedämpfte, konzentrische Kontakt und der BBC-Solenoidkontakt besondere Aufmerksamkeit verdienen.

Die Erfahrungen, welche ich bei zahlreichen Versuchen und in der Praxis mit Kontakten verschiedener Konstruktion erwarb, stimmen mit den Resultaten der Erfahrungen Kesselrings<sup>1)</sup> fast vollkommen überein; ich kann daher von der Wiedergabe meiner eigenen Messungen absehen.

Da beim Entwurf von Oelschaltern grosser Normalstromstärken konzentrische Kontakte gewisse konstruktive Schwierigkeiten ergeben und es notwendig ist, diese mit Hauptkontakten anderer Systeme zu kombinieren, war es mein Bestreben, das einheitliche Prinzip der Fingerkontakte für alle normalen Ströme zu wahren; dies wurde auch durch die Anordnung nach Fig. 1 erreicht.

In dem aus gezogenem Kupferprofil hergestellten Bügel A sind ebenfalls aus Kupferprofil bestehende Finger C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> drehbar gelagert, welche entweder durch Spiral- oder Blattfedern B abgedeutert werden. Das bewegliche Messer D wird zwi-

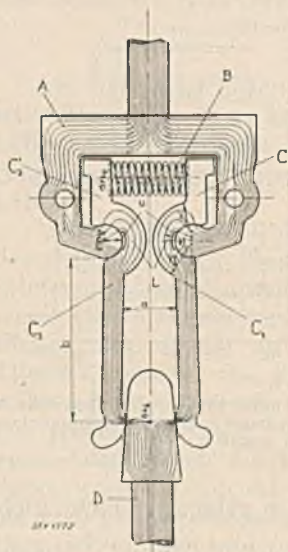


Fig. 1.  
Schematische Darstellung eines Oelschalterkontaktes.



Fig. 2.  
Kontakt für Oelschalter.  
Normalstrom 300 A.  
Kurzschlussstrom 25000 A.

schen beide Finger C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> eingeführt. Aus der Disposition ist ohne weiteres klar, dass bei einer genügenden Spannung der Feder B zwischen dem beweglichen Messer D und den Fingern C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> bedeutende Drücke erzielt werden können und dass

<sup>1)</sup> E.T.Z. 1929, S. 1009. Heft 2.



der Druck in den Lagern der Finger, welche um die walzenförmig ausgebildeten Enden des Bügels *A* drehbar sind, sehr bedeutend ist, so dass der Uebergangswiderstand im Berührungspunkte, der mit wachsendem Druck asymptotisch abfällt, sehr gering und nicht höher ist, als wenn beide Teile (*C, A, C, A*) durch ein bewegliches Band leitend verbunden wären (Fig. 4).

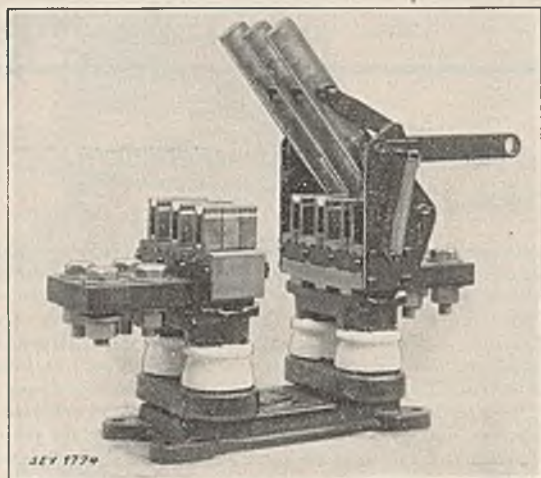


Fig. 3.  
Trennschalter für 2000 A, 500 V  
ausgeführt von Wagner & Co., Olmütz.

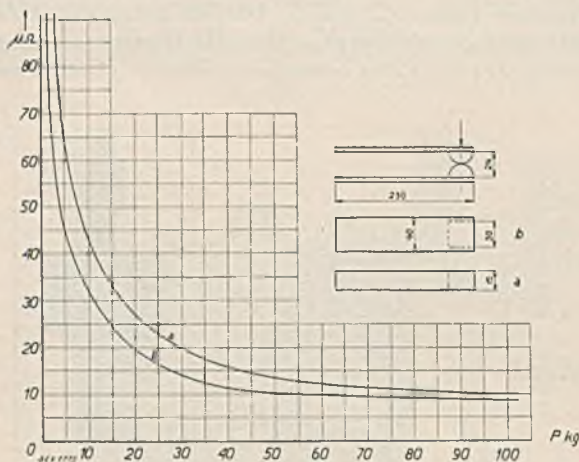


Fig. 4.  
Verlauf des Uebergangswiderstandes im Berührungspunkt in  $m\Omega$ , als Funktion des Berührungsdrukkes in kg bei Linearkontakten nach *a* und *b*.

Die Feder *B* ist in Teilen gelagert, welche nicht stromdurchflossen sind.

Die beschriebene Kontaktanordnung ermöglicht es auf einfache Weise, durch Unterteilung der Kontaktfinger in viele schmale, selbständig abgefederte Elemente, die repulsiven Kräfte, die beim Kurzschluss das Abheben der Kontakte bewirken, elektrodynamisch zu kompensieren. Ferner gestattet sie bequeme Anordnung von hydraulischen Stossdämpfern zur Beseitigung des mechanischen Abspringens der Kontakte beim Einschalten. Dies sind die Hauptvorteile der neuen Konstruktion.

*Elektrodynamische Kompensation.*

In der Literatur wurde schon öfters die Möglichkeit einer elektrodynamischen Kompensierung der repulsiven Kräfte, welche zwischen dem beweglichen Messer und den Fingern im Berührungspunkte auftreten, behandelt<sup>2)</sup>.

Hiebei wurde vielfach für die rechnerische Behandlung gleichmässige Stromverteilung über den

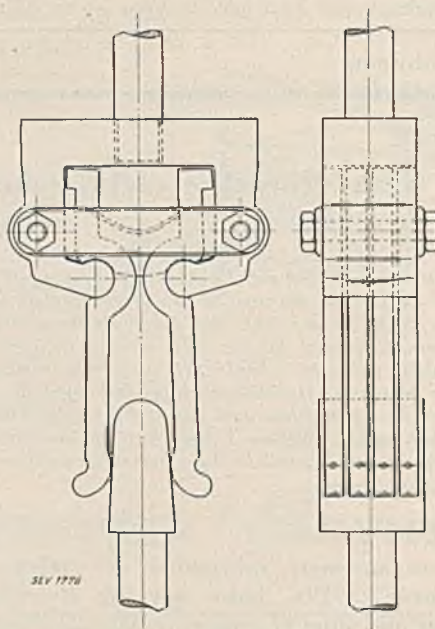


Fig. 5.  
Zerlegung der Finger in Elemente.

Fingern eines Kontaktes vorausgesetzt. Den unter dieser Annahme, beispielsweise von Clerk, aufgestellten Gleichungen für die elektrodynamische Kompensation von Fingerkontakten kommt jedoch nur theoretische Bedeutung zu, da eine symmetrische Stromverteilung in Wirklichkeit bei gut ausgeführten Kontakten nur äusserst selten auftreten wird<sup>3)</sup>.

Um gleiche Stromverteilung zu erzielen, müssten die Kontakte äusserst sorgfältig, in vollständig symmetrischer Form, aus gleichem Material, mit gleichem Kontaktdruck hergestellt werden. Selbst wenn dies gelänge, würde sich schon nach wenigen Abschaltungen grösserer Stromstärken der unsymmetrische Abbrand bemerkbar machen. Dieser hat zur Folge, dass die beiden Finger eines Kontaktes das bewegliche Messer ungleichzeitig und nicht mehr mit gleichem Druck berühren. Dass insbesondere die ungleichzeitige Berührung, und zwar in Abhängigkeit von der Schaltgeschwindigkeit, weitere unsymmetrische Zerstörungen der Kontakt-oberfläche bewirkt, ist klar. Unsere Kontakte verhalten sich in dieser Hinsicht gegenüber anderen noch recht günstig, die Herstellung aus normalisierten, fertiggezogenen kalibrierten Profilen schliesst die Ungenauigkeit der Handarbeit zum voraus

<sup>2)</sup> Siehe Kesselring, E.T.Z. 1929, das Schalten grosser Leistungen, Clerc R.G.E. usw.

<sup>3)</sup> Siehe R.G.E. 18 août 1920.



aus. Die Verwendung von nur einer Feder für ein Kontaktpaar bewirkt einen fast völligen Ausgleich des Kontaktdruckes beider Finger. Es hat sich daher gezeigt, dass auch durch häufiges Schalten stark abgebrannte Kontakte noch immer ziemlich symmetrische Zerstörungen aufwiesen.

Um den Einfluss der unsymmetrischen Stromverteilung zahlenmässig feststellen zu können, setzt man auf Grund der Holmschen Forschungen über den Uebergangswiderstand<sup>4)</sup> folgendes voraus:

1. dass der Kontakt des Fingers mit dem beweglichen Messer durch eine kleine, ringförmige «a-Fläche»<sup>4)</sup> vom Durchmesser 2 r gebildet wird. Diese Fläche sei als «Berührungspunkt» bezeichnet;
2. dass der Uebergangswiderstand im Kontaktfinger dem Durchmesser des Berührungspunktes verkehrt proportional, die Stromstärke also direkt proportional sei;
3. dass die Summe der Berührungsflächen bei einem Kontaktpaar nach Fig. 6, und zwar zwischen den beiden Fingern C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> (Fig. 1) und dem beweglichen Messer B stets konstant bleibt, d. h., dass für die Definition nach Punkt 1:  $\pi (r_1^2 + r_2^2) = K$  gilt.

Die Annahme 3 trägt den wirklichen Verhältnissen Rechnung, die Gesamtfläche eines resp. mehrerer Berührungspunkte eines Kontaktes ist bei gleichem Material und gleicher Temperatur vom gesamten Kontaktdruck abhängig. Den Einfluss der Temperaturänderung auf die Grösse der Berührungspunkte und auf den spezifischen Widerstand soll vernachlässigt werden.

Zeichnen wir zuerst die Kurven der Anziehungskräfte zweier paralleler Zweige, bei unsymmetrischen, partiellen Strömen im Verhältnis I'/I. Wie ersichtlich, wird die Anziehungskraft am grössten sein für I'/I = 50 %, wobei I die gesamte Stromstärke, I' die partielle Stromstärke des einen Zweiges und I'' = I - I' bedeutet.

In Fig. 6 sind diese Kurven P<sub>p</sub> eingezeichnet für das Verhältnis der Entfernung a zur Länge b der Finger von 2,58 und 3,5.

Ferner zeichnen wir die Repulsionskräfte P<sub>r</sub> nach Drudes Gleichung mit der Korrektur von Biermanns ein und setzen im ersten Falle voraus, dass der Halbmesser der Kontaktberührungsfläche bei I'/I = 50 % 1 mm (P<sub>r1</sub>), im zweiten Falle 2 mm (P<sub>r2</sub>), im dritten Falle 4 mm (P<sub>r3</sub>) ist. Wie vorausgesetzt, ändert sich die Stromstärke in beiden Fällen proportional der Kontaktfläche.

Aus Diagramm Fig. 6 ist ersichtlich, dass eine grössere Stromunsymmetrie bedeutende einseitige Repulsionskräfte hervorrufen kann. Die Ordinaten der zwischen den Kurven P<sub>p</sub> und P<sub>r</sub> schraffierten Fläche zeigen dies deutlich. Während die Ordinaten

<sup>4)</sup> Siehe Holm, Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern (1929). Holm unterteilt die wirkliche Berührungsfläche zweier Kontakte in «a-Flächen» mit reinem metallischem Kontakt, in «b-Flächen» mit nicht metallischem Kontakt und in «c-Flächen» mit metallischer Spitzenberührung. Für den Uebergangswiderstand massgebend ist die Grösse der «a-Flächen». Der Uebergangswiderstand ist der Grösse dieser Flächen annähernd umgekehrt proportional.

der mit + bezeichneten Fläche den Druckzuwachs zwischen den Kontakten darstellen, müssen diejenigen Kräfte, welche den Ordinaten in der mit - bezeichneten Fläche entsprechen, durch die Federkraft gedeckt werden, wenn keine Abhebung der Kontakte eintreten soll.

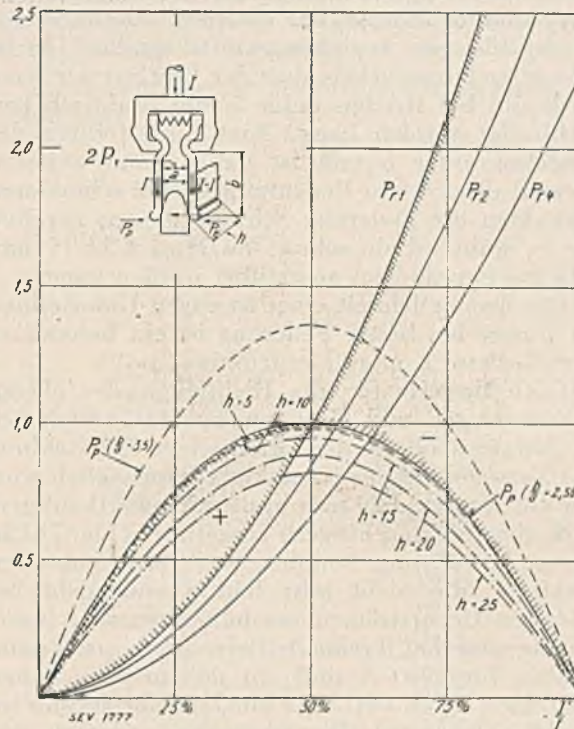


Fig. 6. Anziehungskräfte P<sub>p</sub> und Repulsionskräfte P<sub>r</sub> in 100% in Funktion der Stromunsymmetrie I'/I.

Als Sicherheit gegen den Einfluss unsymmetrischer Stromverteilung kann man entweder das Verhältnis b/a vergrössern oder die Zahl der Berührungspunkte durch geeignete Kontaktteilung erhöhen.

Dieses Mittel wurde bei den Kontakten der beschriebenen Bauart angewandt. Ist beispielsweise ein Kontaktpaar mit 15 000 A bei einer Unsymmetrie von 70 % belastet (also ein Finger mit 10 000 A, der andere Finger mit 4500 A), dann ist die Anziehungskraft P<sub>p</sub> = 1,34, während das grössere P<sub>r</sub> = 2,94 kg beträgt. Die Differenz P<sub>r</sub> - P<sub>p</sub> = 2,94 - 1,34 = 1,6 kg, muss daher durch die Vorspannung der Feder gedeckt werden. Sowohl eine genügende Federung als auch die zweckmässige Verteilung der Kontakte lässt sich einfach und zuverlässig durchführen.

Diese Berechnung soll nur zur Orientierung dienen. Die relativen Verhältnisse entsprechen allerdings angenähert der Wirklichkeit.

Bei breiten Fingern kann der Einfluss der Kontaktbreite auf die Anziehungskräfte zweier paralleler Leiter nicht vernachlässigt werden.

Für breite Finger gilt die Gleichung:

$$P_p = 2,04 i^2 \frac{b}{h} \left( 2 \arctan \frac{h}{a} - \frac{a}{h} \ln \frac{a^2 + h^2}{a^2} \right) 10^{-8} \text{ kg}$$



Hierin bedeutet:  $a$  die Entfernung zwischen den Fingern,  $b$  die Länge der Finger und  $h$  die Breite der Finger in cm.

In Fig. 6 sind die Kräfte  $P_p$  bei gegebener Stromstärke und bei den Kontaktbreiten von 5, 10, 15, 20 und 25 mm angegeben.

Aus den eingezeichneten Kurven ist ersichtlich, dass breitere Finger bei gleicher absoluter Belastung kleinere Anziehungskräfte ergeben. Es ist jedoch auch ersichtlich, dass der Einfluss der Kontaktbreite bei Breiten unter 5 mm praktisch vernachlässigt werden kann. Eine Unterteilung der Kontakte unter 5 mm ist daher ohne weiteren Nutzen; dies ist von Bedeutung, da bei schmälere Kontakten die Federung Schwierigkeiten bereiten würde, während sie schon von etwa 4 bis 5 mm aufwärts einwandfrei ausgeführt werden kann.

Die Unmöglichkeit einer so engen Unterteilung der Finger bei bester Federung ist ein besonderer Vorteil dieser Kontaktkonstruktion.

Gute Beweise für die Richtigkeit der obigen Ueberlegungen und Rechnungsansätze erhielt ich im Anfangsstadium der praktischen Entwicklung und Verwendung der Kontakte. Ursprünglich wurden die Kontakte 20 mm breit mit scharfkantigen, stark abgedruckten Fingern ausgeführt (Fig. 7). In dieser Ausführung bewährten sie sich bei allen Schaltern, die nicht sehr häufig und nicht bei grösseren Ueberströmen geschaltet wurden, insbesondere also bei Trennschaltern (mehrere Trennschalter für 2000 A sind mit den ursprünglichen Kontakten schon weit über ein Jahr anstandslos im Betrieb), ferner als Hauptkontakte von Oel- und Luftleistungsschaltern. Bei Oelschaltern von kleinen Schaltintensitäten wurde ein grösserer Abbrand auch dann nicht beobachtet, wenn die Kontakte als Abbrennkontakte eingebaut waren.

Hingegen hat sich die Anwendung dieser Kontakte als Abbrennkontakte bei Oelschaltern für grössere Schaltströme als unzweckmässig erwiesen, und zwar aus folgenden Gründen:

1. An den Abbrennkontakten werden schon, wie vorher gesagt, beim ersten Einschalten grösserer Ströme Metallperlen bzw. Abbrand auftreten, womit die Berührungsstelle der Kontakte trotz der grossen Breite nur auf 1 bis 2 «Punkte» reduziert wird, welche nur mit entsprechend kleinen Strömen belastet werden können.
2. Die Kontaktform bewirkt beim Einschalten ein mechanisches Abstossen der Kontaktfinger, was eine starke Zerstörung der Oberfläche durch Funken zur Folge hat, wie später näher beschrieben wird.
3. Die ungenügend kompensierten repulsiven Kräfte unterstützen ein Ausweichen der Finger.
4. Die scharfen Kanten der Finger wurden infolge des hohen spezifischen Druckes auch rein mechanisch bei häufigem Schalten bald abgeschabt.

Um daher Kontakte für höhere Beanspruchung zu erhalten, mussten die Ursachen der in 1 bis 4 angeführten Fehler beseitigt werden.

Abspringende Kontakte (Fig. 7) wurden mit Rücksicht auf ihre unvorteilhafte Form bei grösseren Stromstärken nicht verwendet. Die Finger wurden so verlängert, dass sich die repulsiven Kräfte gegenseitig aufheben. Die Form der Finger wurde so gewählt, dass das Auflaufen des beweglichen Messers mit einem minimalen Abheben verbunden war; scharfe Kanten wurden vermieden. Der Anfangsdruck der Abbrennkontakte wurde in vorteilhaften Grenzen gehalten. Eine weitere Erhöhung der augenblicklichen zulässigen Belastung von Abbrennkontakten wurde durch geeignete Unterteilung der Finger, und zwar wieder auf Grund von Versuchen, durchgeführt (Fig. 2 und 5).

Bei diesen Versuchen hat sich ergeben, dass die Stromstärke, bei der die Kontakte anzuschweissen beginnen, bei gleicher Schaltgeschwindigkeit, gleichem Gesamtdruck und gleicher Gesamtstärke zwischen 5 bis 30 mm von der Kontaktbreite fast unabhängig ist.

Auch aus diesem Grunde ist es also vorteilhaft, die Breite der Finger auf das zulässige Mindestmass von etwa 5 mm herabzusetzen und den gewonnenen Raum zur Erhöhung der Anzahl der selbständigen Kontaktpaare zu verwenden. Hierdurch wird die Zahl der Kontaktberührungspunkte mit Sicherheit erhöht, die repulsiven Kräfte also verringert.

Die Möglichkeit einer solchen Unterteilung der Kontakte in selbständig abgedruckte Finger von nur 4 bis 5 mm Breite wurde bereits als Vorteil aufgezählt.

Auch in bezug auf die Montage besitzt diese Anordnung Vorteile. Es sind weder leitende Verbindungen noch Kontaktschrauben notwendig.



Fig. 7.  
Eingebauter Oelschalterkontakt 200 A Normalstrom.



Fig. 8.  
Nicht kompensierte Kontakte nach schweren Kurzschlusschaltungen.

#### Der Einfluss von mechanischen Eigenschaften auf den Kontakt.

Im vorhergehenden Abschnitt wurde gezeigt, bis zu welcher Grenze man aus einem gegebenen Material bei zweckmässiger Wahl des Materials, des Querschnitts, des Druckes und der Disposition kurz-



schlußsichere Kontakte herstellen kann. Es wurde festgestellt, dass auch Kontakte, welche allen angeführten Bedingungen entsprechen, bei Kurzschlußströmen von ca. 30 000 A<sub>max</sub> einen starken Abbrand aufwiesen.

Dieser ist deutlich sichtbar in Fig. 8, welche einen Kontakt nach 25maliger Einschaltung von etwa 30 000 A zeigt. Der dargestellte Kontakt war allerdings älterer Bauart, also noch mit nicht genügend kompensierten, scharfkantigen Fingern, deren ungünstig gewählte Form eine bedeutende Abhebung beim Einschalten zur Folge hatte. Teilweise war das Abheben auch eine Folge der unrichtigen Profilierung des beweglichen Kontaktmessers, welches, wie aus Fig. 8 ersichtlich ist, in der Einschaltstellung in der Breite abgesetzt ist. Hiermit wurde bezweckt, den lose gelagerten, mit einer Auswurfeder versehenen Abbrennkontakt im ersten Augenblick des Abschaltens im festen Kontakt festzuhalten. Durch die Kompression der Auswurfeder (Fig. 9) erfolgte dann das Abschalten mit erhöhter Anfangsgeschwindigkeit. Von dieser Anordnung wurde bei Kontakten für grössere Kurzschlußströme wieder abgegangen.

Erst Estorff machte als erster darauf aufmerksam, dass ein ebenso wichtiger Faktor für den Abbrand der Kontakte das ausgesprochen mechanische Abspringen derselben bildet, und gab die Anregung, dieses Abspringen entweder durch Anschlags- oder Reibungsdämpfung abzuschwächen. Auch Balke<sup>5)</sup> studierte das Problem des Abspringens an Schützen, welche er teilweise durch ein gegenseitiges Abwälzen der Kontaktflächen aufeinander reduzierte, wobei der Druck zwischen den Kontakten mit wachsender Schaltgeschwindigkeit gesteigert wurde.

Das Ausschwingen der Kontakte verursacht weitere Unannehmlichkeiten. Sobald nur ein unmerkliches Ausschwingen zustande kommt, entsteht zwischen den Kontakten ein Lichtbogen, der Gas und Dämpfe entwickelt, welche sich zwischen den Kontaktflächen ausbreiten. Dadurch entsteht ein bedeutender Druck auf beide Flächen, der sich periodisch mit den durch die Schaltarbeit entwickelten Gasen ändert, der, wie bekannt, nach einer Sinuslinie verläuft. Kesselring stellte bei 1 mm voneinander entfernten Kontakten einen Höchstdruck von 13 kg fest. Dieser Druck wurde innerhalb  $3 \cdot 10^{-3}$  erreicht<sup>6)</sup>.

Auf Grund der Initiative Estorffs haben die Siemens-Schuckert-Werke unter Leitung Kesselrings die ersten konzentrischen Kontakte mit hydraulischer Dämpfung herausgebracht. Mit diesen Kontakten wurden einwandfrei Stromstärken bis 30 000 A geschaltet. Konzentrische Kontakte eignen sich, mit Rücksicht auf ihre Bauart, nur für kleinere Dauerströme, so dass es bei Schaltern für grössere Normalstromstärken (2000 A und mehr) notwendig erscheint, die Kontakte zu kombinieren,

womit die Konstruktion jedenfalls komplizierter wird.

Gleichzeitig, jedoch unabhängig von Kesselring, löste ich dasselbe Problem für linear angeordnete Fingerkontakte, und zwar gleichfalls mit hydraulischer Dämpfung.

Zur theoretischen Behandlung der hydraulischen Dämpfung stellen wir zunächst die Gleichung für Abhebung der Kontakte auf (Fig. 10).

Zu diesem Zwecke benötigen wir folgende Beziehungen:

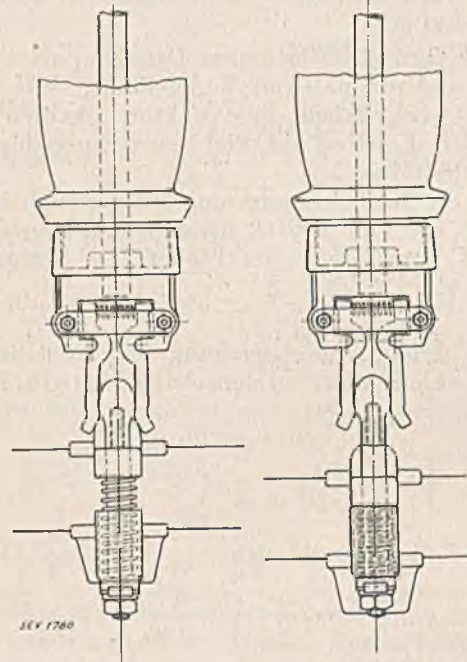


Fig. 9.

Abspringende Abbrennkontakte im Anfang der Abschaltbewegung.

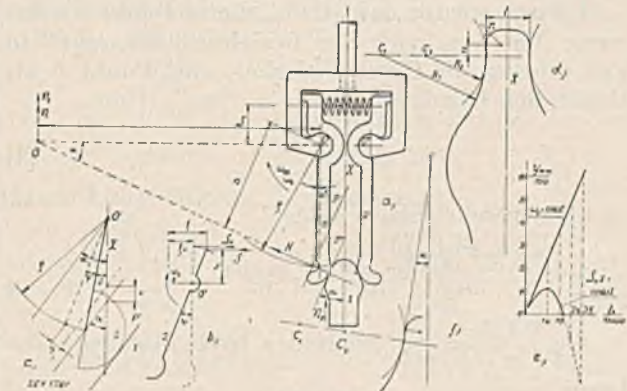


Fig. 10.

- die Geschwindigkeit der Finger 2 nach dem Stoss;
- die Abhängigkeit der Stellung des drehbaren Fingers 2 und beweglichen Kontaktes 1 von der Zeit;
- auf Grund des vorhergehenden die Entfernung der Finger als Funktion der Zeit.

<sup>5)</sup> E.T.Z. 1926, S. 1537.

<sup>6)</sup> Siehe auch die theoretischen Studien von Kesselring, E.T.Z. 1927, S. 92.



Es seien folgende Bezeichnungen eingeführt:

- $v_{1p}$  Anfangsgeschwindigkeit des Fingers 1;
- $v_1$  Geschwindigkeit des Fingers 1 während dem Verlauf des Stosses bzw. nach demselben;
- $N$  normaler Druck im Kontaktpunkt der Finger beim Auftreffen;
- $\tau$  die Zeit;
- $\omega_{2p}$  Anfangsgeschwindigkeit der Finger 2;
- $\omega_2$  Winkelgeschwindigkeit der Finger 2 beim Auftreffen;
- $n, r, d$  Masse nach Fig. 10;
- $2m_1$  Masse des Fingers 1;
- $\Theta$  Trägheitsmoment der Finger 2 in bezug auf die Achse 0.

Wir vernachlässigen den Druckimpuls auf die Feder und die passiven Widerstände. Wie später gezeigt wird, haben diese Faktoren keinen massgebenden Einfluss auf die Beurteilung der Kontaktverhältnisse.

Da die Kontaktanordnung symmetrisch ist, genügt es, nur eine Hälfte, nämlich den Kontakt des Fingers 1 mit einem der Finger 2 in Betracht zu ziehen.

I.

Die dynamische Gleichung für die Glieder 1 und 2, welche während dem Auftreffen gilt, lautet:

$$-N \sin a = m_1 \frac{d v_1}{d \tau} \tag{1}$$

$$N_n = \Theta \frac{d \omega_2}{d \tau}$$

Durch Teilung ergibt sich:

$$\frac{\sin a}{n} = - \frac{m_1}{\Theta_2} \frac{d v_1}{d \omega_2}$$

und nach Ordnen:

$$\frac{\Theta d \omega_2 \sin a}{n} + m_1 d v_1 = 0. \tag{2}$$

Führen wir für das Glied 2 die in Punkt 0 reduzierte Masse  $n_2$  nach der Beziehung  $\Theta = n_2 r^2$  ein und drücken die Geschwindigkeit von Punkt 0 als Punkt des Gliedes 2 aus:

$$\omega_2 = \frac{v_2}{r}, \tag{3}$$

so kann geschrieben werden:

$$\frac{n_2 r^2 \sin a}{n r} d v_2 + m_1 d v_1 = 0$$

Da  $\frac{\sin a}{n} = \frac{1}{r}$ , erhält der letzte Ausdruck die Form

$$n_2 d v_2 + m_1 d v_1 = 0$$

und nach Integration in den entsprechenden Grenzen:

$$n_2 (v_2 - v_{2p}) + m_1 (v_1 - v_{1p}) = 0. \tag{4}$$

Eine weitere Beziehung kann aus dem Gesetze der Erhaltung der Energie abgeleitet werden, nach welchem die Deformationsarbeit  $A_d$  durch einen Verlust von Bewegungsenergie gegeben ist:

$$A_d = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} \Theta_2 \omega_2^2 - \frac{1}{2} m_1 v_{1p}^2 - \frac{1}{2} \Theta \omega_{2p}^2.$$

Führen wir wieder die in 0 reduzierte Masse von Glied 2 und die Geschwindigkeit von Punkt 0 ein, so erhalten wir:

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} n_2 v_2^2 - \frac{1}{2} m_1 v_{1p}^2 - \frac{1}{2} n_2 v_{2p}^2 = 2 A_d. \tag{4a}$$

Durch Lösung beider Gleichungen folgt:

$$v_2 = \frac{m_1 v_{1p} + n_2 v_{2p}}{n_2} = \frac{m_1 v_1}{n_2} \tag{5}$$

und durch quadrieren:

$$v_2^2 = b^2 - 2 b \frac{m_1}{n_2} v_1 + \left(\frac{m_1}{n_2}\right)^2 v_1^2 \tag{6}$$

worin 
$$b = \frac{m_1 v_{1p} + n_2 v_{2p}}{n_2}.$$

Führen wir Gleichung 5 in 6 ein und multiplizieren wir mit 2, so ergibt sich:

$$m_1 v_1^2 + n_2 b^2 - 2 b m_1 v_1 + \frac{m_1^2}{n_2} v_1^2 - m_1 v_{1p}^2 - n_2 v_{2p}^2 - 2 A_d = 0$$

und nach Ordnen:  $v_2 \left(m_1 + \frac{m_1^2}{n_2}\right) - v_1 2 b m_1 + b^2 n_2 - m_1 v_{1p}^2 - n_2 v_{2p}^2 - 2 A_d = 0,$

woraus die quadratische Gleichung folgt:

$$v_1^2 e - v_1 d + c = 0$$

und deren Wurzeln:  $v_1 = \frac{d}{2 e} \pm \frac{1}{2 c} \sqrt{d^2 + 4 c e},$

Nach Substitution und Ordnen erhalten wir:

$$v_1 = \frac{m_1 v_{1p} + n_2 v_{2p}}{m_1 + n_2} \pm \frac{n_2}{m_1 + n_2} \sqrt{(v_{1p} - v_{2p}) + 2 \frac{m_1 + n_2}{m_1 n_2} A_d} \tag{7}$$

und nach Einführung von Gleichung 7 in 5:

$$v_2 = \frac{m_1 v_{1p} + n_2 v_{2p}}{m_1 + n_2} + \frac{m_1}{n_2 + m_1} k (v_{1p} - v_{2p}) \tag{8}$$

oder:

$$v_2 = \frac{m v_{1p} + n v_{2p}}{m + n} + \frac{m}{m + n} k (v_{1p} - v_{2p}) \tag{9}$$

Für vollkommen elastische Teile ( $A_d = 0$ ) gilt  $k = 1$ , für vollkommen plastische (wenn am Ende des Auftreffens  $v_1 = v_2, A_d = \max$ )  $k = 0$ .

In Wirklichkeit wird  $k$  experimentell bestimmt. Für Kupfer ist  $k = 0,2^7$

In unserem Fall ist  $v_{2p} = 0, n_2$  mit Rücksicht auf  $m_1$  klein, also  $\frac{n_2}{m_1} = 0$  und aus Gleichung (9)

$$v_2 = m_1 v_{1p} \left(\frac{1 + k}{m_1 + n_2}\right) = v_{1p} \frac{1 + k}{1 + \frac{n_2}{m_1}}$$

$$v_2 = v_{1p} (1 + k) \tag{10}$$

<sup>7)</sup> Siehe Autenrieth-Enslin, Technische Mechanik, S. 532.



Aus Gleichung (5) gilt dann direkt für diesen besonderen Fall:

$$v_{1p} = v_1 = \text{konst.} \quad (11)$$

Wir setzen voraus, dass der Druckimpuls der Feder vernachlässigt werden kann, denn die Masse  $m_1$  ist überwiegend grösser als die Masse  $n_2$ . Der Druckimpuls der Feder sollte keinen Einfluss haben auf die Relativgeschwindigkeit nach dem Auftreffen des Fingers 2 in bezug auf Finger 1. Durch die Vernachlässigung des Fingergewichtes 2 in bezug auf 1 ( $n_2$  in bezug auf  $m_1$ ) und aus dem gleichen Grunde in bezug auf die Federkraft, ändert sich die Geschwindigkeit des Fingers 1 nicht.

II.

Die Winkelgeschwindigkeit des Gliedes 2 (Endgeschwindigkeit nach dem Stoss und Anfangsgeschwindigkeit der weiteren Bewegung) ist:

$$\omega_2 = \frac{v_2}{r} = \frac{v_{1p}}{r} (1 + h).$$

Für die weitere Drehbewegung des Gliedes 2 gilt dann die Gleichung (wieder unter Vernachlässigung des Eigengewichtes und der Bolzenreibung):

$$-Ss = \Theta_2 \varepsilon \quad (12)$$

worin  $S = K\xi$  die Federspannung bedeutet,  $K$  die Federkonstante,  $\xi = \xi_0 + s\psi$  die Deformation,  $\xi_0$  die Anfangsdeformation (Fig. 10 b und c).

Die Winkelbeschleunigung drücken wir aus durch  $\varepsilon = \frac{d_2 \psi}{d \tau^2}$  und für das Trägheitsmoment schreiben wir kurz  $\Theta$  statt  $\Theta_2$ .

Damit erhält man:

$$S = K\xi = K(\xi_0 + s\psi) = S_0 + Ks\psi$$

und durch Einsetzen in Gleichung 12:

$$-Ss - Ks^2 \psi = \Theta \frac{d^2 \psi}{d \tau^2} \quad (13)$$

oder 
$$\frac{d^2 \psi}{d \tau^2} + K \frac{S}{\Theta} \psi + \frac{S_0 s}{\Theta} = 0,$$

also eine Differentialgleichung zweiter Ordnung mit konstantem Koeffizienten von der Art

$$\frac{d^2 \psi}{d \tau^2} + a^2 \psi + a_0 = 0 \quad (14)$$

Das allgemeine Integral ist

$$\psi = e \sin(a\tau + \beta) - \frac{a_0}{a^2}$$

oder 
$$\psi = e \sin\left(\tau \sqrt{\frac{Ks^2}{\Theta}} + \beta\right) - \frac{S_0}{Ks}$$

$$\frac{d^2 \psi}{d \tau^2} = \omega = e \sqrt{\frac{Ks^2}{\Theta}} \cos\left(\tau \sqrt{\frac{Ks^2}{\Theta}} + \beta\right)$$

Die Konstanten  $e$  und  $\beta$  bestimmen wir auf folgende Weise; für  $\tau = 0$ ,  $\psi = 0$ ,  $\omega = \omega_2$  wird:

$$\sin \beta = \frac{S_0}{eKs} \quad \text{und} \quad \cos \beta = \frac{\omega_2}{e \sqrt{\frac{Ks^2}{\Theta}}}$$

$$\text{tg } \beta = \frac{S_0 \sqrt{\frac{Ks^2}{\Theta}}}{\omega_2 Ks} = \frac{S_0 \sqrt{K}}{\omega_2 \sqrt{\Theta} K} \beta = \text{arc tg } \frac{S_0}{\omega_2 \sqrt{\Theta} K}$$

$$0 = e \sin \text{arc tg } \frac{S_0}{\omega_2 \sqrt{\Theta} K} - \frac{S_0}{Ks}$$

$$e = \frac{S_0}{Ks \sin \text{arc tg } \frac{S_0}{\omega_2 \sqrt{\Theta} K}}$$

Setzen wir  $\frac{S_0}{\omega_2 \sqrt{\Theta} K} = h$ , so wird

$$\psi = \frac{S_0}{Ks \sin \text{arc tg } h} \sin\left(\tau \sqrt{\frac{Ks^2}{\Theta}}\right)$$

$$+ \text{arc tg } h - \frac{S_0}{Ks} = \frac{S_0}{Ks} \left( \frac{\left(\sin s\tau \sqrt{\frac{K}{\Theta}}\right) \cos \text{arc tg } h}{\sin \text{arc tg } h} \right)$$

$$+ \frac{\left(\cos s\tau \sqrt{\frac{K}{\Theta}}\right) \sin \text{arc tg } h}{\sin \text{arc tg } h} - \frac{S_0}{Ks} = \frac{S_0}{Ks} \left( \sin s\tau \sqrt{\frac{K}{\Theta}} \right) \frac{1}{h}$$

$$+ \frac{S_0}{Ks} \cos s\tau \sqrt{\frac{K}{\Theta}} - \frac{S_0}{Ks}$$

Wird für  $h$  der Wert eingesetzt, so ergibt sich:

$$\psi = \frac{\omega_2 S_0 \sqrt{\Theta} K}{Ks S_0} \sin s\tau \sqrt{\frac{K}{\Theta}} + \frac{S_0}{Ks} \left( \cos s\tau \sqrt{\frac{K}{\Theta}} - 1 \right)$$

$$\psi = \frac{\omega_2}{2} \sqrt{\frac{\Theta}{K}} \sin s\tau \sqrt{\frac{K}{\Theta}} + \frac{S_0}{Ks} \left( \cos s\tau \sqrt{\frac{K}{\Theta}} - 1 \right) \quad (15)$$

Die Veränderlichkeit der Kraft  $S$  kann vernachlässigt werden, denn der Winkel, durch welchen die Änderung der Kraft bedingt ist, ist für die betrachtete Zeit unbedeutend, also der Ausdruck  $Ks\psi$  im Vergleich zu  $S_0$  vernachlässigbar. Wir setzen also  $K = 0$ . In Gleichung (15) stossen wir dadurch auf die unbestimmte Form  $0/0$ , und müssen deshalb die Werte:

$$\frac{\sin \sqrt{\frac{K}{\Theta}} s\tau}{\sqrt{K}} \quad \text{und} \quad \frac{\cos \sqrt{\frac{K}{\Theta}} s\tau - 1}{K}$$

durch Limes-Bildung bestimmen:

$$\lim_{K=0} \frac{\sin\left(\sqrt{\frac{K}{\Theta}} s\tau\right)}{\sqrt{K}} = \frac{s\tau \cos\left(\sqrt{\frac{K}{\Theta}} s\tau\right) 2\sqrt{K}}{2\sqrt{\Theta} K} = \frac{s\tau}{\sqrt{\Theta}}$$

$$\lim_{K=0} \frac{\cos\left(\sqrt{\frac{K}{\Theta}} s\tau\right) - 1}{K} = \frac{-s\tau \sin\left(\sqrt{\frac{K}{\Theta}} s\tau\right)}{2\sqrt{\Theta} K} = 0$$

$$= \frac{-s^2 \tau^2 2\sqrt{K} \cos\left(s\tau \sqrt{\frac{K}{\Theta}}\right)}{4\Theta K} = -\frac{s^2 \tau^2}{2\Theta}$$

Nach Einsetzen dieser Werte in (15) ergibt sich:

$$\psi = \frac{\omega_2}{s} \frac{\sqrt{\Theta} s\tau}{\sqrt{\Theta}} - \frac{S_0}{s} \frac{s^2 \tau^2}{2\Theta} = \omega_2 \tau - \frac{S_0 s \tau^2}{2\Theta} \quad (16)$$



## III.

Während der Zeit  $\tau$  durchläuft der Finger 1 den Weg  $x = v_{1p} \tau$ , der Finger 2 dreht sich um den Winkel  $\psi$  bestimmt durch die Gleichung 16. Die Entfernung  $y$  ist durch die Gleichung gegeben (Fig. 10).

$$y = \varrho \sin(a - \delta) - \varrho \sin(a - \delta \psi) - x \sin a.$$

Nach Einsetzen für  $\psi$  und  $x$  erhalten wir die Abhängigkeit für  $y$  von der Zeit.

$$y = \varrho \left\{ \sin(a - \delta) - \varrho \sin \left[ a - \delta - \frac{v_{1p}}{r} (1 + K) \tau + \frac{S_0 s \tau}{2 \Theta} \right] \right\} - v_{1p} \tau \sin a \quad (17)$$

Zahlenbeispiel für Fig. 11c. Es sei:

$$\varrho = 0,055 \text{ m}$$

$$r = 0,1263 \text{ m}$$

$$s = 0,018 \text{ m}$$

$$S = 15,0 \text{ kg}$$

$$\Theta = 0,00000462 \text{ kgms}^2$$

$$a = 23^\circ 30' \quad \sin a = 0,39875$$

$$\delta = 2^\circ 30' \quad a - \delta = 21^\circ, \quad \text{arc}(a - \delta) = 0,36652$$

$$\sin(a - \delta) = 0,35837, \quad K = 0,2, \quad v_{1p} = 3 \text{ m/s}$$

$$y = 0,054 \left\{ 0,35837 - \sin \left[ 0,36652 - \frac{3 \cdot 1,2}{0,1263} \tau + \frac{15 \cdot 0,0018}{2 \cdot 0,00000462} \tau^2 \right] \right\} - 3 \cdot 0,398752 \tau$$

$$= 0,054 \left\{ 0,35837 - \sin \left[ 0,36652 - 28,504 \tau + 29,231 \tau^2 \right] \right\} - 1,1963 \tau.$$

Für verschiedene  $\tau$  erhalten wir die Werte  $y$  (in mm):

$\tau_s = 0,0001$	0,00015	0,0002
$y_{\text{mm}} = 0,0105$	0,00361	0,01192

Daraus ersieht man, dass während der Zeit  $\tau = 0,00015 - 0,0002$  eine neuerliche Berührung der Kontaktfinger entsteht. Sie entsteht stossartig, doch ist dieser Stoss bedeutend schwächer als der vorhergehende (angenähert 5mal kleinere Relativgeschwindigkeit), wobei die Relativgeschwindigkeit nach dem Stoss etwa 25mal geringer ist.

Der maximale Ausschlag beim Auftreffen ist ungefähr 1/100 mm. Die dämpfende Wirkung der Feder zeigt sich, wenn wir die Entfernung  $y$  für verschiedene  $\tau$  bei konstantem  $\omega_2$  bestimmen. Dann ist:

$\tau_s = 0,0001$	0,00015	0,0002
$y_{\text{mm}} = 0,0245$	0,0365	0,0475

Wie schon erwähnt, wurden die passiven Widerstände nicht berücksichtigt und es wird daher in Wirklichkeit die maximale Entfernung  $y$  und die Zeit, in welcher sich die Finger nicht berühren, noch kleiner sein.

Die Abhängigkeit von  $y$  und der Zeit wird auch aus dem Diagramm (Fig. 10 c) klar.

Ein Kontakt ohne Stoss könnte dadurch erreicht werden, dass die Kontaktflächen so ausgebildet werden, dass der Finger 2 bei der Endgeschwindigkeit des Fingers 1 im Augenblick der Berührung sich so drehen würde, dass seine Geschwindigkeit unendlich klein wäre. Es müsste daher der Punkt 0 im Unendlichen liegen, also  $a = 0$

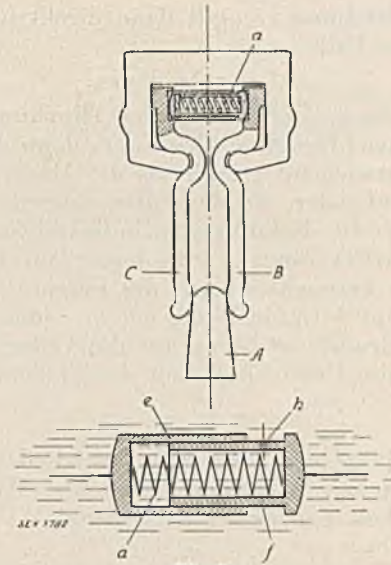


Fig. 11.

Hydraulische Dämpfung der Fingerkontakte.

(Fig. 10 a). Eine derartige theoretische Anordnung ist in Fig. 10 d angedeutet. Es würde dabei genügen, die Feder auf die Ueberwindung eines sehr geringen Momentes und des entsprechenden Momentes elektrodynamischen Ursprunges zu dimensionieren.

In der Praxis ist es allerdings aus Gründen der Herstellung sowie mit Rücksicht auf die Abnutzung der Finger unmöglich,  $a = 0$  zu machen; es entsteht daher stets ein, wenn auch kleiner, Stoss, welcher immerhin bei grossen Stromstärken zu ernststen Störungen Anlass geben kann.

Auf Grund der angeführten experimentellen und theoretischen Untersuchungen wurde zur hydraulischen Dämpfung der Fingerkontakte nach Fig. 11 übergegangen.

Die Feder ist in zwei Hülsen  $e$  und  $f$  angeordnet, welche mit Oel gefüllt sind. Beide Hülsen sind ineinander geschoben und können sich gegenseitig verschieben, wobei das Oel langsam herausfliesst, entweder durch Undichtigkeit der Hülsen bzw. durch die kleine Oeffnung  $h$ . Wenn das bewegliche Messer  $A$  zwischen die beiden massiven Finger  $C$  und  $B$  gelangt, können dieselben nicht abspringen, weil das Oel nur langsam abfliessen kann; ein kurzer Stoss wird somit vollkommen abgedämpft. Beim Ausschalten entfernt die Feder  $a$  die Hülsen voneinander und die nötige Oelmenge wird in das Innere der Hülse gesaugt.

Gegenüber der Fabrikation von konzentrischen Kontakten für grosse Dauerströme weist diejenige der beschriebenen Bauart wesentliche Vorteile auf, denn hier genügt das Aneinanderreihen von mehreren Fingern, während bei konzentrischen Kontakten besondere Kombinationen erforderlich sind.

Zweck dieser Darlegungen war, zu zeigen, dass es möglich ist, unter Berücksichtigung aller Erscheinungen elektrischer und mechanischer Natur, Fingerkontakte für hohe Stromstärken zu konstruieren, welche den hohen Ansprüchen an Schalterkontakte genügen.



# Die symbolische Rechnung der Wechselstromtechnik und die ebene Vektorrechnung.

(Fortsetzung von Seite 99 und Schluss)

Von Prof. Max Landolt, Winterthur.

512

3.

## Anwendungen der ebenen Vektorrechnung auf Grundprobleme der Wechselstromtechnik.

Es sollen nachstehend verschiedene Verwendungsmöglichkeiten der vorher behandelten Darstellungsart der ebenen Vektorrechnung gezeigt werden.

31.

### Vektorielle Behandlung von Wechselstromgrössen.

Bekanntlich lassen sich die gegenseitige Phasenverschiebung und die Grösse von frequenzgleichen Sinusschwingungen zeichnerisch durch Vektoren abbilden. Solche Vektoren nennt man Zeitvektoren. Von besonderem Vorteil ist diese graphische Darstellungsart dann, wenn es sich darum handelt, mehrere solche Sinusschwingungen verschiedener Phase und Amplitude zu addieren. Der Vorteil liegt darin begründet, dass die graphisch überaus einfach, anschaulich durchführbare Addition von Vektoren verschiedener Richtung und Länge dasselbe Resultat ergibt wie die umständliche und unübersichtliche mathematische Addition von mehreren Sinusfunktionen verschiedener Phase und ungleicher Amplitude.

In vielen Fällen wünscht man, die Ergebnisse nicht nur graphisch darzustellen, sondern formelmässig zu erfassen, ohne mit Sinusfunktionen rechnen zu müssen. Hierzu eignet sich die ebene Vektorrechnung. Sie ist imstande, die in der zeichnerischen Abbildung enthaltenen Ergebnisse in Gleichungsform zu liefern, wo die Zeichnung selbst nur einzelne mögliche, beispielhafte Lösungen darstellt. Schliesslich liefert sie ganz genaue Resultate, was eine graphische Methode nie zu leisten vermag.

Die ebene Vektorrechnung und die zeichnerische Darstellung von Vektoren beschränken sich auf die Erfassung von rein sinusförmigen Schwingungen. Von Wechselstromgrössen zusammengesetzter Kurvenform können sie deshalb nur die Grundharmonische des stationären Zustandes erfassen.

311.

### Stromvektoren.

Was hier für phasenverschobene Ströme gezeigt ist, gilt auch für andere Wechselstromgrössen (Spannungen, elektromotorische Kräfte, Durchflutungen, magnetische Flüsse usw.) sowie für mechanische Schwingungen.

#### Beispiel:

Es soll gezeigt werden, wie sich die drei Ströme eines symmetrischen Dreiphasensystems durcheinander ausdrücken lassen, wenn sie gemäss Fig. 30 gegeben sind.

Da die drei Ströme einem symmetrischen Dreiphasensystem angehören, haben die drei Vektoren  $\mathfrak{I}_1, \mathfrak{I}_2$  und  $\mathfrak{I}_3$  dieselben Beträge und sind je um  $120^\circ$  gegeneinander verdreht. Macht man für den Vektor  $\mathfrak{I}_1$  in den Vektor  $\mathfrak{I}_2$  überführenden Operator  $\dot{a}$  den Ansatz

$$\dot{a} \mathfrak{I}_1 = \mathfrak{I}_2 \quad \dot{a} = a e^{j\varphi},$$

so wird der Betrag  $a$  wegen des übereinstimmenden Betrages der beiden Vektoren gleich 1 und für den Winkel  $\varphi$  des Versors erhält man  $-120^\circ$ , da die Verdrehung des Vektors gegen den positiven Drehsinn erfolgt. Man erhält so:

$$\dot{a} = a e^{-j120^\circ}$$

Für die beiden Komponenten  $a_w$  und  $a_b$  der Binomform des Operators  $\dot{a}$  findet man gemäss Gl. (21a) und (21b):

$$a_w = \cos(-120^\circ) = -\frac{1}{2}$$

$$a_b = \sin(-120^\circ) = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Damit erhält man für den Operator  $\dot{a}$ :

$$\dot{a} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Da die beiden Vektoren  $\mathfrak{I}_3$  und  $\mathfrak{I}_2$  in bezug auf den Vektor  $\mathfrak{I}_1$  zueinander symmetrisch liegen, ist der Operator, der den Vektor  $\mathfrak{I}_1$  in den Vektor  $\mathfrak{I}_3$  überführt, der zum Operator  $\dot{a}$  konjugierte Operator. Man kann also schreiben:

$$\dot{a}_k \mathfrak{I}_1 = \mathfrak{I}_3 \quad \dot{a}_k = a e^{+j120^\circ}$$

$$\dot{a}_k = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

#### Beispiel:

Es soll gezeigt werden, dass sich die drei Ströme eines unsymmetrischen Dreiphasensystems ohne Nulleiter als Superposition von zwei gegenläufigen, symmetrischen Dreiphasensystemen auffassen lassen<sup>23)</sup>.

Da kein Nulleiter vorhanden ist, müssen die drei Vektoren  $\mathfrak{I}_1, \mathfrak{I}_2$  und  $\mathfrak{I}_3$  der Bedingung genügen, dass ihre Summe  $\mathfrak{I}_1 + \mathfrak{I}_2 + \mathfrak{I}_3$  gleich Null ist.

<sup>23)</sup> Die Zerlegung beliebiger unsymmetrischer Dreiphasensysteme (mit Nulleiter) behandelt die Methode der symmetrischen Koordinaten von Fortescue. Siehe: Günther Oberdorfer, Das Rechnen nach der Methode der symmetrischen Koordinaten, E. u. M. 1927, S. 296; C. L. Fortescue, Method of symmetrical Co-ordinates applied to the solution of polyphase networks, Proceedings AIEE 1918, S. 629.

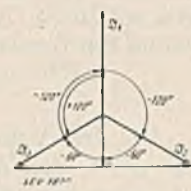


Fig. 30.

*fehlt alle re. Ströme*  
*Koordinaten*

XX

mit j als symmetrisch mitale

$\dot{a} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$



$$\mathfrak{I}_1 + \mathfrak{I}_2 + \mathfrak{I}_3 = 0.$$



Fig. 31.

Die drei Vektoren des gesuchten *Mit*-Systemes, die *mit* dem durch die gegebenen Vektoren bestimmten Sinn der Verdrehung aufeinander folgen, sollen  $\mathfrak{I}'_1, \mathfrak{I}'_2$  und  $\mathfrak{I}'_3$  heissen. Zwischen ihnen gelten die Beziehungen:

$$\mathfrak{I}'_2 = e^{-j120^\circ} \mathfrak{I}'_1 \quad \mathfrak{I}'_3 = e^{-j240^\circ} \mathfrak{I}'_1.$$

Die drei Vektoren des gesuchten *Gegen*-Systemes, die *gegen* den durch die gegebenen Vektoren bestimmten Sinn der Verdrehung aufeinander folgen, sollen  $\mathfrak{I}''_1, \mathfrak{I}''_2$  und  $\mathfrak{I}''_3$  heissen. Zwischen ihnen gelten die Beziehungen:

$$\mathfrak{I}''_2 = e^{+j120^\circ} \mathfrak{I}''_1 \quad \mathfrak{I}''_3 = e^{+j240^\circ} \mathfrak{I}''_1.$$

Für die drei gegebenen Vektoren erhält man die Ansätze:

$$\mathfrak{I}_1 = \mathfrak{I}'_1 + \mathfrak{I}''_1 \quad \mathfrak{I}_2 = \mathfrak{I}'_2 + \mathfrak{I}''_2 \quad \mathfrak{I}_3 = \mathfrak{I}'_3 + \mathfrak{I}''_3.$$

Berücksichtigt man die zwischen den Vektoren des *Mit*- und des *Gegen*-Systemes bestehenden Beziehungen, so erhält man:

$$\begin{aligned} \mathfrak{I}_1 &= \mathfrak{I}'_1 + \mathfrak{I}''_1 \\ \mathfrak{I}_2 &= e^{-j120^\circ} \mathfrak{I}'_1 + e^{+j120^\circ} \mathfrak{I}''_1 \\ \mathfrak{I}_3 &= e^{-j240^\circ} \mathfrak{I}'_1 + e^{+j240^\circ} \mathfrak{I}''_1. \end{aligned}$$

Um zur Bestimmung des Vektors  $\mathfrak{I}'_1$  des *Mit*-Systemes den Vektor  $\mathfrak{I}''_1$  des *Gegen*-Systemes auf die einfachste Weise zu eliminieren, verdreht man die Vektoren der zweiten Gleichung um  $+120^\circ$  und die Vektoren der dritten Gleichung um  $-120^\circ$ .

$$\begin{aligned} \mathfrak{I}_1 &= \mathfrak{I}'_1 + \mathfrak{I}''_1 \\ e^{+j120^\circ} \mathfrak{I}_2 &= \mathfrak{I}'_1 + e^{+j240^\circ} \mathfrak{I}''_1 \\ e^{-j120^\circ} \mathfrak{I}_3 &= \mathfrak{I}'_1 + e^{+j120^\circ} \mathfrak{I}''_1. \end{aligned}$$

Diese drei Gleichungen addiert man und erhält so, da die Summe der drei symmetrischen Vektoren

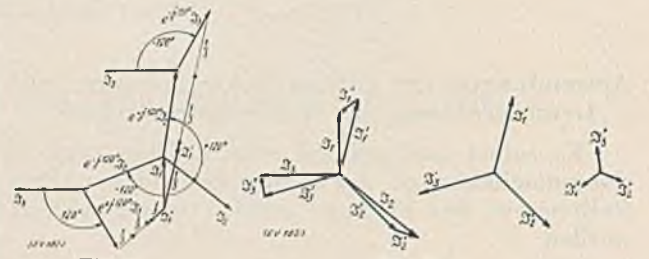
$\mathfrak{I}'_1, e^{+j120^\circ} \mathfrak{I}'_1$  und  $e^{-j120^\circ} \mathfrak{I}'_1$  Null ist:

$$\mathfrak{I}'_1 = \frac{\mathfrak{I}_1 + e^{+j120^\circ} \mathfrak{I}_2 + e^{-j120^\circ} \mathfrak{I}_3}{3} \quad (69)$$

Um zur Bestimmung des Vektors  $\mathfrak{I}''_1$  des *Gegen*-Systemes den Vektor  $\mathfrak{I}'_1$  des *Mit*-Systemes auf die einfachste Weise zu eliminieren, verdreht man die Vektoren der zweiten Gleichung um  $-120^\circ$  und die Vektoren der dritten Gleichung um  $+120^\circ$ . Durch Addition der drei Gleichungen erhält man dann:

$$\mathfrak{I}''_1 = \frac{\mathfrak{I}_1 + e^{-j120^\circ} \mathfrak{I}_2 + e^{+j120^\circ} \mathfrak{I}_3}{3} \quad (70)$$

Nach den in den beiden Gl. (69) und (70) enthaltenen Konstruktionsvorschriften sind in Fig. 32 die beiden Vektoren  $\mathfrak{I}'_1$  und  $\mathfrak{I}''_1$  konstruiert. Die



dadurch ermöglichte Zerlegung des gemäss Fig. 31 gegebenen unsymmetrischen Dreiphasensystems in zwei symmetrische Dreiphasensysteme ist in Fig. 33 dargestellt.

### 312. Impedanz- und Admittanzoperatoren.

Herrscht längs eines Stromkreisteiles mit den Endpunkten *A* und *B* die Wechselspannung *U* und fliesst in dem betrachteten Stromkreisteil der Wechselstrom *I*, so können diese beiden Grössen durch die Vektoren  $\mathfrak{U}$  und  $\mathfrak{I}$  dargestellt werden. Für beide Vektoren gelte gemeinsam der in Fig. 34 durch einen Pfeil angedeutete Bezugssinn. Stellt man nun die Impedanz des betrachteten Stromkreisteiles als Quotient von Spannung und Stromstärke dar, so erscheint sie als Quotient von zwei Vektoren, also als Operator. Man erhält für den *Impedanz-Operator* Gl. (71).

$$\hat{Z} = \frac{\mathfrak{U}}{\mathfrak{I}}. \quad (71)$$

Ganz analog erhält man für den *Admittanz-Operator* Gl. (72).

$$\hat{Y} = \frac{\mathfrak{I}}{\mathfrak{U}}. \quad (72)$$

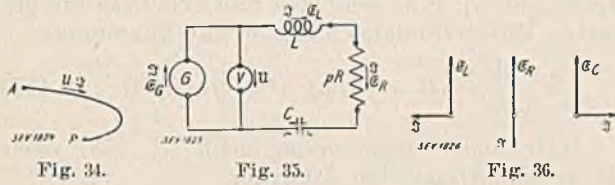
Da weder die Impedanz noch die Admittanz zeitlich sinusförmig veränderliche Grössen sind, dürfen sie in einer Gleichung, die zeitliche Sinusfunktionen darstellende Vektoren enthält, nicht gleichermassen durch Vektoren ausgedrückt werden. Ein Vektorquotient entspricht dagegen sehr gut ihrer Eigenart, zwischen Strom- und Spannungswellen eine Phasenverschiebung hervorzubringen.

Beispiel:

Gegeben seien eine Induktivität *L*, ein Ohmscher Widerstand *R* und ein Kondensator *C*, die in Reihenschaltung von einem Wechselstromgenerator *G* unter Spannung gehalten werden. Die Wechselspannung *U* habe die Kreisfrequenz  $\omega$ . Der Ohmsche Widerstand *R* sei von einem Parameter *p* abhängig. Gesucht sei die in dem gegebenen Stromkreis herrschende Stromstärke *I* sowie die resultierende Impedanz *Z* der drei in Reihe geschalteten Stromverbraucher.



In Fig. 35 sind die Bezugssinne in das Schema so eingezeichnet, dass die Stromstärke in den verschiedenen Punkten des Stromkreises überall durch



denselben Vektor  $\mathfrak{I}$  ausgedrückt wird. Rechnet man mit den Vektoren  $\mathfrak{E}_L$ ,  $\mathfrak{E}_R$  und  $\mathfrak{E}_C$  der elektromotorischen Kräfte<sup>24)</sup> der drei Stromkreisteile, so ergeben sich die in Fig. 36 enthaltenen lokalen Vektordiagramme. Danach gelten die drei Gleichungen:

$$\mathfrak{E}_L = -j\omega L \mathfrak{I} \quad \mathfrak{E}_R = -pR \mathfrak{I} \quad \mathfrak{E}_C = j \frac{1}{\omega C} \mathfrak{I}$$

Da die verschiedenen Bezugssinne einen einheitlichen Umlaufsinn festlegen, darf die Summe aller elektromotorischen Kräfte gleich Null gesetzt werden.

$$\sum \mathfrak{E} = 0$$

So erhält man für die elektromotorische Kraft  $\mathfrak{E}_G$  des Generators:

$$\mathfrak{E}_G = -\mathfrak{E}_L - \mathfrak{E}_R - \mathfrak{E}_C$$

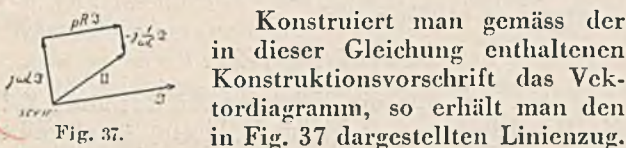
$$\mathfrak{E}_G = j\omega L \mathfrak{I} + pR \mathfrak{I} - j \frac{1}{\omega C} \mathfrak{I}$$

Legt man, um den Spannungsvektor  $\mathfrak{U}$  in der konventionellen Lage zu erhalten, seinen Bezugssinn so, wie es in Fig. 35 geschehen ist, so gilt:

$$\mathfrak{U} = \mathfrak{E}_G$$

Damit erhält man:

$$\mathfrak{U} = j\omega L \mathfrak{I} + pR \mathfrak{I} - j \frac{1}{\omega C} \mathfrak{I} \quad (73)$$



Konstruiert man gemäss der in dieser Gleichung enthaltenen Konstruktionsvorschrift das Vektordiagramm, so erhält man den in Fig. 37 dargestellten Linienzug.

<sup>24)</sup> Die der Induktivität, dem Ohmschen Widerstand und der Kapazität zugeschriebenen elektromotorischen Kräfte haben keine unmittelbare physikalische Bedeutung, sie sind jedoch als Rechnungsgrössen äusserst bequem zu verwenden. Ihre Einführung gestattet, das «dynamische» Problem in ein «statisches» überzuführen, wie die Einführung der Zentrifugalkraft das dynamische Problem des Gleichgewichtes rotierender Körper in ein statisches überführt.

Statt mit elektromotorischen Kräften zu rechnen, kann man auch mit Spannungen arbeiten. Insbesondere bei komplizierteren Problemen ist es sehr empfehlenswert, ausschliesslich nur mit der einen oder andern Grössenart zu rechnen, da zufolge der in Satz 5: «Spannung, Potential, Potentialdifferenz und elektromotorische Kraft» des AEF<sup>10)</sup> getroffenen Festsetzung Spannung und EMK bei gemeinsamem Bezugssinn entgegengesetztes Vorzeichen haben. Die gemischte Verwendung beider Grössenarten führt deshalb leicht zu Vorzeichenfehlern.

Dividiert man Gl. (73) durch  $\mathfrak{I}$ , so erhält man gemäss Gl. (71) den Impedanzoperator  $\dot{Z}$ .

$$\dot{Z} = pR + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

Für die gesuchte Impedanz  $Z$ , den Betrag des Impedanzoperators  $\dot{Z}$ , findet man gemäss Gl. (19):

$$Z = \sqrt{(pR)^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

Löst man die Gl. (73) nach  $\mathfrak{I}$  auf, so erhält man für den Vektor der gesuchten Stromstärke:

$$\mathfrak{I} = \frac{1}{pR + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)} \mathfrak{U}$$

Hieraus entnimmt man gemäss Gl. (72) den Admittanzoperator zu:

$$Y = \frac{1}{pR + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)} \quad (74)$$

Durch Vergleich mit Gl. (58) ersieht man, dass der gefundene Admittanzoperator den Aufbau eines Kreisoperators hat. Die darin enthaltenen Operatoren  $a$ ,  $b$ ,  $c$  und  $d$  findet man durch Identifizierung der beiden Gl. (74) und (58).

$$\frac{1}{j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) + pR} \equiv \frac{\dot{a} + p\dot{b}}{\dot{c} + p\dot{d}}$$

So erhält man:

$$\begin{aligned} \dot{a} = a_w + ja_b = 1 & \quad a_w = 1 \quad a_b = 0 \\ \dot{b} = b_w + jb_b = 0 & \quad b_w = 0 \quad b_b = 0 \\ \dot{c} = c_w + jc_b = j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) c_w = 0 & \quad c_b = \omega L - \frac{1}{\omega C} \\ \dot{d} = d_w + jd_b = R & \quad d_w = R \quad d_b = 0 \end{aligned}$$

Die Spitze des Vektors  $\mathfrak{I}$  bewegt sich also auf einem Kreis, wenn der Parameter  $p$  seinen Wert verändert.

Den Betrag  $I$  des Vektors  $\mathfrak{I}$  bestimmt man gemäss dem Ausdruck:

$$I = \frac{U}{\sqrt{(pR)^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$

Beispiel:

Es sei die Ableitung der bekannten, für den stationären Zustand gültigen Differentialgleichungen für Stromstärke und Spannung einer Wechselstrom-Fernleitung<sup>25)</sup> gezeigt. Die Induktivität, der

<sup>25)</sup> Diese Gleichungen finden sich zum Beispiel bei Alfred Fraenckel, Theorie der Wechselströme, 2. Auflage, S. 185, Gleichungen (212) und (213), Verlag Jul. Springer, 1921.



Ohmsche Widerstand, die Kapazität und die Ableitung pro km Länge der Fernleitung seien:  $L, R, C$  und  $G$ . Für ein sehr kleines Längenelement  $dx$  ergeben sich diese Konstanten dann zu:

$$L dx \quad R dx \quad C dx \quad G dx.$$

Für die Leitung gilt dann das Schema der Fig. 38, in das für Strom und Spannung die Bezugssinne eingezeichnet sind.

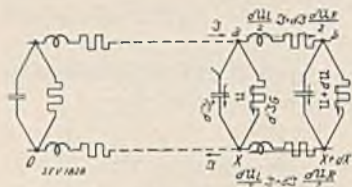


Fig. 38.

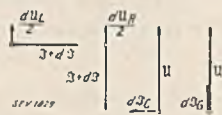


Fig. 39.

Rechnet man ausschliesslich mit Spannungsvektoren, so erhält man für ein Leitungselement  $dx$  im Abstände  $X$  von einem Bezugspunkte die vier lokalen Vektordiagramme von Fig. 39.

Die diesen Vektordiagrammen entsprechenden Gleichungen lauten:

$$\begin{aligned} \frac{dU_L}{2} &= \frac{j\omega L dx}{2} (\mathfrak{I} + d\mathfrak{I}) \\ \frac{dU_R}{2} &= \frac{R dx}{2} (\mathfrak{I} + d\mathfrak{I}) \\ d\mathfrak{I}_C &= j\omega C dx U \\ d\mathfrak{I}_G &= G dx U. \end{aligned}$$

Die Bedingung, dass die Summe aller auf den Punkt  $a$  zufließenden Ströme Null werden muss, führt zu der Gleichung:

$$\mathfrak{I} - d\mathfrak{I}_C - d\mathfrak{I}_G - (\mathfrak{I} + d\mathfrak{I}) = 0.$$

Hieraus erhält man:

$$\begin{aligned} -d\mathfrak{I} &= d\mathfrak{I}_C + d\mathfrak{I}_G \\ -d\mathfrak{I} &= j\omega C dx U + G dx U \\ -\frac{d\mathfrak{I}}{dx} &= (G + j\omega C) U. \end{aligned} \quad (75)$$

Die Bedingung, dass die Spannung längs den Wegen  $a, x$  und  $a, b, x + dx, x$  gleichgross sein muss, führt zu der Gleichung:

$$\begin{aligned} U &= \frac{dU_L}{2} + \frac{dU_R}{2} + (U + dU) + \frac{dU_C}{2} + \frac{dU_G}{2} \\ -dU &= dU_L + dU_R \\ -dU &= j\omega L dx (U + dU) + R dx (U + dU). \end{aligned}$$

Da man den unendlich kleinen Vektor  $d\mathfrak{I}$  neben dem Vektor  $\mathfrak{I}$  vernachlässigen muss, erhält man hieraus:

$$-\frac{dU}{dx} = (R + j\omega L) \mathfrak{I}. \quad (76)$$

Differenziert man diese Gleichung nach  $dx$ , so erhält man den Ausdruck:

$$-\frac{d^2 U}{dx^2} = (R + j\omega L) \frac{d\mathfrak{I}}{dx}.$$

Hierin kann man den Differentialquotienten  $d\mathfrak{I}/dx$  aus Gl. (75) einsetzen und erhält so die gesuchte Differentialgleichung für die Spannung:

$$\frac{d^2 U}{dx^2} = (R + j\omega L) (G + j\omega C) U. \quad (77)$$

Differenziert man analog noch Gl. (75) nach  $dx$ , so erhält man den Ausdruck:

$$-\frac{d^2 \mathfrak{I}}{dx^2} = (G + j\omega C) \frac{dU}{dx}$$

Hierin kann man den Differentialquotienten  $dU/dx$  aus Gl. (76) einsetzen und erhält so die gesuchte Differentialgleichung für die Stromstärke:

$$\frac{d^2 \mathfrak{I}}{dx^2} = (R + j\omega L) (G + j\omega C) \mathfrak{I}. \quad (78)$$

32.

*Vektorielle Behandlung von Impedanzen.*

Es erweist sich als zweckmässig, auch Impedanzen, die an sich weder gerichtete Grössen noch zeitliche Sinusfunktionen sind, als Vektoren darzustellen. Der Grund ist der, dass sich die resultierende Impedanz einer Reihenschaltung mehrerer Impedanzen durch Addition der Vektoren, die die einzelnen Impedanzen darstellen, finden lässt.

Im vorhergehenden Abschnitt erschien die Impedanz als Vektorquotient, als Operator der Form:

$$\dot{Z} = Z_w + j Z_b.$$

Um zur Vektordarstellung des Impedanzoperators  $\dot{Z}$  zu gelangen, genügt es, ihm mit einem beliebigen Einheitsvektor  $i$  zu multiplizieren. Dieser Einheitsvektor  $i$  braucht keine elektrische Grösse zu sein. Er kann eine rein geometrische Grösse, eine gerichtete Strecke sein.

Multipliziert man obige Gleichung mit dem Vektor  $i$ , so erhält man:

$$\dot{Z} i = Z_w i + j Z_b i.$$

Führt man für die Vektoren  $\dot{Z} i, Z_w i$  und  $j Z_b i$  die Bezeichnungen  $\mathfrak{I}, \mathfrak{I}_w$  und  $\mathfrak{I}_b$  ein, so schreibt sich diese Gleichung in der Form:

$$\mathfrak{I} = \mathfrak{I}_w + \mathfrak{I}_b.$$

Fig. 40 veranschaulicht die Zusammenhänge.

Der Vektor  $\mathfrak{I}$  und seine beiden Komponenten  $\mathfrak{I}_w$  und  $\mathfrak{I}_b$  stellen bildlich die Dreh-Streckung dar, die der darin enthaltene Operator  $Z$  ausübt, wenn er mit einem Vektor multipliziert wird. Impedanz-Vektoren dienen lediglich dazu, die graphische Kombination von Impedanzen zu resultierenden Impedanzen zu ermöglichen. Soll dagegen ein Zeitvektor, der eine Stromstärke darstellt, in einen eine Spannung darstellenden Zeitvektor übergeführt werden, so ist er mit dem Impedanz-Operator, das heisst, mit einem Vektorquotient zu multiplizieren.



Was nachstehend für Impedanz-Operatoren und Impedanz-Vektoren gezeigt wird, gilt sinngemäss auch für Admittanz-Operatoren und Admittanz-Vektoren.

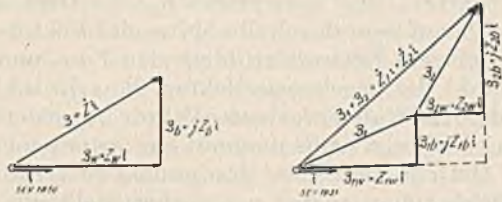


Fig. 40.

Fig. 41.

321.

Reihenschaltung.

Es soll gezeigt werden, dass der Operator  $\dot{Z}$  der resultierenden Impedanz einer Reihenschaltung von zwei Impedanzen, deren Operatoren  $\dot{Z}_1$  und  $\dot{Z}_2$  sein mögen, durch Addition der sie darstellenden Vektoren graphisch gefunden werden kann.

Gegeben seien die beiden Impedanzoperatoren:

$$\begin{aligned} \dot{Z}_1 &= Z_{1w} + j Z_{1b} \\ \dot{Z}_2 &= Z_{2w} + j Z_{2b} \end{aligned}$$

Durch Multiplikation mit dem Einheitsvektor  $i$  erhält man die Vektoren  $\mathfrak{Z}_1$  und  $\mathfrak{Z}_2$ .

$$\begin{aligned} \mathfrak{Z}_1 &= \mathfrak{Z}_{1w} + \mathfrak{Z}_{1b} & \mathfrak{Z}_2 &= \mathfrak{Z}_{2w} + \mathfrak{Z}_{2b} \\ \mathfrak{Z}_{1w} &= Z_{1w} i & \mathfrak{Z}_{2w} &= Z_{2w} i \\ \mathfrak{Z}_{1b} &= j Z_{1b} i & \mathfrak{Z}_{2b} &= j Z_{2b} i \end{aligned}$$

Durch graphische Addition der beiden Vektoren  $\mathfrak{Z}_1$  und  $\mathfrak{Z}_2$  findet man den Vektor  $\mathfrak{Z}_1 + \mathfrak{Z}_2$ . Die Zusammenhänge sind in Fig. 41 veranschaulicht.

Die Zusammenhänge sind so einfach, dass man anhand der Fig. 41 sogleich erkennt, dass der durch den Vektor  $\mathfrak{Z}_1 + \mathfrak{Z}_2$  dargestellte Impedanzoperator gleich der Summe der Operatoren  $\dot{Z}_1$  und  $\dot{Z}_2$  ist.

$$\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 = Z_{1w} + j Z_{1b} + Z_{2w} + j Z_{2b}$$

322.

Parallelschaltung.

Es seien die Vektoren  $\mathfrak{Z}_1$  und  $\mathfrak{Z}_2$  von zwei parallelgeschalteten Impedanzen graphisch gegeben. Gesucht sei der Vektor der resultierenden Impedanz.

Es soll nun eine Konstruktionsvorschrift abgeleitet werden, nach der der gesuchte Vektor  $\mathfrak{Z}$  graphisch ermittelt werden kann<sup>26)</sup>. Dividiert man die beiden gegebenen Vektoren durch einen beliebigen Einheitsvektor  $i$ , so erhält man zwei Operatoren  $\dot{Z}_1$  und  $\dot{Z}_2$ .

<sup>26)</sup> Es bestehen verschiedene graphische Lösungen für diese Aufgabe. Wohl die älteste, von E. Orlich herrührend, findet sich bei Alfred Fraenkel, Theorie der Wechselströme, 2. Auflage, S. 51, Verlag Jul. Springer, 1921. Weitere Lösungen haben angegeben: H. Rukop, Diagramm für die Parallelschaltung beliebiger Scheinwiderstände, Archiv für Elektrotechnik, Band XXI (1929), S. 444, ferner: Albert von Brunn, Neue Methoden zur graphischen Bestimmung von Wechselstrom-Ortskurven, Bull. SEV 1929, S. 75.

Die hier behandelte Lösung lehnt sich an eine Veröffentlichung von E. Gross an: «Ueber Ortskurven bei der Parallelschaltung verschiedener Scheinwiderstände, von denen einer veränderlich ist», E. u. M. 1929, S. 885, sowie an die Konstruktion von Rukop.

$$\frac{\mathfrak{Z}_1}{i} = \dot{Z}_1 \quad \frac{\mathfrak{Z}_2}{i} = \dot{Z}_2$$

Führt man gemäss Fig. 42 die Spannung  $11$  und die Ströme  $\mathfrak{I}_1$  und  $\mathfrak{I}_2$  ein, so gelten die Beziehungen:

$$\mathfrak{I}_1 = \frac{11}{\dot{Z}_1} \quad \mathfrak{I}_2 = \frac{11}{\dot{Z}_2}$$

Für den Operator  $\dot{Z}$  der resultierenden Impedanz der Parallelschaltung gilt dann die Beziehung:

$$\dot{Z} = \frac{11}{\mathfrak{I}_1 + \mathfrak{I}_2}$$

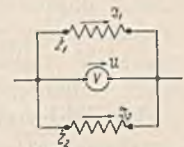


Fig. 42.

Ersetzt man hierin die Stromvektoren  $\mathfrak{I}_1$  und  $\mathfrak{I}_2$ , so erhält man:

$$\dot{Z} = \frac{11}{\frac{11}{\dot{Z}_1} + \frac{11}{\dot{Z}_2}}$$

Durch Kürzung und Ausrechnung findet man hieraus:

$$\dot{Z} = \frac{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} \tag{79}$$

Rechnet man vorläufig nicht mit dem Operator  $\dot{Z}_2$ , sondern mit einem veränderlichen Vielfachen davon, also mit  $p_2 \dot{Z}_2$ , so erhält man für den resultierenden Impedanzoperator:

$$\dot{Z} = \frac{p_2 \dot{Z}_1 \dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + p_2 \dot{Z}_2} \tag{80}$$

Durch Vergleich mit Gl. (58) ersieht man, dass der gefundene Operator  $\dot{Z}$  den Aufbau eines Kreisoperators hat. Die darin enthaltenen Operatoren  $a, b, c$  und  $d$  findet man durch Identifizierung der beiden Gl. (80) und (58).

$$\frac{p_2 \dot{Z}_1 \dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + p_2 \dot{Z}_2} \equiv \frac{a + p b}{c + p d}$$

So erhält man:

$$a = 0 \quad b = \dot{Z}_1 \dot{Z}_2 \quad c = \dot{Z}_1 \quad d = \dot{Z}_2 \tag{81}$$

Multipliziert man Gl. (80) noch mit dem Einheitsvektor  $i$ , durch den man vorher die beiden gegebenen Vektoren  $\mathfrak{Z}_1$  und  $\mathfrak{Z}_2$  dividiert hat, so erhält man:

$$\mathfrak{Z}_{p_2} = \frac{p_2 \mathfrak{Z}_1 \mathfrak{Z}_2}{\mathfrak{Z}_1 + p_2 \mathfrak{Z}_2} i \tag{82}$$

Der Vektor  $\mathfrak{Z}_{p_2}$  läuft somit bei Veränderung des Parameters  $p_2$  auf einem Kreise. Nimmt der Parameter  $p_2$  insbesondere den Wert Null an, so wird auch der gefundene Kreisoperator zu Null, damit erhält auch der resultierende Impedanzvektor  $\mathfrak{Z}_0$  die Länge Null. Der Kreis geht also durch den Fusspunkt der Vektoren  $\mathfrak{Z}_1$  und  $\mathfrak{Z}_2$ . Wird da-



gegen der Parameter  $p_2$  unendlich gross, so nimmt der Kreisoperator den Wert  $\dot{Z}_1$  an. Der Vektor  $\mathcal{Z}_\infty$  fällt also mit dem Vektor  $\dot{Z}_1$  zusammen. Der Kreis geht also durch die Spitze des Vektors  $\mathcal{Z}_1$ . Diese Zusammenhänge sind in Fig. 43 veranschaulicht.

Ein geometrischer Ort für den Kreismittelpunkt ist die Mittelsenkrechte des Vektors  $\mathcal{Z}_1$ . Ein zweiter geometrischer Ort lässt sich durch Berechnung des Mittelpunktsoperators  $\dot{m}$  oder des Mittelpunktsvektors  $\dot{m}i$  finden.

Gemäss Gl. (59) findet man den Ansatz:

$$\dot{m} = \frac{-\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 \dot{Z}_{1k}}{\dot{Z}_1 \dot{Z}_{2k} - \dot{Z}_{1k} \dot{Z}_2}$$

Im Zähler erscheint das Produkt der konjugierten Operatoren  $\dot{Z}_1$  und  $\dot{Z}_{1k}$ . Dieses darf nach Gl. (40) dem Quadrat des Betrages gleichgesetzt werden. Es wird also:

$$\dot{Z}_1 \dot{Z}_{1k} = Z_1^2.$$



Fig. 43.



Fig. 44.

Schreibt man die auftretenden Operatoren in Binom-Form, so erhält man für den Nenner die Gleichung:

$$\dot{Z}_1 \dot{Z}_{2k} - \dot{Z}_{1k} \dot{Z}_2 = (Z_{1w} + j Z_{1b}) (Z_{2w} - j Z_{2b}) - (Z_{1w} - j Z_{1b}) (Z_{2w} + j Z_{2b}).$$

Multipliziert man die rechte Seite dieses Ausdruckes aus, und ordnet man, wobei sich einige Glieder herausheben, so erhält man:

$$\dot{Z}_1 \dot{Z}_{2k} - \dot{Z}_{1k} \dot{Z}_2 = -j 2 (Z_{1w} Z_{2b} - Z_{1b} Z_{2w}).$$

Damit erhält der Mittelpunktsoperator die Form:

$$\dot{m} = \frac{-Z_1^2 \dot{Z}_2}{-j 2 (Z_{1w} Z_{2b} - Z_{1b} Z_{2w})}$$

Multipliziert man wieder mit dem bisher gebrauchten Einheitsvektor  $i$ , so erhält man mit geringfügiger Umstellung für den Mittelpunktsvektor  $\dot{m}i$  den Ausdruck:

$$\dot{m} i = \frac{Z_1^2}{2 (Z_{1w} Z_{2b} - Z_{1b} Z_{2w})} (-j \dot{Z}_2 i)$$

Hierin ist der erste Teil ein reiner Faktor, der zweite Teil dagegen stellt den um einen rechten Winkel verdrehten Vektor  $\mathcal{Z}_2$  dar. Die Richtung des Mittelpunktsvektors steht somit senkrecht auf der Richtung des gegebenen Vektors  $\mathcal{Z}_2$ . Damit ist der zweite geometrische Ort für den Kreismittel-

punkt gefunden. Er ist in Fig. 43 eingetragen. Der gegebene Vektor  $\mathcal{Z}_2$  ist also eine Tangente des gefundenen Kreises.

Der gesuchte Vektor  $\mathcal{Z}$  entspricht nach Gl. (79) dem Werte 1 des Parameters  $p_2$ . Er liegt somit irgendwo auf dem durch die Spitze des Vektors  $\mathcal{Z}_{p2}$  beschriebenen Kreise, der durch den Fuss- und den Endpunkt des gegebenen Vektors  $\mathcal{Z}_1$  geht und für den der ebenfalls gegebene Vektor  $\mathcal{Z}_2$  eine Tangente ist. Dieser Kreis ist somit ein erster geometrischer Ort für die Spitze des gesuchten Vektors  $\mathcal{Z}$ .

Rechnet man analog wie vorher nicht mit dem Operator  $\dot{Z}_1$ , sondern mit einem veränderlichen Vielfachen davon, also mit  $p_1 \dot{Z}_1$ , so findet man wegen des symmetrischen Aufbaues der Gl. (80) hinsichtlich der Operatoren  $\dot{Z}_1$  und  $\dot{Z}_2$  offenbar dasselbe Resultat wie vorher, es sind darin lediglich die Indices 1 und 2 miteinander zu vertauschen. Man bekommt so für den gesuchten Vektor  $\mathcal{Z}$  einen zweiten geometrischen Ort in Gestalt eines durch die Spitze des Vektors  $\mathcal{Z}_{p1}$  beschriebenen Kreises, der durch den Fuss- und den Endpunkt des gegebenen Vektors  $\mathcal{Z}_2$  geht und für den der ebenfalls gegebene Vektor  $\mathcal{Z}_1$  eine Tangente ist. Fig. 44 veranschaulicht die Zusammenhänge.

Damit sind für die Spitze des gesuchten Vektors  $\mathcal{Z}$  zwei leicht konstruierbare geometrische Orte gefunden und die gestellte Aufgabe ist damit gelöst <sup>27)</sup>.

33.

Vektorielle Behandlung von Dreh- und Wechselströmen.

Sollen beispielsweise im Vektordiagramm des Transformators der mit dem Magnetisierungsstrom in Phase liegende Nutzfluss und die dagegen zeitlich phasenverschobenen Streuflüsse dargestellt werden, so handelt es sich hierbei um magnetische Wechselströme, von denen nicht eine veränderliche räumliche Lage, sondern die Amplitude und die zeitliche Phasenverschiebung abgebildet werden sollen. Es kommt hierzu die im Abschnitt «Vektorielle Behandlung von Wechselstromgrössen» behandelte Methode zur Anwendung. Diese gilt ganz allgemein für zeitlich sinusförmig veränderliche Grössen, also auch für magnetische Flüsse, magnetische Spannungen und elektrische Durchflutungen.

Im Gegensatz dazu soll jetzt gezeigt werden, wie solche Flüsse zu behandeln sind, bei denen in Abhängigkeit von der Zeit die Intensität schwankt und die räumliche Lage der Achse sich verändert.

Oft haben magnetische Flüsse im Luftspalt einer elektrischen Maschine in Funktion des Umfangs sinusförmige Verteilung und weisen dabei gleiche Wellenlänge auf. Unter dieser Voraussetzung lassen sie sich mit Vorteil durch Vektoren abbilden. Dabei wird ihre Stärke durch den Betrag dieser Vektoren wiedergegeben und der Bogen zwischen ihren

<sup>27)</sup> Diese sowie die in Fussnote 26 erwähnten weiteren Konstruktionen versagen allerdings, wenn der zwischen den gegebenen Impedanzvektoren eingeschlossene Winkel gleich 0 oder gleich 180° ist.

*man muss die Richtung bestimmen*



Achsen durch den Winkel zwischen den Vektoren ausgedrückt. Der Wellenlänge entspricht der Winkel  $2\pi$ . Der resultierende Fluss verschiedener solcher Teilflüsse lässt sich dann durch Addition ihrer Vektoren finden. Weisen die Teilflüsse in Funktion des Umfanges eine zusammengesetzte Kurvenform auf, so ist für jede Harmonische ein separates Vektordiagramm zu zeichnen.

Ist die Stärke der betrachteten Teilflüsse mit der Zeit sinusförmig veränderlich, so wird auch der resultierende Fluss nach Grösse und Lage (der Achse) eine Funktion der Zeit sein. Da durch die verschiedene Lage der Vektoren die räumlich verschiedene Lage der Flussachsen wiedergegeben wird, kann durch dieses Darstellungsmittel nicht noch die zeitliche Phasenverschiebung ausgedrückt werden. Die einfache graphische Darstellung durch Vektoren versagt hier, denn sie gibt ein Bild, das nur in einem bestimmten Zeitpunkt richtig ist. Den vollständigen Verlauf der Erscheinungen kann sie nur durch eine ganze Reihe von solchen Momentbildern wiedergeben.

Hier erweist sich nun die ebene Vektorrechnung als sehr brauchbares Hilfsmittel. Sie kann eine unendliche Reihe von Momentbildern in einer einzigen Gleichung ausdrücken. Nach Galileo Ferraris<sup>28)</sup> zerlegt sie einen zeitlich sinusförmig veränderlichen Vektor  $\bar{\Phi}_t$ <sup>29)</sup> in zwei gleichschnell, aber entgegengesetzt drehende Vektoren  $\bar{\Phi}_{Rt}$  und  $\bar{\Phi}_{Lt}$ , deren Betrag halb so gross ist wie die Amplitude  $\bar{\Phi}$  des ursprünglichen Vektors  $\bar{\Phi}_t$ . Für diese rechts- und linksherum rotierenden Vektoren  $\bar{\Phi}_{Rt}$  und  $\bar{\Phi}_{Lt}$ , deren Spitzen Kreise mit dem Fusspunkt als Zentrum beschreiben, erhält man nach Gl. (52) die Ausdrücke:

$$\bar{\Phi}_{Rt} = e^{-j(\omega t + \varphi)} \frac{\bar{\Phi}}{2} \quad (81a)$$

$$\bar{\Phi}_{Lt} = e^{j(\omega t + \varphi)} \frac{\bar{\Phi}}{2} \quad (81b)$$

Der ursprüngliche Vektor  $\bar{\Phi}_t$  ist die Summe der beiden Vektoren  $\bar{\Phi}_{Rt}$  und  $\bar{\Phi}_{Lt}$ .

$$\bar{\Phi}_t = e^{-j(\omega t + \varphi)} \frac{\bar{\Phi}}{2} + e^{j(\omega t + \varphi)} \frac{\bar{\Phi}}{2} \quad (82)$$

Fig. 45 ist ein Momentbild, das den in dieser Gleichung ausgedrückten Zusammenhang für einen bestimmten Zeitpunkt graphisch darstellt.



Fig. 45.

Damit die Addition rechnerisch ausgeführt werden kann, sind die in Gl. (81a) und (81b) enthaltenen Versoren nach Gl. (24) umzuschreiben. So erhält man:

$$\bar{\Phi}_{Rt} = (\cos(\omega t + \varphi) - j \sin(\omega t + \varphi)) \frac{\bar{\Phi}}{2}$$

$$\bar{\Phi}_{Lt} = (\cos(\omega t + \varphi) + j \sin(\omega t + \varphi)) \frac{\bar{\Phi}}{2}$$

Bei Bildung der Summe heben sich die den rechtwinkligen Versor  $j$  enthaltenden Glieder gegenseitig auf. Es wird:

$$\bar{\Phi}_t = \cos(\omega t + \varphi) \bar{\Phi} \quad (83)$$

Sind mehrere zeitlich sinusförmig veränderliche Flüsse gegeben, deren Achsen miteinander Winkel einschliessen, so führt die Zerlegung zu ebenso vielen Paaren entgegengesetzt drehender Vektoren. Unter der Voraussetzung, dass die gegebenen Flüsse dieselbe Periodendauer haben, weisen die gleichsinnig rotierenden Vektoren dieselbe Drehgeschwindigkeit auf. Sie lassen sich deshalb zu einem resultierenden Vektor vereinigen. Man erhält so zwei entgegengesetzt gleichschnell rotierende Vektoren  $\bar{\Phi}_{L\text{res}t}$  und  $\bar{\Phi}_{R\text{res}t}$ , die nicht gleichlang zu sein brauchen. Ihre Summe ist der endgültig resultierende Vektor. Dieser genügt zufolge seiner Entstehung der Gleichung:

$$\bar{\Phi}_{\text{res}t} = \bar{\Phi}_{L\text{res}t} + \bar{\Phi}_{R\text{res}t}$$

Bezieht man die nach links und rechts drehenden Vektoren  $\bar{\Phi}_{L\text{res}t}$  und  $\bar{\Phi}_{R\text{res}t}$  auf einen beliebigen Bezugsvektor  $\mathfrak{A}$ , so kann man schreiben:

$$\bar{\Phi}_{L\text{res}t} = \dot{r} e^{j(\omega t + \varphi)} \mathfrak{A}$$

$$\bar{\Phi}_{R\text{res}t} = \dot{q} e^{-j(\omega t + \varphi)} \mathfrak{A}$$

Damit erhält man für den resultierenden Vektor  $\bar{\Phi}_{\text{res}t}$  die Gleichung:

$$\bar{\Phi}_{\text{res}t} = (\dot{r} e^{j(\omega t + \varphi)} + \dot{q} e^{-j(\omega t + \varphi)}) \mathfrak{A} \quad (84)$$

Der Vergleich mit Gl. (67) zeigt, dass die gefundene Gl. (84) eine Ellipsengleichung darstellt, bei der der Mittelpunktoperator  $m$  gleich Null ist. Der resultierende Flussvektor  $\bar{\Phi}_{\text{res}t}$  beschreibt also eine Ellipse, deren Mittelpunkt in den Vektorfusspunkt fällt. Sind die beiden rotierenden Vektoren  $\bar{\Phi}_{L\text{res}t}$  und  $\bar{\Phi}_{R\text{res}t}$  gleichlang, so haben die beiden Operatoren  $r$  und  $q$  gleiche Beträge. Der resultierende Flussvektor  $\bar{\Phi}_{\text{res}t}$  degeneriert dann zu einem pulsierenden Vektor, es entsteht ein Wechselfeld. Wird dagegen der eine der beiden drehenden Vektoren zu Null, so degeneriert der resultierende Flussvektor  $\bar{\Phi}_{\text{res}t}$  zu einem kreisenden Vektor, es entsteht ein Drehfeld.

Beispiel:

Es soll gezeigt werden, dass drei durch die symmetrischen Zeitvektoren  $\mathfrak{S}_1$ ,  $\mathfrak{S}_2$  und  $\mathfrak{S}_3$  dargestellte sinusförmige Wechselströme, die in der Statorwicklung einer Dreiphasenmaschine fliessen, ein Drehfeld hervorrufen können.

Die Wicklungen seien so angeordnet, dass die die Induktionsverteilung im Luftspalt darstellenden

<sup>28)</sup> Siehe hiezu: L. A. Finzi, Ueber Dreh- und Wechselfelder, Archiv für Elektrotechnik, Band XXII (1929), S. 573, ferner: Gerhard Hauffe, Komplexe Behandlung von Wechsel- und Drehfeldern, E. u. M., 1927, S. 101.

<sup>29)</sup> Da für den griechischen Buchstaben  $\Phi$  kein deutscher (Fraktur-) Buchstabe besteht, wird der Vektor nach Satz 10: «Vektorzeichen» des AEF<sup>16)</sup> durch Ueberstreichen gekennzeichnet.



Kurven mit genügender Annäherung als Sinuslinien betrachtet werden können. Ueberdies sei die Magnetisierungskurve der Maschine als geradlinig vorausgesetzt, so dass der resultierende Fluss durch Ueberlagerung der Flüsse der einzelnen Spulengruppen der Wicklungen gefunden werden kann.

Unter diesen Voraussetzungen rufen dann die drei Ströme drei längs des Luftspaltes sinusförmig verteilte, zeitlich mit den Strömen pulsierende Wechselflüsse hervor, deren Achsen durch die Spulengruppen-Mitten gehen. Die drei Flussachsen sind in Fig. 46 veranschaulicht.

Die drei Wechselflüsse sind durch Vektoren darstellbar. Da die Flussachsen um den dritten Teil der Wellenlänge der Flussverteilungskurve auseinanderliegen und da der Wellenlänge der Winkel  $2\pi$  entspricht, müssen die drei Flussvektoren  $\bar{\phi}_{1t}$ ,  $\bar{\phi}_{2t}$  und  $\bar{\phi}_{3t}$  untereinander die Winkel  $\frac{2\pi}{3}$  einschliessen. Die drei (nicht gleichzeitig auftretenden) Maximalwerte  $\bar{\phi}_1$ ,  $\bar{\phi}_2$  und  $\bar{\phi}_3$  der pulsierenden Vektoren sind in Fig. 47 dargestellt.

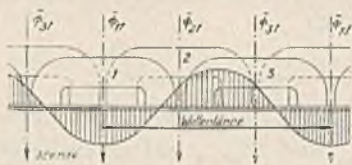


Fig. 46.



Fig. 47.

Die Momentanwerte der Flussvektoren, die sich im Takte und mit der Phasenverschiebung der erregenden Ströme verändern, genügen den Gleichungen:

$$\begin{aligned}\bar{\phi}_{1t} &= \cos \omega t \bar{\phi}_1 \\ \bar{\phi}_{2t} &= \cos (\omega t - 120^\circ) \bar{\phi}_2 \\ \bar{\phi}_{3t} &= \cos (\omega t - 240^\circ) \bar{\phi}_3.\end{aligned}$$

Ersetzt man hierin die Maximalvektoren  $\bar{\phi}_2$  und  $\bar{\phi}_3$  unter Verwendung von Versoren durch den Maximalvektor  $\bar{\phi}_1$ , so findet man für die Momentanvektoren die Gleichungen:

$$\begin{aligned}\bar{\phi}_{1t} &= \cos \omega t \bar{\phi}_1 \\ \bar{\phi}_{2t} &= \cos (\omega t - 120^\circ) e^{-j 120^\circ} \bar{\phi}_1 \\ \bar{\phi}_{3t} &= \cos (\omega t - 240^\circ) e^{-j 240^\circ} \bar{\phi}_1.\end{aligned}$$

Zerlegt man diese drei pulsierenden Vektoren in ihre nach links und rechts rotierenden Ferraris-Komponenten, so erhält man die sechs Gleichungen:

$$\begin{aligned}\bar{\phi}_{L1t} &= e^{j \omega t} \frac{\bar{\phi}_1}{2} \\ \bar{\phi}_{R1t} &= e^{-j \omega t} \frac{\bar{\phi}_1}{2} \\ \bar{\phi}_{L2t} &= e^{j (\omega t - 120^\circ)} e^{-j 120^\circ} \frac{\bar{\phi}_1}{2} \\ \bar{\phi}_{R2t} &= e^{-j (\omega t - 120^\circ)} e^{-j 120^\circ} \frac{\bar{\phi}_1}{2} \\ \bar{\phi}_{L3t} &= e^{j (\omega t - 240^\circ)} e^{-j 240^\circ} \frac{\bar{\phi}_1}{2} \\ \bar{\phi}_{R3t} &= e^{-j (\omega t - 240^\circ)} e^{-j 240^\circ} \frac{\bar{\phi}_1}{2}\end{aligned}$$

Durch Addition findet man die resultierenden Ferraris-Komponenten. Die linksrotierende wird:

$$\bar{\phi}_{L \text{ res } t} = (1 + e^{-j 240^\circ} + e^{-j 480^\circ}) e^{j \omega t} \frac{\bar{\phi}_1}{2}.$$

Zerlegt man die in der Klammer stehenden  $e$ -Potenzen in ihre Sinus- und Cosinus-Glieder, so findet man:

$$(1 + e^{-j 240^\circ} + e^{-j 480^\circ}) = 1 + \cos (-240^\circ) + j \sin (-240^\circ) + \cos (-480^\circ) + j \sin (-480^\circ).$$

Durch Einsetzen der Zahlenwerte findet man, dass der Klammerausdruck zum Wert Null führt. Die Resultierende der linksrotierenden Ferraris-Komponenten wird damit ebenfalls Null. Berechnet man analog die Summe der rechtsrotierenden Ferraris-Komponenten, so ergibt sich die Resultierende zu:

$$\bar{\phi}_{R \text{ res } t} = \frac{3}{2} e^{j \omega t} \bar{\phi}_1.$$

Man findet so als Resultat für den resultierenden Flussvektor einen gleichmässig rechts herum kreisenden Vektor, der unveränderlich seine Grösse beibehält. Er ist um die Hälfte grösser als der Fluss einer einzelnen Spulengruppe und hat im Zeitmoment Null die Richtung des Teilflusses der ersten Spulengruppe.



## Bericht über die Diskussionsversammlung für Fragen über Förderung der Elektrizitätsverwertung

Dienstag, den 14. und Mittwoch, den 15. Oktober 1930  
in Bern.

(Fortsetzung von Seite 103)

### Elektrifizierte Wohnkolonien in Zürich.

Referat von W. Trüb, Direktor des E. W. der Stadt Zürich.

621.364.5:641.586+643.3

Der Referent skizziert die neuere Entwicklung der Bevölkerungszunahme in Zürich, die Wohnbaupolitik der Behörden und deren Resultat, und die in Zeiten der Depression getroffenen Massnahmen für die allgemeine Einführung der elektrischen Wärmeanwendungen (Beschaffung der nötigen Energie, Netzbau, Tarifmassnahmen, Installationserleichterungen). Durch konsequente Unterstützung jeder sich zeigenden Initiative, ständigen persönlichen Kontakt mit den massgebenden Persönlichkeiten, umfassende Einzelaufklärung, programmatische Anpassung der Tarife an die beabsichtigten Zwecke und Subventionierung der Heisswasseranlagen gelang es, in den Wohnkolonien der immer mehr als Träger der Wohnungsproduktion hervortretenden Baugenossenschaften aus kleinen Anfängen heraus in steigendem Masse elektrische Kochherde und Heisswasserversorgungen zu installieren. Im Jahre 1929 wurden z. B. in total 3242 neu gebauten Wohnungen 1087 Klein-Heisswasserspeicher, 483 Grosspeicher und 1049 elektrische Kochherde installiert. Wenn nur  $\frac{1}{7}$  aller zürcherischen Haushaltungen elektrische Heisswasseranlagen und elektrische Küchen benützt, beziehen sie dafür jährlich für rund 1 Million Fr. elektrische Energie.

L'auteur esquisse l'accroissement de la population à Zurich ces dernières années, la politique des autorités dans les questions d'habitation et son résultat, et montre quelles mesures ont été prises pendant les temps de dépression pour pousser la généralisation des applications thermiques de l'électricité (production de l'énergie nécessaire, transformation du réseau, mesures tarifaires, facilitation de l'installation). En soutenant systématiquement chaque initiative, en restant continuellement en contact avec les personnalités influentes, en instruisant la population, en adaptant les tarifs aux buts poursuivis et en subventionnant les installations de chauffe-eau, on est parvenu, après de très modestes débuts, à installer en nombre toujours croissant des fourneaux-potagers et des chauffe-eau électriques dans les colonies d'habitations bâties par les coopératives de construction qui deviennent de plus en plus un des facteurs importants de la construction moderne. En 1929 p. ex., de 3242 habitations nouvellement bâties, 1087 ont été munies de petits et 483 de grands chauffe-eau électriques, tandis que dans 1049 de ces habitations on a installé des fourneaux-potagers électriques. Si seulement  $\frac{1}{7}$  de tous les ménages de la ville de Zurich utilisait des chauffe-eau électriques et des fourneaux-potagers électriques, cela représenterait déjà une consommation annuelle d'énergie électrique d'environ un million de francs.

In der Stadt Zürich stieg die Wohnbevölkerung von 1925—1930 von 205 000 auf 238 000 Personen. Diese starke Vermehrung war Ursache und auch wieder Folge einer aussergewöhnlichen Bautätigkeit. An neuen Wohnungen wurden erstellt: 1926 rund 2100, 1927 rund 2450, 1928 rund 3150, 1929 rund 3250, 1930 rund 3400.

In den Kriegs- und Nachkriegsjahren entstand aus verschiedenen Gründen auch in der Schweiz eine Wohnungsnot. Schätzungen kamen im Jahre 1920 auf einen Fehlbetrag von 10 000 bis 15 000 Wohnungen, der sich in den nachfolgenden drei Jahren fast verdoppelt haben dürfte. Die Not hätte sich noch mehr verschärft, wenn nicht unter den Kriegseinflüssen der Haushaltswachstum stark zurückgeblieben wäre. Im Jahrzehnt 1901—1910 nahm die Zahl der Haushaltungen um rund 100 000 zu, im Jahrzehnt 1911—1920 nicht einmal um 60 000. Der Ausfall ist zurückzuführen auf die Kriegsabwanderung zahlreicher Ausländerfamilien und die Grenzsperrung durch fremdenpolitische Massnahmen.

Vom Tiefstand im Jahre 1918 an nahm die Bautätigkeit allmählich zu, um im Jahre 1927 wieder den Vorkriegsumfang zu erreichen.

Als in Zürich 1917 die Wohnungsnot sich verschärfte, die Bundeshilfe noch fehlte und Private sowie gemeinnützige Genossenschaften vor dem Bau neuer Wohnungen noch zurückschreckten, fuhr die Stadt mit dem früher begonnenen Eigenbau von Wohnungen fort. In den nachfolgenden

Jahren aber verlegte sie sich immer mehr auf die Förderung des gemeinnützigen Wohnungsbaues, dessen Finanzierungsbedingungen man entsprechend erleichterte. Im Jahre 1924 wurde die Belehnungsgrenze auf 94 % der Anlagekosten erhöht, so dass das Baukapital gegenwärtig wie folgt beschafft werden kann: Erste Hypothek einer Hypothekenbank 60 bis 65 % der Anlagekosten; zweite Hypothek der Gemeinde 34 bis 29 % der Anlagekosten; Eigenkapital der Baugenossenschaft 6 % der Anlagekosten.

Unter dieser Ordnung traten die Baugenossenschaften immer mehr als Träger der Wohnungsproduktion hervor. Dieser Umstand und das Streben nach möglicher Verbilligung brachten die Erstellung ganzer Wohnkolonien grösseren und kleineren Umfangs.

Die Wirtschaftskrise der Jahre 1920—1922 hatte in der Versorgung mit elektrischer Energie eine Stagnation, in gewissen Gebieten sogar einen Rückgang zur Folge. Vor der Erschliessung neuer Energiequellen stehend (Wäggitalwerk mit über  $50 \cdot 10^6$  kWh), hatte das E. W. Zürich im Jahre 1922 zum ersten Male seit 1917 die Möglichkeit, alle einschränkenden Massnahmen fallen zu lassen und überdies umfassende Vorkehrungen für eine Absatzsteigerung zu treffen. Unter dem Druck der äusseren Verhältnisse, d. h. der ab 1924 eintretenden Notwendigkeit der Verwertung grosser Energiemengen, aber auch aus dem eigenen Streben nach Förderung der Entwicklung, wurde eine Reihe be-



sonderer Massnahmen getroffen: Herabsetzung der Tarife, Erleichterung der Anschlussbedingungen, Ausgestaltung des Lichtnetzes zum Haushaltungsnetz.

Die steigende Produktion neuer Wohnungen half einerseits den schon vorgesehenen Massnahmen zum Erfolg und schuf andererseits die Möglichkeit, für die neue Form der Wohnkolonien auch neue Mittel für deren Durchdringung mit Verbrauchern elektrischer Energie anzuwenden. Das in breiten Bevölkerungskreisen sich äussernde Verlangen nach Vereinfachung des Haushalts und Verbesserung der Wohnungsausstattung unterstützte alle dahin zielenden Bestrebungen des E. W. Zürich. So kam es zur *Elektrifizierung ganzer Wohnkolonien*.

Wir erkannten aber nicht nur die *Möglichkeiten*, sondern auch die *Notwendigkeiten*.

Günstige Tarife mussten einen billigen Betrieb sichern, Installationserleichterungen den Entschluss zum einmaligen, etwas höhern Aufwand für den Bau auslösen. Unsere Propagandamittel waren zur Hauptsache *direkter persönlicher Kontakt, umfassende Aufklärung, Unterstützung* jeder bei den Bauherrschaften sich zeigenden *Initiative*. Es wurden keine Opfer gescheut, um die Schaffung von Musteranlagen zu sichern.

Ich verzichte bei meinen Ausführungen bewusst darauf, über die Technik der Elektrifizierung unserer Wohnkolonien ausführliche Darlegungen zu machen. Diese Seite des Problems werde ich nur streifen. Wir sind hier beisammen an einer Werbetagung und wir wollen über die Förderung des Absatzes elektrischer Energie diskutieren. Die heutigen technischen Möglichkeiten sind uns bekannt, unsere Werbeleiter müssen die Grundlagen der technischen Apparatur und ihre Installation verarbeitet haben, bevor sie überhaupt an die Arbeit gehen können.

Gerade das mir zum Referat gestellte Thema bietet aber schöne Gelegenheit zur Besprechung der übrigen Grundlagen, die die Geschäftsleitung dem Werbefachmann schaffen muss.

Vor allem ist die eigene *Produktionsmöglichkeit* sorgfältig zu studieren. Die fortlaufende Statistik gibt im Rückblick eindeutigen und umfassenden Aufschluss, sie muss aber auch für die Zukunft Daten über Art und Umfang der verfügbaren Energie abzuleiten gestatten. Ebenso wichtig wie die Klarheit über die produzierte Energie ist die Feststellung von Qualität und Quantität der nicht produzierten, weil nicht bezogenen Energie. Unsere Ware hat ja die besondere Eigenschaft, dass sie im Augenblick des Bedarfes und nur in dessen Umfang erzeugt wird.

Dann ist der Absatzmarkt zu beobachten und der Konsum zu verfolgen; die Konsummöglichkeit und deren Entwicklung sind abzuklären.

Sie kennen aus der Technik des Kinematographen die *Zeitlupe* und den *Zeitraffer*. Unsere Statistiken, Tabellen und Diagramme können die Funktionen beider ausüben.

Ehe ich dazu übergehe, die Elektrifizierung unserer Wohnkolonien und deren schliessliche Ergebnisse zu behandeln, wollen wir zuerst mit dem *Zeitraffer* die Entwicklung des E. W. Zürich während des vergangenen Jahrzehnts betrachten. Kurze Auszüge aus unsern Geschäftsberichten mit Angaben über die gesamte Lage, sowie über die getroffenen Tarif- und Anschlussmassnahmen und deren Erfolge sollen Ihnen entsprechenden Aufschluss geben.

*1921. Geschäftsbericht:* «Die industrielle Krisis machte sich stark bemerkbar. Anschlussbewegung und Stromabsatz gingen zurück. Der Ausfall in der Stromabgabe für gewerbliche Zwecke konnte durch die Steigerung der Abgabe für die Warmzwecke des Haushalts teilweise kompensiert werden.

Die Erhöhung der maximal gestatteten Anschlusswerte ist wohl kaum zu umgehen, wenn man die Warmstromabgabe weiter fördern will. Dies setzt aber die allgemeine Einführung von 220 V voraus. Es muss den Fragen Netzausbau, Anschlussbewegung und Stromabsatz die grösste Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die technische Bereitschaft des Verteilnetzes muss der Verbrauchssteigerung vorausgehen.»

*Besondere Massnahmen:* Neues Reglement für Energieabgabe; Ausbau Wechselstromnetz zu Haushaltnetz; Erhöhung der Anschlusswerte; Zulassung von Heizöfen; Ausdehnung des Sommer-Kochtarifs auf den Winter; Ausdehnung der Nachtaxen für Heisswasserspeicher von 9 auf 10 Stunden.

*1922. Geschäftsbericht:* «Das Jahr 1922 ist das erste seit 1917, das von jeder Einschränkungsmassnahme frei geblieben ist. Während der Stromabsatz wesentlich zurückging, blieb die Anschlussbewegung ungefähr gleich. Im Drehstromnetz zeigte der Zuwachs an Apparaten ein gewisses Nachlassen, im Wechselstromnetz eine Steigerung. — Eigentliche Kochstrominteressenten fehlen leider noch.»

*Besondere Massnahmen:* Vermehrte Anwendung des 3-Stufen-Tarifs für Warmzwecke; Studien für die Neuordnung aller Wärmetarife.

*1923. Geschäftsbericht:* «Die Elektrizitätsversorgung hat zuverlässige Fühler im allgemeinen Wirtschaftsleben; die Zunahme des Stromverbrauchs meldet eine gewisse Gesundung. Die Stromabgabe in Zürich stieg um 10,8 %. Die Krisis im Energieabsatz kann im Gebiet des E. W. Zürich als endgültig überwunden betrachtet werden, die Tarifmassnahmen zeigen die erwartete günstige Wirkung. Die Anschlussbewegung ist für alle Anwendungen der Elektrizität gut im Gange.»

*Besondere Massnahmen:* Zählergebühren auf die Hälfte herabgesetzt; Warmstrompreis für Haushalt im Winter von 15 auf 12, im Sommer von 10 auf 8 Rp./kWh herabgesetzt; Nachtstrompreise für Speicheröfen und Heisswasserspeicher von 6 und 4 auf 5 und 3 Rp./kWh herabgesetzt.

*1924. Geschäftsbericht:* «Der scharfe Anstieg in der Entwicklung des Energieabsatzes hielt auch im Berichtsjahr an. Die Stromabgabe in Zürich stieg um 10,3 %. Die Anschlussbewegung blieb lebhaft,



besonders in Kleinmotoren und Nachtstrom-Verbrauchern.»

1925. *Geschäftsbericht*: «Die die Berechnungen weit übersteigende Entwicklung des Energieab-satzes im eigenen Gebiet macht die Erschliessung neuer Kraftquellen zur Notwendigkeit.»

«Um die elektrische Heisswasserbereitung auch im einfacheren Haushalt einzuführen, wurde eine Aktion zur Verbilligung eingeleitet. Vom Werk aus werden an die Heisswasserspeicher und deren Installation 25 % Subvention ausgerichtet. In erster Linie wurden mit einer besondern finanziellen Unterstützung die neuen städtischen Wohnhäuser auf dem Milchbuck mit 83 Badespeichern und 18 Küchenspeichern ausgestattet. In zweiter Linie wurden die Wohnkolonien von Baugenossenschaften in den Bereich der Aktion einbezogen. Eine dritte Massnahme soll zur Verbilligung einzelner Heisswasseranlagen von privaten Interessenten, also in schon bewohnten Gebäuden, beitragen. Die Anschlussbewegung blieb recht lebhaft, namentlich in Kleinmotoren (895 Stück) und Heisswasserspeichern (289 Stück). Im Haushalt und Gewerbe kann eine weitere, ruhige Steigerung des Stromabsatzes durch zweckmässige Massnahmen erreicht werden.»

*Besondere Massnahmen*: Gebühren für Doppel-tarifzähler auf 25 Rp./Monat herabgesetzt; kosten-lose Auswechslung der Einfachtarifzähler (in 10 Monaten 6160 Einfachtarifzähler durch Doppel-tarifzähler ersetzt); Herabsetzung des Sondertarifs für Wärmestrom im Winter von 12 auf 10, im Sommer von 8 auf 7 Rp./kWh; Herabsetzung des Tarifs für Kleinspeicher im Winter von 9 auf 5, im Sommer von 8 auf 4 Rp./kWh; Neueinführung eines Pauschaltarifs für Kleinspeicher: 20 l 200 W 5.— und 4.— Fr./Monat, 50 l 300 W 7.50 und 6.— Fr./Monat, 50 l 500 W 12.50 und 10.— Fr./Monat, nur im Hochtarif gesperrt, also erhöhte Wasser-entnahme möglich.

1926. *Geschäftsbericht*: «Das in Aussengebieten mit starker Bautätigkeit eingeführte *Einheitsnetz* mit 380 220 V gestattet die Erhöhung der Anschlussmöglichkeiten in Wohnbauten. Der elek-trische Heisswasserspeicher fand vermehrten Ein-gang im Haushalt, der elektrische Kochherd be-gegnet steigendem Interesse. Die im Herbst 1925 eingeleitete Aktion zur Verbilligung der Heisswas-serinstallationen in Neubauten zeitigte ein für die Abonnenten und das Werk gleicherweise erfreu-liches Ergebnis. Mit Subvention wurden 429 Appa-rate von 20—125 l installiert, im ganzen über 800 Heisswasserspeicher in 10 Monaten.»

*Besondere Massnahmen*: Neue Tarife vorberei-tet; Beteiligung an der Ausstellung in Basel.

1927. *Geschäftsbericht*: Die Anschlussbewegung war sehr rege auf allen Anwendungsgebieten für Licht, Kraft und Wärme. Eine erfreuliche Zu-nahme zeigte sich bei den Heisswasserspeichern; es wurden 1257 Stück mit einem Anschlusswert von 1852 kW neu angeschlossen. Das starke Anwachs-en dieser Nachtenergieverbraucher ist vor allem auf die vom Werk durchgeführte Verbilligung der

Heisswasserinstallationen in Neubauten zurückzu-führen, denn nahezu zwei Drittel derselben wurden mit Subvention erstellt. Die Ausführung dieser In-stallation wurde vollständig dem privaten Ge-werbe überlassen, dem so vermehrte Arbeit zu-gehalten werden konnte. Auch der elektrische Kochherd findet in Neubauten immer mehr Ein-gang; es wurden 223 Stück angeschlossen. «Die Parität in den Anschlussbedingungen und zwischen den Preisen für Kochstrom und Kochgas soll be-stehen bleiben, so dass die Bevölkerung der Stadt beide Energieträger — Elektrizität und Gas — frei wählen kann. Der modernen Entwicklung und den Forderungen der nationalen Wirtschaft wird so am besten Rechnung getragen.»

*Besondere Massnahmen*: Anwendung des Nie-dertarifs II für beliebige Kleinapparate, Herab-setzung des Strompreises im Winter von 12 auf 10, im Sommer von 8 auf 7, dann auf 6 Rp./kWh; Bezüger von Wärmestrom mit regelmässigen Ganz-jahrverbrauch erhalten die Sommertaxen auch im Winter = Kochtarif; Einführung der Parität zwi-schen *Kochgaspreis* und *Kochstrompreis*.

1928. *Geschäftsbericht*: «Dank der grossen Bau-tätigkeit blieb die Anschlussbewegung sehr rege. An der seit 1919 grössten Verbrauchssteigerung sind alle Anwendungsgebiete der Elektrizität beteiligt. An Heisswasserspeichern wurden 1900 Stück mit etwa 4300 kW Anschlusswert neu in Betrieb ge-nommen; nahezu zwei Drittel wurden subventio-niert. Um den Wünschen weiter Kreise Rechnung zu tragen, wurden die Beitragsleistungen des E. W. auch auf neue Heisswasseranlagen in *schon be-stehenden Häusern* ausgedehnt. Die elektrische Küche erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Der Zuwachs an elektrischen Kochherden ist mit 414 Stück nahezu doppelt so gross wie letztes Jahr.»

*Besondere Massnahmen*: Bei einem Mindest-bezug für Fr. 60.— werden den Besitzern elek-trischer Kochherde und Heisswasserspeicher, die sie das ganze Jahr über regelmässig benützen, die Gebühren für die Tarifapparate erlassen.

1929. *Geschäftsbericht*: «Die Anschlussbewegung war sehr lebhaft, was schon die starke Umsatzstei-gerung von  $18,5 \cdot 10^6$  kWh beweist. Ganz besonders erfreulich ist die Zunahme des Verbrauches im Haushalt. An Heisswasserspeichern wurden über 2900 Stück mit 3200 kW installiert; diese Entwick-lung ist den besonderen Aktionen zu verdanken. Die Beitragsleistungen des E. W. betragen Franken 255 464.45; sie verteilen sich auf 1777 Anlagen in Neubauten und 717 Anlagen in bestehenden Häu-sern. Diesen einmaligen Ausgaben stehen entspre-chende dauernde Stromeinnahmen gegenüber. Auch die Einführung der elektrischen Küche entspricht einem immer stärkern Bedürfnis in breiten Schich-ten der Bevölkerung. Es wurden 986 elektrische Kochherde angeschlossen und zur Orientierung der Hausfrauen über 30 Instruktionskochen durchge-führt.»

*Besondere Massnahmen*: Anderweitige Erleich-terungen.



1930. Da das Geschäftsjahr erst am 30. September abgeschlossen wurde, liegt der Geschäftsbericht noch nicht vor. Bemerkenswert sei indessen, dass im Geschäftsjahr 1930 die letztjährige Entwicklung nochmals übertroffen wurde; die Steigerung des Absatzes im Gebiet der Stadt Zürich erreichte über  $18,6 \cdot 10^6$  kWh. Neu angeschlossene wurden etwa 2374 elektrische Heisswasserspeicher und etwa 985 elektrische Kochherde.

Diese kurzen Auszüge geben einen Ueberblick über ein volles Jahrzehnt. Die Epoche begann mit einer Wirtschaftskrise, brachte dann aber Rekordentwicklungen in

- der Bevölkerungsvermehrung,
- der Erstellung neuer Wohnungen,
- dem Anschluss von Heisswasserspeichern und elektrischen Kochherden,
- dem Gesamtumsatz an elektrischer Energie,
- dem Konsum im Gebiet der Stadt Zürich.

In den schlechten Zeiten wurde die technische Leistungsfähigkeit der Produktions- und der Verteilungsanlagen erhöht, die Anschlussbedingungen wurden erleichtert und die Taxen verbilligt. Die Möglichkeiten und die Notwendigkeiten wurden genau verfolgt, um im gegebenen Moment den Verhältnissen angepasste Tarife zu schaffen; ferner wurden finanzielle Erleichterungen gewährt, was für das Durchsetzen eines neu geweckten Bedarfes ebenso wichtig ist. Man kann sich fragen, ob diese Weckung des Bedürfnisses nach Heisswasser, nach Sauberkeit, nach Bequemlichkeit, ob diese Erhöhung des Lebensstandards breiter Schichten der Bevölkerung zu verantworten ist oder ob die Rufer nach Sparsamkeit, Einschränkung, Unterdrückung der Bedürfnisse Recht haben. Ich persönlich bin unbedingt der Meinung, dass es die schönste Aufgabe der Technik ist, die Arbeit zu erleichtern und die Behaglichkeit im Heim zu fördern. Das Heim ist der Hort der Familie, und die Familie formt und veredelt den Staatsbürger.

Die Elektrifizierung von Wohnkolonien ist also nicht nur ein technisches Problem — mehr als eine Aufgabe der Siedelungspolitik — sie ist auch ein ethisches Ziel. Die Errungenschaften unserer Technik sollen der ganzen Bevölkerung bis in die untersten Schichten zugute kommen.

Sie werden im Verlauf meines Referats noch hören, dass die finanziellen Resultate aus solchen elektrifizierten Kolonien nicht überwältigend sind. Es muss aber genügen, wenn dabei die Gesteuerungskosten gedeckt werden und vielleicht noch kleine Beiträge an die Abschreibungen herauskommen. Für unsere Verhältnisse bringen die Verbraucher von Nacht- und Sommerenergie, die Bezüger von Ganzjahrenergie so viele Vorteile durch die Ausnutzung der Liefermöglichkeiten, dass sie aller Pflege wert sind. Gesteigerter Stromverbrauch in breiten Bevölkerungskreisen bringt wertvolle Stabilität. Günstige Preise und Bedingungen reduzieren wohl scheinbar den Gewinn, aber sie sichern ihn auch.

Nach diesen Darlegungen, die nur im weitern Sinne zu unserem Thema gehören, die ich aber in

einer Veranstaltung der «Elektrowirtschaft» nicht vernachlässigen wollte, gehen wir nun zur Behandlung unseres eigentlichen Themas über:

Bescheiden waren auch bei uns die Anfänge. Im Jahre 1922 entstand am Hang des Zürichberges im oberen Teil des Quartiers Hirslanden die Wohnkolonie «Kludörfli», die vorerst 5 Einfamilienhäuser umfasste. Die initiativen Bauherren interessierten sich für eine zeitgemässe Innenausstattung, und es gelang, in jedem Hause folgende elektrische Apparaturen unterzubringen: 1 Heisswasserspeicher von 200 l und 2,5 kW Anschlusswert, 1 kombinierter Herd (Gas und Elektrisch) mit 2 Heizplatten und elektrischem Backofen, 1 Akkumulierofen in der Halle. Die Gegenleistung des Werkes war die Erstellung eines besonders neuen Einheitsnetzes von 380/220 V mit eigener Transformatorenstation. Ein zweites Einheitsnetz mit der erhöhten Spannung wurde in den nachfolgenden Jahren für die Kolonie «Kopf» angelegt. Die systematische Elektrifizierung gelang uns aber dort nicht.

1924 entstanden die Genossenschaftsbauten «Oberstrass» an der Winterthurerstrasse, die vorerst 8 Reihenhäuser mit je 6 Wohnungen = 48 Wohnungen je mit einem Heisswasserspeicher von 100 l und 1,2 kW Anschlusswert umfassten. Lange zeigten wir unsern Geschäftsfreunden mit Stolz diese Kolonie mit ihren 48 elektrischen Heisswasseranlagen.

1925 kam die von der Stadt erstellte Siedlung «Birkenhof» auf dem Milchbuck mit 101 Wohnungen. Als die Bauvorlage den Behörden unterbreitet wurde, beantragte ich die Ausrüstung sämtlicher Wohnungen mit elektrischen Heisswasserspeichern für Küche und Haushalt. Die Architekten nahmen den Gedanken auf, wünschten aber auch die Bedienung der Bäder aus der elektrischen Heisswasseranlage. Zwar hatten wir zunächst Befürchtungen, dass für diese bescheidenen Wohnungen der Aufwand für Heisswasser zu teuer würde, aber wir griffen die Idee doch auf. Wir offerierten die Lieferung der Apparate zu Selbstkosten, sowie einen erheblichen Kostenbeitrag an die Installationen. Daraufhin wurden ausgerüstet: 83 Wohnungen mit 100-l-Heisswasserspeichern, 18 Wohnungen mit 30- und 20-l-Heisswasserspeichern. Das E. W. Zürich übernahm von den Kosten ca.  $\frac{2}{7}$  = Fr. 25 000.—. Das war unsere *Heisswasserspeicheraktion I* vom Mai 1925.

Schon im Juli des gleichen Jahres begannen wir mit der *Heisswasserspeicheraktion II*, bei der Baugenossenschaften und sonstigen Erstellern neuer Wohnungen 20- bis 150-l-Heisswasserspeicher 25 % unter Selbstkosten abgegeben und an die Installationen der Wasser- und Stromleitungen 25 % der Selbstkosten vergütet werden.

Seit Juli 1928 besteht noch die *Heisswasserspeicheraktion III*: Es werden auch an die Installation elektrischer Heisswasseranlagen in schon bewohnten Gebäuden Beiträge ausgerichtet, und zwar für Kleinapparate und zugehörige Leitungen 20 bis 25 % der Kosten, für Grossapparate und zugehörige Leitungen 15 bis 20 % der Kosten. Die Installa-



tionsfirmen, die die Akquisition durchführen, erhalten Anschlussprämien.

Bis heute erbrachten die drei Aktionen folgende Ergebnisse: Aktion I (1926): Neu angeschlossen 101 Speicher, Gesamtsubvention Fr. 23 575.—; Aktion II (1926—1930): Neuangeschlossen 5286 Speicher, Gesamtsubvention Fr. 514 300.—; Aktion III (1928—1930): Neu angeschlossen 1428 Speicher, Gesamtsubvention Fr. 160 743.—. An Kochinstallationen dürfen wir grundsätzlich keine besonderen Vergünstigungen gewähren. Kochstrom und Kochgas werden aber, wie gesagt, zu äquivalenten Preisen abgegeben. Die Förderung der elektrischen Küche müssen wir also auf den gleichen Konkurrenzgrundlagen wie bei der Gasküche versuchen. Es ist nicht ganz leicht, in der Stadt Zürich, die den billigsten Gaspreis in der Schweiz hat, gegen den altgewohnten, bewährten und billigen Gasherd aufzukommen. Klar war uns, dass nur mit einem ganz einfachen, einheitlichen Tarif ohne jede Sperrung und Einschränkung der Wettbewerb gewagt werden konnte. Selbstverständlich war die Schaffung der Parität Voraussetzung. Für mich persönlich bestand nur die Frage: Können wir, wollen wir auf dieser Basis arbeiten? Unsere schweizerische Volkswirtschaft verlangt von uns, dass wir unsere einheimischen Wasserkräfte ausnützen; und zwar müssen wir sie in erster Linie unserer eigenen Bevölkerung zur Verfügung stellen. Und auch auf diesem Gebiet entschied für mich die ethische Auffassung: Wir müssen die Segnungen der modernen Technik bis in die untern Schichten unseres Volkes tragen. Bisher sind die Erfolge erfreulich, doch ist die Entwicklung eigenartig. In den bessern Wohnquartieren an der Zürichberglehne und anderswo haben wir alle Mühe, elektrische Küchen einzuführen; es gelingt uns nur in vereinzelt Fällen. Dort aber, wo die Baugenossenschaften ganze Wohnkolonien erstellen, wo der Mietzins sorgfältig beschränkt werden muss, findet sich die elektrische Küche in Zürich zu Hunderten. Unsere guten Referenzen gewinnen wir dort.

Etwa 5000 Kochplatten und die alten Kochherde, die in der Zeit der Gasrationierung in Gebrauch genommen wurden, hat das wieder erhältliche und billiger werdende Gas zum Verschwinden gebracht. Ein paar Tausend unbefriedigte Kunden aus dieser Zeit erschweren uns jedoch noch heute die Bearbeitung gewisser Gebiete.

Seit 1925 folgen sich die elektrifizierten Wohnkolonien rasch und in immer grösserem Umfang. Man sieht deutlich, wie die Basis sich verbreitert, wie der gute Erfolg weiter wirbt. Grosse Baugenossenschaften, die jahrelang nicht einmal den bescheidensten elektrischen Heisswasserspender installieren liessen, gehen über zur Vollelektrifizierung mit Speicher, Kochherd und Waschherd. Gasanschluss, Kamine und Räume für Brennmaterialvorräte werden nach Möglichkeit unterdrückt. Das Sekretariat des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes führt in verdienstvoller Weise eine Liste über die Wohnkolonien mit elektrischer Küche.

Da ich die elektrifizierten Siedelungen unmöglich alle nennen kann, muss ich mich hier auf die grössten beschränken und anschliessend einige besondere Fälle erläutern.

Bahnbrechend waren die Baugenossenschaften «Vrenelisgärtli», «Oberstrass» und ein privater Unternehmer, Dr. à Portà. Die Kolonie «Vrenelisgärtli» kam 1926 mit 43 elektrischen Küchen und Heisswasserspeichern, die Kolonie Pfirsichstrasse-Rötelstrasse in Zürich 6 in den Jahren 1926/27 mit 120 Wohnungen mit Speichern für Bad, Küche und Haushalt und elektrischen Kochherden. Die Architektin Lux Guyer elektrifizierte die Kleinwohnungen der berufstätigen Frauen:

im Lettenhof 1927 GHW u. KHW u. 20 elektr. Herde<sup>1)</sup>  
im Beckenhof 1929 HW und 43 K

Nun war der Bann gebrochen. Noch im Jahre 1927 folgten die Wohnbauten der Mieterbaugenossenschaft Witzig & Begert an der Waffenplatzstrasse, wo 58 Wohnungen elektrische Küchen und teilweise Heisswasserspender erhielten.

Die Jahre 1928—1930 brachten einen durchschlagenden Erfolg mit folgenden grossen Wohnkolonien:

«Allgemeine Baugenossenschaft ABZ»			
Entlisberg I . . . . .	98 Wohnungen	GHW und K	
Entlisberg II . . . . .	39 »	»	
Neugasse . . . . .	32 »	»	
Sihlfeldstrasse . . . . .	52 »	»	
Hadlaubstrasse . . . . .	112 »	Zentr. und K	
Seebahnstrasse . . . . .	160 »	»	
«Baugenossenschaft Altenhof»			
Arosastrasse . . . . .	27 Wohnungen	K	
«Baugenossenschaft des Eidgenössischen Personals»			
Lettenstrasse . . . . .	61 Wohnungen	GHW und K	
Seebahnstrasse . . . . .	113 »	Zentr. und K	
«Baugenossenschaft Freiblick»			
Hanzhofweg . . . . .	40 Wohnungen	GHW und K	
Stüssistrasse . . . . .	34 »	»	
Hanzhofweg . . . . .	176 »	Zentr. und K	
Hanzhof . . . . .	78 »	»	
Leimbach (1931) . . . . .	156 »	»	
«Mieterbaugenossenschaft»			
Rotbuchstrasse . . . . .	16 Wohnungen	Zentr. und K	
Waffenplatzstrasse . . . . .	86 »	»	
Mutschellenstrasse . . . . .	93 »	»	
«Baugenossenschaft Vrenelisgärtli»			
Seminarstrasse . . . . .	52 Wohnungen	KHW und K	
Rötelstrasse . . . . .	40 »	»	
Hofwiesenstrasse (1931) . . . . .	84 »	HW und K	
«Baugenossenschaft Denzlerweg»			
Denzlerweg . . . . .	48 Wohnungen	GHW und K	
«Baugenossenschaft Falkenschloss»			
Falkenschloss . . . . .	24 Wohnungen	K	
«Familienheimgenossenschaft»			
I.—IV. Etage . . . . .	ca. 60 GHW, ca. 270 KHW, über 60 K		
V. Etage (1931) . . . . .	78 Wohnungen	HW und K	
«Baugenossenschaft Hofgarten»			
Hofgarten . . . . .	51 Wohnungen	K	
«Baugenossenschaft Hofwiesenstrasse»			
Hofwiesenstrasse . . . . .	24 Wohnungen	K	
«Baugenossenschaft Röntgenhof»			
Hönggerstrasse . . . . .	74 Wohnungen	32 KHW u. 74 K	
Erismannstrasse (1931) . . . . .	48 »	»	
«Baugenossenschaft von Staats-, Stadt- und Privatangestellten»			
Hotzstrasse . . . . .	90 Wohnungen	K	

<sup>1)</sup> Benützte Abkürzungen: GHW = Grossheisswasserspender, KHW = Kleinheisswasserspender, HW = Heisswasserspender, K = elektrische Küche, Zentr. = Zentrale Heisswasseranlage.



«Baugenossenschaft Utoblick»		
Friesenberg . . . . .	53 Wohnungen	HW und K
Talwiesenstr. (1931) . . . . .	54 »	K
«Baugenossenschaft Neuhof»		
Albisstrasse . . . . .	48 Wohnungen	Zentr. und K
«Baugenossenschaft Wiedikon»		
Steinstrasse . . . . .	48 Wohnungen	Zentr. und K
«Baugenossenschaft Denzlerweg»		
Hönggerstrasse . . . . .	48 Wohnungen	Zentr. und K
«Baugenossenschaft Waidberg»		
Rosengartenstrasse . . . . .	80 Wohnungen	K
«Baugenossenschaft Brunnenrain»		
Seeblickstrasse . . . . .	43 Wohnungen	Zentr. und K
«Baugenossenschaft Aegerten»		
Mannesstrasse . . . . .	30 Wohnungen	Zentr. und K
für 1931 vorgesehen		
«Baugenossenschaft Waidberg»		
Morgentalstrasse . . . . .	165 Wohnungen	K

Im ganzen können wir heute schon mit 3000 modern ausgerüsteten elektrischen Küchen rechnen. In Wohnhausblöcken mit bis zu 120 Wohnungen sind elektrische Heisswasseranlagen und elektrische Küchen eingerichtet. Geschlossene Kolonien mit 112, 113, 160 und 176 Wohnungen kochen ausschliesslich elektrisch.

Die Entwicklung in den letzten fünf Jahren ergibt sich aus Tabelle I und II.

Tabelle I.

Jahr	1926	1927	1928	1929	1930 (Monatel)
Zahl der Wohnungen	2088	2457	3154	3242	2095
Kleinspeicher . . . . .	293	317	595	1087	581
Grosspeicher . . . . .	400	417	587	483	272
Elektr. Kochherde . . . . .	143	212	336	1049	737

Elektrische Ausrüstung der Wohnungen in %:

Tabelle II

Jahr	1926	1927	1928	1929	1930	(Privat)
Kleinspeicher . . . . .	14	17	19	33	28	(17)
Grosspeicher . . . . .	19	17	19	15	13	(9)
Elektr. Kochherde . . . . .	7	9	11	32	35	(14)

Es mag noch interessieren, mit welchen Tarifen wir unsere Resultate erreicht haben:

Eigenartig, aber nach meiner Meinung wertvoll, ist unser 3-Stufentarif für Wechselstrom. Ursprünglich wurde er nur für Wärmeanwendungen geschaffen und galt nur im Sommer; dann wurde er auf den Winter ausgedehnt, aber nur auf besondere Anmeldung gewährt. Seither wurde er mehrfach in den Preisen herabgesetzt; heute wird er vom Werk aus zwangsläufig angewendet, sobald die Voraussetzungen erfüllt sind. So kamen weitere 2700 Energiebezüger in dessen Genuss. Die drei Stufen sind:

- Hochtarif = 50 Rp./kWh
- Niedertarif I = 20 Rp./kWh
- Niedertarif II = 10 und 6 Rp./kWh

Der Dreifachtarif kommt heute bei regelmässiger Verwendung beliebiger Kleinapparate zur Anwendung.

Der mit Doppeltarifzähler gemessene Niedertarifverbrauch wird aufgeteilt. Nach Niedertarif I

werden so viel kWh angerechnet, als im Hochtarif verbraucht wurden, auf alle Fälle mindestens 15 kWh im Monat. Nach Niedertarif II wird der darüber hinausgehende Mehrverbrauch gerechnet.

Wir haben also einen Doppeltarif, der sich als Grundgebührentarif auswirkt.

Der Hochtarifkonsum wird nach Zähler bezahlt; er gibt den Maßstab für die Grundgebühr. Diese wird nicht nach Räumen, Anschlusswert oder Lampenzahl mehr oder weniger willkürlich angesetzt, sondern durch den Aufwand des Energiebezügers; dabei wird die Beanspruchung der Werksanlagen in der Hauptbelastungszeit (Hochtarif) durch Zählermessung bestimmt. Die Grundgebühr wird bezahlt durch die gleiche Anzahl kWh × dem Preis, und zwar im Niedertarif I (mindestens 15 kWh × 20 Rp. = Fr. 3.—) mit dem Verbrauch in der zweiten Preisstufe — also unspürbar. Der Ueberschussverbrauch wird zu den niedrigsten Preisen von 10 und 6 Rp./kWh verrechnet. Diese sind zugleich die Tagespreise für Wärmeenergie, sofern besondere Zähler installiert werden müssen.

Der Wärmetarif überdeckt sich also mit der dritten Preisstufe des allgemeinen Tarifs:

Tag 10 Rp./kWh im Winter, 6 Rp./kWh im Sommer  
Nacht 5 Rp./kWh im Winter, 3 Rp./kWh im Sommer

Elektrische Energie für Gross-Heisswasserspeicher wird zu den Nachttaxen des Wärmetarifs abgegeben.

Für Klein-Heisswasserspeicher, die dauernd angeschlossen und nur in der Hochtarifzeit gesperrt sind, soll möglichst pauschal verrechnet werden. Für 1931 lauten die Pauschalsätze nach der kürzlich erfolgten Herabsetzung:

20 l Speicher v. 200 W im Winter Fr. 5.—, im Sommer Fr. 3.50  
30 l Speicher v. 300 W im Winter Fr. 7.—, im Sommer Fr. 5.50  
50 l Speicher v. 500 W im Winter Fr. 12.—, im Sommer Fr. 9.—

Auch unser Kochtarif ist aus dem allgemeinen Wärmetarif abgeleitet. Für Wärmeverbraucher mit einem regelmässigen Ganzjahresbetrieb (also auch Kochherde) erfolgt die Abgabe von Tagesenergie in den fünf Wintermonaten zum Sommerpreis von 6 Rp./kWh, jedoch nur für die gleiche Anzahl kWh, die in sechs Sommermonaten bezogen wurden. Wir setzen also für diese Vergünstigung nichts voraus, als den regelmässigen Gebrauch der elektrischen Küche.

Es mag nun vielleicht scheinen, es sei interessanter, Energie für Beleuchtungszwecke zu verkaufen zu Preisen um 50 Rp./kWh herum. Ich bin der Meinung, dass der Beleuchtungsstrom so viel von den Gesamtkosten tragen muss, als er nach dem für den Bezüger nachweisbaren Wert und dem für das Werk bedingten Aufwand tragen kann. Jeder Energiebezüger aber, der über die Winter-Lichtspitzen hinaus weitere Energie von den Elektrizitätswerken bezieht, soll kleinere Preise bezahlen, und jeder Nachtstrom- und Sommerstromverbraucher muss durch Vorzugspreise begünstigt werden, entsprechend der sich ergebenden Erhöhung der Gebrauchsdauer.



Dieser Faktor muss bei unsern Wasserkraftwerken, wo unter den Jahreskosten der feste Anteil weit überwiegt, in erster Linie massgebend sein für die Verteilung der Gesamtkosten auf die einzelnen Bezügerkategorien und Anwendungsgebiete.

Selbst bei den verhältnismässig bescheidenen Einnahmen aus unsern modernen Wohnkolonien ergeben sich im gesamten imposante Zahlen: In den etwa 65 000 Haushaltungen der Stadt Zürich sind über 10 000 elektrische Heisswasseranlagen und mehr als 3000 elektrische Küchen im Gebrauch. Wenn nur  $\frac{1}{7}$  aller Haushaltungen einmal elektrische Heisswasserspeicher und Kochherde benutzen, ergibt dies jährlich 1 Million Fr. Einnahmen für das Werk.

Und zwar sind das *sichere* Einnahmen, wie noch betont sein mag.

Unser Land steht zur Zeit, wenn auch nicht in einer ausgesprochenen Wirtschaftskrise, so doch in einer wirtschaftlichen Depression. Der Weiterentwicklung unserer Unternehmungen stellen sich vielerlei Hemmungen und Hindernisse entgegen. Geschäftsleiter und Werbeleiter stehen vor neuen Aufgaben.

Wir in Zürich handeln nach bewährtem Rezept: Wir bauen in der Zeit der Depression ein neues Kraftwerk an der Limmat, das unserm Haushalt in zwei Jahren weitere  $100 \cdot 10^6$  kWh zuführen wird, und modernisieren unsere grossen Unterstationen. Neue Tarifierleichterungen, die für 1931 Herabsetzung der Hochtarifstunden und der Kraftpreise bringen, wurden beschlossen. Eine weitere Revision ist für 1932 in Aussicht gestellt; unsere Werbeaktionen sollen verbreitert und vertieft werden.

Beschreiten Sie zuversichtlich den gleichen Weg, Sie werden feststellen können: es geht doch vorwärts und aufwärts!

Die Diskussion wird von den Herren Direktor Berner (Forces motrices du Val de Travers), Präsident Ringwald, Direktor Baumann (Elektrizitätswerk Bern), Dr. Mueller (V. d. E. W., Berlin), Direktor Bertschinger (EKZ), Direktor Meyerhofer (Bronzeware A.-G., Turgi), Binz (BKW), Locher (Therma Schwanden), Hofstetter (Elektrizitätswerk Basel), Härry (Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband) und dem Referenten benützt.

Herr Direktor Berner möchte eine Stelle bezeichnet wissen, welche über die Belastungsverhältnisse bei der Einführung der elektrischen Küche Auskunft gibt. Herr Präsident Ringwald empfiehlt Herrn Berner, sich an das Generalsekretariat des SEV und VSE zu wenden.

Herr Direktor Baumann interessiert sich für die Art, in welcher in Zürich die Parität zwischen Gas und Elektrizität festgestellt wurde.

Der Referent teilt mit, dass man in Zürich die Parität auf der Basis  $1 \text{ m}^3 \text{ Gas} = 3 \text{ kWh}$  elektrische Energie festgelegt habe. Die Tarife wurden entsprechend angesetzt, nämlich  $20 \text{ Rp./m}^3 \text{ Gas}$  und  $6 \text{ Rp./kWh}$  elektrische Energie. Die

elektrischen Herde stellen sich dabei im Verbrauch eher etwas günstiger als die Gasherde.

Herr Dr. Mueller erkundigt sich, ob die Propagandatätigkeit in Zürich mit Subventionen durchgeführt wurde.

Der Referent gibt folgende Auskunft: Die Propaganda für Heisswasseranlagen wurde in Zürich mit Subventionen durchgeführt, denn es bestand das Bedürfnis nach vermehrtem Nachtstromabsatz. Die Propaganda für die übrigen Wärmeanwendungen wurde ohne Subventionen durchgeführt. Nötig ist stete Fühlungnahme mit den massgebenden Persönlichkeiten der Baugenossenschaften, um betreffend Installationen in neuen Wohnkolonien rechtzeitig vorstellig werden zu können.

Herr Direktor Bertschinger weist auf die Untersuchungen des Herrn Wüger hin (s. Bull. SEV 1929, Nr. 24, S. 816) und fragt an, ob diese Untersuchungen bei anderen Werken bestätigt wurden; das Wort wird zu dieser Frage nicht ergriffen.

Herr Binz stellt folgende Fragen: Warum ging man in neuerer Zeit vom Einzelspeicher zum Zentral-Heisswasserspeicher über? Aus welchen Gründen will man diese Heisswasserspeicher im Sommer elektrisch und im Winter mit Kohle heizen?

Herr Locher: Man ist zu zentralisierten Heisswasseranlagen übergegangen, weil die Einzelspeicher bei wirtschaftlicher Dimensionierung Stossbetrieben nicht gewachsen sind. Z. B. können ihnen an einem und demselben Tag nicht beliebig viele Bäder entnommen werden. In dieser Beziehung ist es das Verdienst des Herrn Direktor Trüb, dass die Heisswasserspeicher in Zürich wenigstens an Samstagen und Sonntagen durchgehend mit Energie versorgt werden können. Auch die Erfahrungen mit der zentralen Heisswasserversorgung sind nicht ganz befriedigend. Der Verbrauch an warmem Wasser ist meistens viel grösser, als man ursprünglich vorgesehen hatte. Da gewöhnlich ein bestimmter Betrag für die Warmwasserversorgung im Hauszins inbegriffen ist, musste man nachträglich Nachforderungen erheben oder den Hauszins entsprechend erhöhen. Daraus entstand dann eine grosse Unzufriedenheit unter den Mietern. Nach meiner Auffassung sind die Einzelspeicher dem zentralen Heisswasserspeicher vorzuziehen.

Der Referent äussert sich ähnlich. Besonders für kleine Gruppen von Wohnhäusern dürfte der Einzel-Heisswasserspeicher wieder Verwendung finden.

Herr Direktor Meierhofer erkundigt sich, ob in Zürich auch die Haushalt-Kältemaschinen in die Propaganda einbezogen wurden, was der Referent verneint, da solche meist nur in grossen Haushalten Verwendung finden.

Herr Hofstetter möchte wissen, ob in Zürich die Leistung für Waschmaschinen beschränkt ist und ob zu gewissen Tagesstunden die Energieabgabe für dieselben unterbrochen wird. Herr Härry äussert sich, dass in Zürich mit den elektrischen Waschmaschinen erfreuliche Erfolge erzielt wurden. Die Hausfrau bevorzugt diese Maschinen, da sie ihr für den Waschtage grosse Erleichterung bringen. Die Untersuchungen ergaben, dass man mit einem ganz elektrifizierten Waschherd mit einer Ausgabe von Fr. 3.20 (Preis 8 Rp./kWh) pro Monatswaschtage rechnen muss (Kohlen- und Holztrieb etwa Fr. 3.50). Der Betrieb wird aber bedeutend billiger, wenn das heisse Wasser für die Wäsche aus einem Heisswasserspeicher bezogen werden kann. Die elektrischen Waschherde sind zwar für die Elektrizitätswerke nicht sehr interessant, da sie nicht dauernd in Betrieb sind, aber für die Hausfrau sind sie äusserst bequem<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Nachträgliche Erkundigung beim Elektrizitätswerk Zürich ergab, dass die Leistung für Haushalts-Waschmaschinen in Zürich im allgemeinen auf 5 kW Anschlusswert beschränkt ist, dass aber für solche keine Sperrzeiten bestehen. Die Red



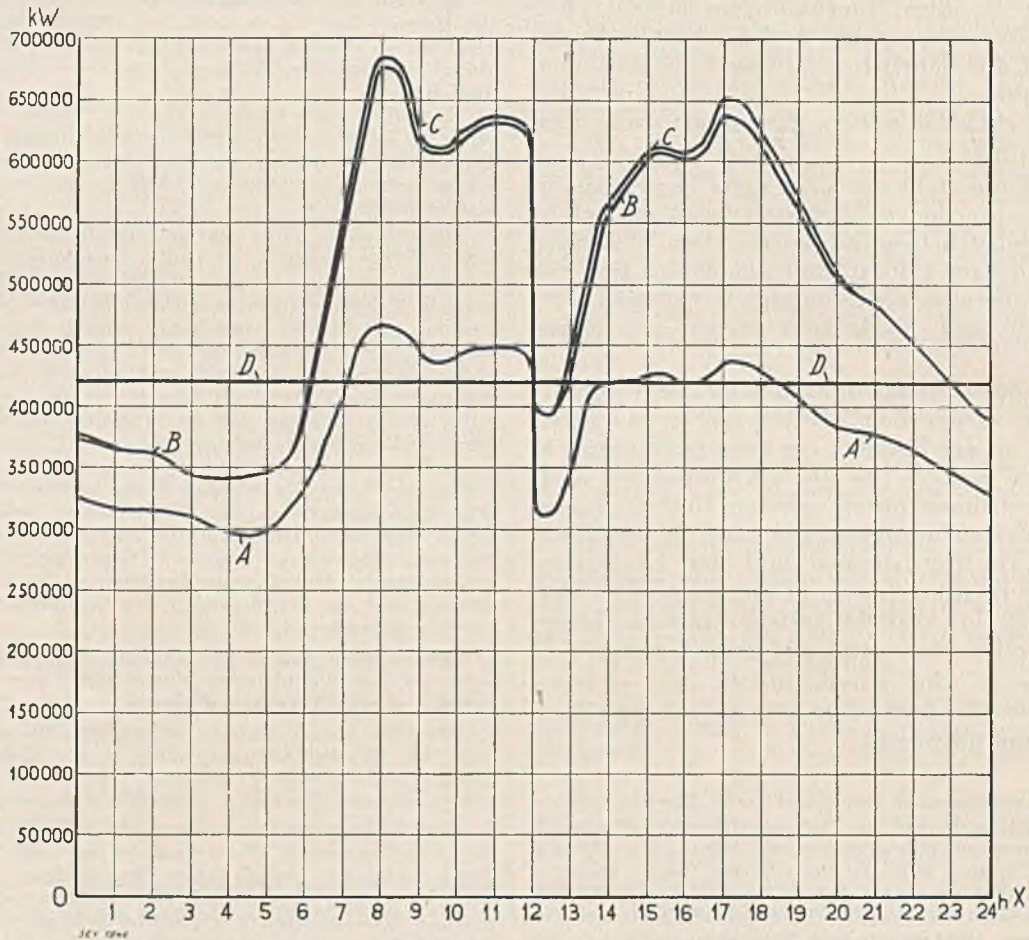
**Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique.**

Nachdruck ohne genaue Quellenangabe verboten. — Reproduction interdite sans indication de la source.

*Statistik des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke über die Energieproduktion.  
Statistique de l'Union de Centrales Suisses concernant la production d'énergie.*

[Umfassend die Elektrizitätswerke, welche in eigenen Erzeugungsanlagen über mehr als 1000 kW verfügen, d. h. ca. 97% der Gesamtproduktion<sup>1)</sup>.]  
[Comprenant toutes les entreprises de distribution d'énergie disposant dans leurs usines génératrices de plus de 1000 kW, c. à. d. env. 97% de la production totale<sup>2)</sup>.]

*Verlauf der wirklichen Gesamtbelastungen am 14. Januar 1931.  
Diagramme journalier de la production totale le 14 janvier 1931.*



Leistung der Flusskraftwerke . . . . . =  $OX - A$  = Puissance utilisée dans les usines au fil de l'eau.  
 Leistung der Saisonspeicherwerke . . . . . =  $A + B$  = Puissance utilisée dans les usines à réservoir saisonnier.  
 Leistung der kalorischen Anlagen und Energieeinfuhr . . . . . =  $B + C$  = Puissance produite par les installations thermiques et importée.  
 Vorfügbare Leistung der Flusskraftwerke (Tagesmittel) =  $OX + D$  = Puissance disponible (moyenne journalière) des usines au fil de l'eau.

**Im Monat Januar 1931 wurden erzeugt:**

In Flusskraftwerken . . . . .	252,3 × 10 <sup>6</sup> kWh
In Saisonspeicherkraftwerken . . . . .	70,4 × 10 <sup>6</sup> kWh
In kalorischen Anlagen im Inland . . . . .	0,5 × 10 <sup>6</sup> kWh
In ausländischen Anlagen (Wiedereinfuhr) . . . . .	1,8 × 10 <sup>6</sup> kWh
Total	325,0 × 10 <sup>6</sup> kWh

**En janvier 1931 on a produit:**

dans les usines au fil de l'eau,  
 dans les usines à réservoir saisonnier,  
 dans les installations thermiques suisses,  
 dans des installations de l'étranger (réimportation)  
 au total.

**Die erzeugte Energie wurde angenähert wie folgt verwendet:**

Allgemeine Zwecke (Licht, Kraft, Wärme im Haushalt, Gewerbe und Industrie) . . . . .	ca. 186,8 × 10 <sup>6</sup> kWh
Bahnbetriebe . . . . .	ca. 25,0 × 10 <sup>6</sup> kWh
Chemische, metall. und thermische Spezialbetriebe . . . . .	ca. 21,9 × 10 <sup>6</sup> kWh
Ausfuhr . . . . .	ca. 91,3 × 10 <sup>6</sup> kWh
Total ca.	325,0 × 10 <sup>6</sup> kWh

**L'énergie produite a été utilisée approximativement comme suit:**

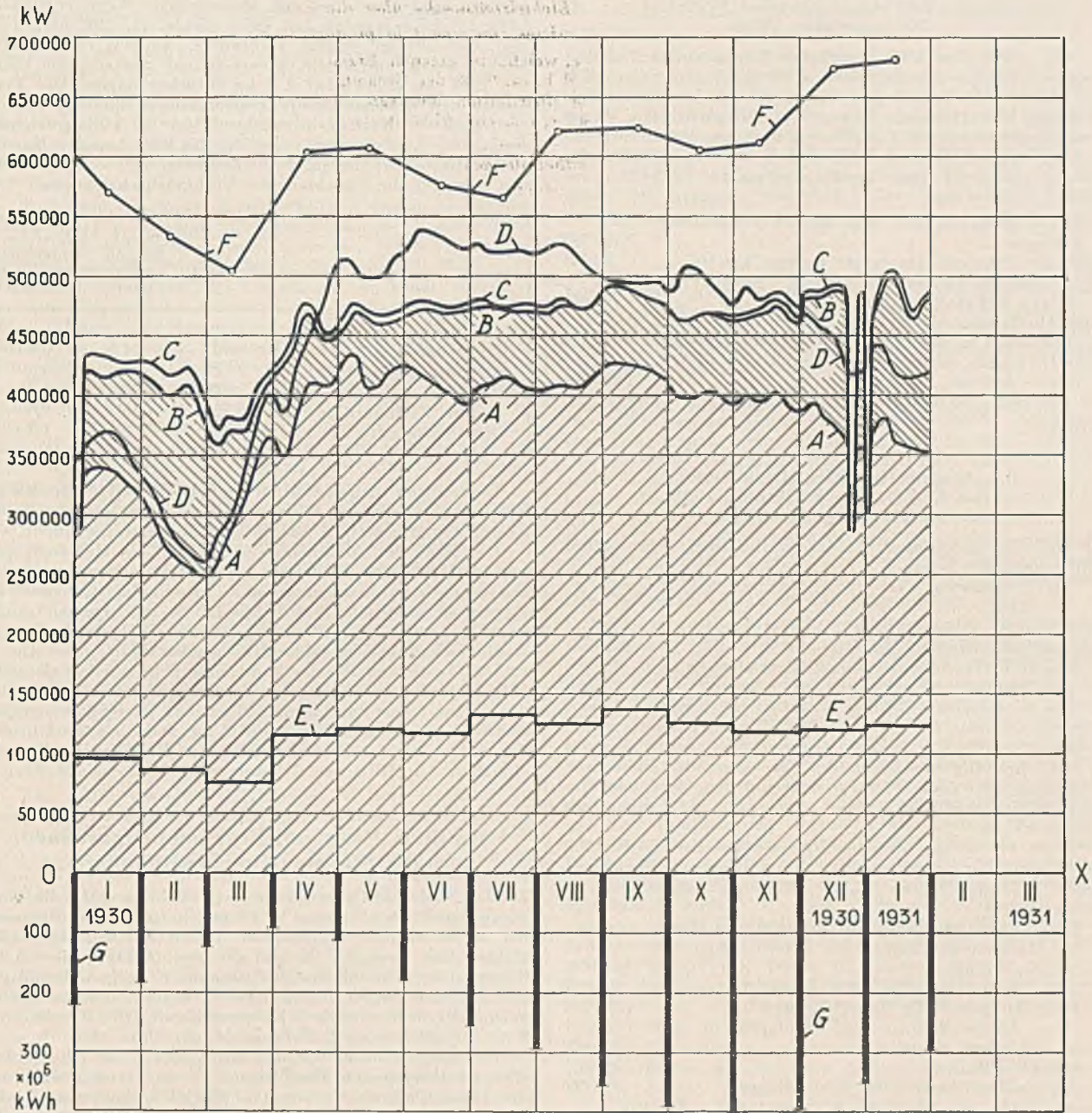
pour usage général (éclairage, force et applications thermiques dans les ménages, les métiers et les industries),  
 pour les services de traction,  
 pour chimie, métallurgie et électrothermie,  
 pour l'exportation,  
 au total.

Davon sind in der Schweiz zu Abfallpreisen abgegeben worden: 8,9 × 10<sup>6</sup> kWh ont été cédées à des prix de rebut en Suisse.

<sup>1)</sup> Nicht inbegriffen sind die Kraftwerke der Schweizerischen Bundesbahnen und der industriellen Unternehmungen, welche die Energie nur für den Eigenbedarf erzeugen.  
<sup>2)</sup> Ne sont pas comprises les usines des Chemins de Fer Fédéraux et des industriels produisant l'énergie pour leur propre compte.



Verlauf der zur Verfügung gestandenen und der beanspruchten Gesamtleistungen.  
Diagramme représentant le total des puissances disponibles et des puissances utilisées.



Die Kurven A, B, C und D stellen die Tagesmittel aller Mittwoche, die Kurve E Monatsmittel dar.  
Die Wochenenerzeugung erreicht den 6,40- bis 6,43fachen Wert der Mittwocherzeugung. Das Mittel dieser Verhältniszahl ergibt sich zu 6,42.

Les lignes A, B, C, D représentent les moyennes journalières de tous les mercredis, la ligne E la moyenne mensuelle.  
La production hebdomadaire est de 6,40 à 6,43 fois plus grande que celle des mercredis. La valeur moyenne de ce coefficient est de 6,42.

- |                                                                                                |          |                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| In Flusskraftwerken ausgenützte Leistung . . . . .                                             | = $OX+A$ | = Puissance utilisée dans les usines au fil de l'eau.                                      |
| In Saisonspeicherwerken erzeugte Leistung . . . . .                                            | = $A+B$  | = Puissance produite dans les usines à réservoir saisonnier.                               |
| Kalorisch erzeugte Leistung und Einfuhr aus ausländischen Kraftwerken                          | = $B+C$  | = Puissance importée ou produite par les usines thermiques suisses.                        |
| Auf Grund des Wasserzuflusses in den Flusskraftwerken verfügbar gewesene Leistung              | = $OX+D$ | = Puissance disponible dans les usines au fil de l'eau.                                    |
| Durch den Export absorbierte Leistung . . . . .                                                | = $OX+E$ | = Puissance utilisée pour l'exportation.                                                   |
| An den der Mitte des Monates zunächst gelegenen Mittwochen aufgetretene Höchstleistungen       | = $OX+F$ | = Puissances maximums les mercredis les plus proches du 15 de chaque mois.                 |
| Anzahl der am Ende jeden Monats in den Saisonspeicherbecken vorrätig gewesenen Kilowattstunden | = $OX+G$ | = Quantités d'énergie disponibles dans les réservoirs saisonniers à la fin de chaque mois. |



### Aus den Geschäftsberichten bedeutenderer schweizerischer Elektrizitätswerke.

Wäggitäl A.-G. Siebnen  
für die Zeit vom 1. Oktober 1929 bis  
30. September 1930.

Am 1. Oktober 1929 betrug der Energievorrat 89,7 Millionen kWh, am 30. September 1930 128,5 Millionen kWh.

Die in der Betriebsperiode an die beiden Partner abgegebene Energiemenge betrug 98,1 Millionen. Die Pumpanlage verbrauchte 48,3 Millionen kWh an Abfallkraft.

Die beiden Partner, NOK und E.W. Zürich, haben für die ausgenützte Energie gemäss Vertrag Fr. 7 008 124.— bezahlt.

Die Obligationenzinsen und andere Passivzinsen betragen . . . . .	Fr. 2 190 729
Die zum Pumpen verwendete Energie kostete . . . . .	87 541
Die Generalunkosten, Betrieb und Unterhalt der Anlage, belaufen sich auf . . . . .	923 076
Die Abschreibungen und Einlagen in den Erneuerungs- und in den Amortisationsfonds betragen . . . . .	1 037 524
Die Dividende an das Aktienkapital von 40 Millionen beträgt . . . . .	2 800 000

Das Obligationenkapital beträgt wie bisher 27 Millionen Franken.

Aargauisches Elektrizitätswerk,  
für die Zeit vom 1. Oktober 1929  
bis 30. September 1930.

Der Energiekonsum hat im verflossenen Jahre 118,58 Millionen kWh betragen.

Davon lieferten:	10 <sup>6</sup> kWh
die NOK . . . . .	81,68
das E.W. Olten-Aarburg . . . . .	14,90
das K.W. Rheinfelden . . . . .	12,14
das K.W. Ruchlig der Jura-Cementfabriken . . . . .	5,19
die Spinnerei Windisch . . . . .	2,79
die drei kleinen eigenen Werke . . . . .	1,85

(Darüber hinaus sind noch ca. 9 Millionen kWh transitirt worden).

Die Leistung sämtlicher zur Erzeugung der Gebrauchsspannung dienenden Transformatoren betrug Ende des Berichtsjahres 49 828 kVA, die momentane Höchstbelastung 24 200 kW.

Vom Ertrag aus den Beteiligungen bei den NOK (11,2 Millionen), Aarewerke A.-G. (0,2925 Millionen), Rheinkraftwerk Albrück-Dogern (2,156 Millionen), abgesehen, betragen:

Die Betriebseinnahmen inklusive Mieten (darin figurirt der Ertrag der Beteiligungen mit Fr. 783 596) . . . . .	Fr. 7 663 900
Die Betriebsausgaben und Verwaltungskosten . . . . .	924 690
Die Ausgaben für Energiebezug . . . . .	4 003 597
Die Abschreibungen und Einlagen in verschiedenen Fonds . . . . .	1 684 989
Die Passivzinsen . . . . .	995 813
In die Staatskasse wurden abgeliefert . . . . .	100 000

Pro erzeugte oder gekaufte kWh betrug der Ertrag im Mittel 5,7 Rp.

Das Dotationskapital beträgt unverändert 16,44 Millionen. Die Anlagen des Aargauischen Elektrizitätswerkes stehen noch mit 4,66 Millionen zu Buch, die Beteiligungen mit 13,64 Millionen.

### Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft in den U.S.A. im Jahr 1930<sup>1)</sup>.

Wie in den letzten Jahren, entnehmen wir der «Electrical World» 1931, Nr. 1, Angaben über Energieproduktion und Stand der elektrischen Industrie im abgelaufenen Jahre.

Die von den Elektrizitätswerken erzeugte und an Dritte

<sup>1)</sup> Siehe Bull. SEV 1928, No. 5, S. 181; 1929, No. 4, S. 119; 1930, No. 5, S. 182.

abgegebene Energiemenge betrug 93 Milliarden kWh<sup>2)</sup>, angenähert gleichviel wie im Vorjahre. Davon sind 33,5 % aus Wasserkraft erzeugt und 2,95 Milliarden kWh importiert worden.

Zur Produktion der auf thermischem Wege erzeugten 58,83·10<sup>9</sup> kWh wurden 35,6·10<sup>6</sup> t Kohle, 13,7·10<sup>6</sup> hl Oel<sup>3)</sup> und 3400·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> Erdgas verbraucht. In den Dampfkraftwerken ist der mittlere Kohlenverbrauch pro erzeugte kWh seit 1920 von 1,25 kg auf 0,74 kg zurückgegangen. Der Verlust in den Leitungen und Transformatoren und der Eigenverbrauch der Kraftwerke wird auf 16,9·10<sup>9</sup> kWh geschätzt, so dass die Konsumenten netto 76,1·10<sup>9</sup> kWh bezogen haben.

Die bezogene Energie und die Einnahmen verteilen sich wie folgt auf die verschiedenen Verbrauchergruppen:

	10 <sup>6</sup> kWh	Totale Einnahmen 10 <sup>6</sup> \$	Mittlere Einnahme pro kWh Cents/kWh
Transportanstalten . . . . .	6 801	64,5	0,94
Oeffentl. Beleuchtung . . . . .	2 120	96,3	4,6
Haushalt . . . . .	11 640	705	6,0
Andere Kleinbezüger . . . . .	16 250	625	3,8
Grossbezüger . . . . .	39 300	510	1,3

Der mittlere Ertrag war 2,8 cents/kWh = 14,5 Rp./kWh, während der mittlere Verkaufspreis in der Schweiz, beim Konsumenten gemessen, etwa 8 Rp./kWh betragen dürfte.

Die Zahl der Abonnenten wird auf 24,7 Millionen geschätzt, 70,5 % der Einwohner haben elektrischen Anschluss. Das gesamte in Erzeugungs- und Verteilanlagen investierte Kapital betrug Ende 1930 11 800·10<sup>6</sup> \$, die gesamte installierte Leistung 31,83·10<sup>6</sup> kW. Die für 1931 vorgesehenen Neuinvestitionen belaufen sich auf 894·10<sup>6</sup> \$.

Die Aussichten für das kommende Jahr werden als sehr befriedigend bezeichnet. Durch Extrapolation finden die Amerikaner, dass im Jahre 1940 in den Energieerzeugungs- und Verteilunternehmungen der USA mehr als 20 Milliarden \$ investiert sein werden und dass die jährliche Bruttoeinnahme 3,5 Milliarden \$ betragen wird. O. Gl.

### Vom Eidg. Post- und Eisenbahndepartement erteilte Stromausfuhrbewilligung<sup>4)</sup>.

Der Stadt Genf wurde unterm 2. Februar 1931 die vorübergehende Bewilligung V 39 erteilt, über den Rahmen der bestehenden Bewilligung Nr. 107 hinaus max. 1500 kW elektrischer Energie, die sie aus den Anlagen der S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse in Lausanne bezieht, während 24 Stunden des Tages an die Etablissements Bertolus, Paris, nach Bellegarde (Frankreich) auszuführen. Die Bewilligung V 39 ist gültig vom 1. Februar bis 31. März 1931.

Der Elektrizitätswerk Olten-Aarburg A.-G. in Olten wird eine vorübergehende Bewilligung (V 40) erteilt, während des Jahres 1931 im Maximum 13 000 kW unkonstanter elektrischer Energie an die Lonza G. m. b. H. in Waldslut auszuführen.

Die vorübergehende Bewilligung V 40 kann jederzeit ganz oder teilweise zurückgezogen werden. Sie ist längstens bis 31. Dezember 1931 gültig.

### Miscellanea.

La Foire de Paris 1931 aura lieu du 9 au 25 mai prochain. S'adresser au Consulat de France à Zurich.

<sup>2)</sup> Diese Zahl ist auf Grund der genauern Angaben für die 10 ersten Monate geschätzt worden.

<sup>3)</sup> 1929: 15·10<sup>6</sup> hl und nicht, wie irrtümlich im Bull. SEV 1930, No. 5, S. 182 angegeben, 10·10<sup>6</sup> hl.

<sup>4)</sup> Bundesblatt 1931, Bd. I, No. 6, S. 267 und 271.



## Literatur. — Bibliographie.

621.3 284  
 «Starkstromtechnik», Taschenbuch für Elektrotechniker.  
 Herausgegeben von E. v. Rziha und J. Seidener. Siebente  
 neubearbeitete und erweiterte Auflage, Band II, 1034 S.,  
 13×18,5 cm, 1080 Fig. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn,  
 Berlin, 1931. Preis in Leinen Mk. 34.—, in Leder Mk. 37.—.

Rasch ist auf den im Frühjahr 1930 erschienenen I. Band  
 der siebenten Auflage<sup>1)</sup> nunmehr der abschliessende II.  
 Band gefolgt, der in neun Abschnitten den im I. Band noch  
 nicht behandelten Gebieten der angewandten Elektrotechnik  
 gewidmet ist.

Der erste Abschnitt (*Kraftwerke*) umfasst neun Kapitel.  
 Das erste (J. Sessinghaus, W. Stiel, O. Höring) behandelt die  
 Grundlagen des Entwurfs, das zweite (D. Thoma, H. Melan,  
 R. Biersack) die Primärmotoren, das dritte (L. Kallir, O.  
 Burger, R. Rüdberg, O. Westermann, W. Koch) die elek-  
 trischen Grundfragen, wobei trotz gedrängter Kürze das  
 Wesentlichste über Stromsysteme, Spannungsregelung, Blind-  
 strom, Lastverteilung, Stabilität von Kraftübertragungen,  
 Kurzschlußströme in Drehstromanlagen, Ueberspannungen  
 und Ueberspannungsschutz, Ueberströme und Ueberstrom-  
 schutz in sehr übersichtlicher und erschöpfender Form ge-  
 bracht wird. Hierauf behandelt J. Sessinghaus im vierten  
 Kapitel allgemein die Schaltbilder von Kraftwerken, im  
 fünften F. Patzelt die Schaltanlagen, im sechsten C. Lonnel  
 automatische Kraft- und Nebenwerke und im siebenten F.  
 Titze die Eigenbedarfsanlage. Im achten (Planung von  
 Kraftwerken) kommt der Herausgeber selbst zum Wort, und  
 im neunten wird von H. Nissel das Tarifwesen behandelt.

Der zweite Abschnitt (L. Kallir) ist den *Leitungen* ge-  
 widmet. Zunächst wird die Berechnung von Gleichstrom-  
 und Wechselstromnetzen mit Rücksicht auf den Spannungs-  
 abfall durchgeführt, dann folgt ein Kapitel über die Be-  
 einflussung von Schwachstromleitungen durch Starkstrom-  
 leitungen, dann je eines über die Bemessung von Leitungen  
 mit Rücksicht auf Erwärmung und mit Rücksicht auf die  
 Wirtschaftlichkeit, dann je ein Kapitel über die Ausführung  
 der Leitungen und deren Festigkeitsberechnung; hierauf  
 werden die Erdungen und die Schutzvorkehrungen gegen  
 Leiterrisse besprochen.

Der dritte Abschnitt (W. Stiel, C. T. Buff, C. Halm) ist  
 dem grossen Gebiet der *Industriekraftanlagen*, der vierte  
 (L. E. Thallmayer, J. Bäumer, K. Schade, L. Steiner) den  
*Bergwerksanlagen*, der fünfte (F. Müller) den *Walzwerken*  
 und der sechste (J. Gewecke) den *elektrischen Ausrüstungen*  
 für *Hebezeuge* gewidmet. Im *siebenten* Abschnitt (O. Hö-  
 ring) erfahren endlich auch im Gegensatz zu den früheren  
 Auflagen die *elektrischen Bahnen* eine ausführlichere und  
 zeitgemässe Behandlung. Immerhin sollten in der nächsten  
 Auflage die Fig. 10 und 11 durch Abbildungen modernerer  
 Lokomotiven aus der Nachkriegszeit ersetzt werden. Eine  
 Lokomotive mit hochliegenden Gestellmotoren (Fig. 10),  
 brauchte im Bilde überhaupt nicht mehr gebracht werden,  
 an deren Stelle hätte eine Maschine mit tiefliegenden Ge-  
 stellmotoren und Antrieb mit flachem Kuppelrahmen mit  
 Kulisse, oder mit einem der kulissenlosen Antriebe von  
 Kandó oder Bianchi mehr Anspruch erwähnt zu werden, da  
 es sich hier um die einzigen heute noch gebauten Formen  
 von direkten Stangenantrieben unter Vermeidung von Blind-  
 wellen oder Zahnradern handelt. Ferner hätte mindestens  
 eine Lokomotive mit den Antrieben nach Fig. 15 (Westing-  
 house) oder 16 (Buchli) gebracht werden dürfen, die heute  
 wenigstens bei Schnellzuglokomotiven die meist verwendeten  
 Formen von Einzelachsantrieben darstellen. Im gleichen  
 Zusammenhang hätte Fig. 54, die einen Wechselstrombahn-  
 motor einer Lokomotive darstellt, die bereits im Deutschen  
 Museum in München Aufstellung gefunden hat, und die  
 zugehörige Beschreibung seiner veralteten Schaltung ruhig  
 wegbleiben können. Dagegen vermisst man in der ganzen  
 Abhandlung ein grundsätzliches Schema des Wechselstrom-  
 Reihenschlussmotors mit Ohmschem Widerstand parallel zur  
 Hilfspolwicklung zur Phasenverschiebung des Hilfsfeldes und  
 den Hinweis darauf, dass heute Wechselstrombahnmotoren

überhaupt nur mehr nach dieser Schaltung gebaut und an-  
 gewendet werden. Unter Stromarten fehlt auf S. 864 unter  
 II. die Erwähnung des Einphasen-Gleichstrom-Umformer-  
 systems.

Die *Schiffsanlagen* behandelt C. Meyer, J. Bahl und A.  
 Stauch im achten Abschnitt, wobei man die Kapitel turbo-  
 elektrischer Antrieb und dieselektrischer Antrieb gerne  
 durch grundsätzliche Schaltungsschemata ergänzt gesehen  
 hätte. Die Anwendung der *Elektrizität in der Landwirtschaft*  
 von A. Petri bildet den Schluss des Buches, das wegen  
 seines überaus reichhaltigen Inhalts und der Fülle der An-  
 gaben als geradezu unentbehrlicher Projektierungsbefehl  
 bezeichnet werden muss. K. Sachs.

137  
 Elektrische Ausgleichsvorgänge u. Operatorenrechnung.  
 Von John R. Carson. Erweiterte deutsche Bearbeitung von  
 F. Ollendorff und K. Pohlhausen. 186 S., 16×23,5 cm,  
 39 Fig., 1 Tafel. Verlag Jul. Springer, Berlin, 1928. Preis  
 Mk. 16.50, geb. 18.—.

Die von Heaviside begründete Operatorenrechnung ist  
 merkwürdigerweise längere Zeit fast unbeachtet geblieben.  
 Der Grund mag vielleicht, abgesehen von der Undurchsicht-  
 lichkeit der Originalarbeiten darin liegen, dass Heaviside  
 seine Methode im wesentlichen auf Analogieschlüssen auf-  
 baute. Man wird dabei ein leichtes Gefühl der Unsicherheit  
 nicht los. Es ist daher als besonderes Verdienst des Ver-  
 fassers anzusprechen, diese für den Theoretiker wie Prak-  
 tiker mit gleichem Vorteil zu verwendende Rechenmethode  
 in eine systematische Form gebracht und die mathematische  
 Basis eingehend dargelegt und begründet zu haben.

Die Heavisidsche Methode beruht auf einer formalen Al-  
 gebraisierung der Differentialgleichungen für Netze mit  
 endlich und unendlich vielen Maschen. Es geschieht dies  
 durch die Einführung eines Operators, durch den die zeit-  
 lichen Differentiationen und Integrationen der ursprüng-  
 lichen linearen Netzgleichungen symbolisch ersetzt werden.  
 Das entstehende Gleichungssystem lässt sich dann algebraisch  
 nach den Unbekannten auflösen. Durch eine formale Potenz-  
 reihenentwicklung nach dem reziproken Operator lässt sich  
 dann, falls eine solche Entwicklung möglich ist, nach sinn-  
 gemässer Deutung des Operators, die Lösung sofort hin-  
 schreiben. In manchen anderen Fällen führt eine Partial-  
 bruchzerlegung rascher zum Ziel. Auf die sehr wichtigen  
 Abschnitte über asymptotische Lösungen von Operatoren-  
 gleichungen können wir hier nicht näher eingehen. Als  
 ganz wesentlicher Vorteil der Heavisidschen Methode muss  
 erwähnt werden, dass die Lösung sofort unter Berücksichti-  
 gung der Randwerte erscheint, während bei der direkten  
 Integration der Ausgangsgleichungen gerade die Rand-  
 probleme sehr oft die grössten mathematischen Schwierig-  
 keiten bieten.

Die zahlreichen eingestreuten Beispiele, zu denen auch  
 die Bearbeiter der deutschen Auflage wesentliche Beiträge  
 geliefert haben, ermöglichen ein müheloses Verständnis und  
 erleichtern das Einarbeiten in die praktische Handhabung  
 der Methode. Es seien nur einige Gebiete genannt, aus denen  
 viele Beispiele zur Erläuterung entnommen wurden: Ein-  
 schalten eines Schwingungskreises; Strom- und Spannungs-  
 wellen längs eines induktionsfreien Kabels; Strom- und  
 Spannungswellen längs Leitungen; Wanderwellen längs  
 Starkstromleitungen; Wellen längs künstlichen Leitungen;  
 die endliche, belastete Leitung; Theorie der veränderlichen  
 Stromkreise, usw.

Die deutsche Bearbeitung ist mustergültig und erweckt  
 nie den Eindruck der Uebersetzung. Trotzdem ist der Geist  
 des englischen Originals ausgezeichnet geblieben. Auch die  
 Ausstattung ist, abgesehen von einige Druckfehlern, sehr gut.

Der Ingenieur oder Physiker, der sich theoretisch oder  
 praktisch mit Problemen der Nachrichtenübermittlung oder  
 Starkstromtechnik zu befassen hat, wird dieses Buch mit  
 grossem Gewinn durcharbeiten. K. Baumann.

<sup>1)</sup> Siehe Besprechung im Bull. SEV 1930, Nr. 9, S. 311.



## Normalien und Qualitätszeichen des SEV.



### Steckkontakte.

Gemäss den «Normalien zur Prüfung und Bewertung von Steckkontakten für Hausinstallationen» und auf Grund der mit Erfolg bestandenen Annahmeprüfung steht folgenden Firmen für die nachstehend angeführten Steckerarten das Recht zur Führung des SEV-Qualitätszeichens zu. Die zum Verkauf gelangenden Stecker tragen ausser dem vorstehenden SEV-Qualitätszeichen auf der Verpackung eine SEV-Kontrollmarke. (Siehe Veröffentlichung Bulletin SEV 1930, Nr. 1, Seite 31/32.)

Ab 1. Februar 1931:

*Gottfried Maag, vormals G. Maag-Eckenfelder, Zürich.*

Fabrikmarke:

**GEMA**

Zweipoliger Stecker für trockene Räume, 250 V, 6 A.

*Société Suisse de Clématite, Vallorbe.*

Fabrikmarke:



2. Zweipolige Kupplungssteckdose für trockene Räume.  
250 V, 6 A, Type 2000, für verwechselbare Stecker mit zwei 4-mm-Stiften.

### Schalter.

Gemäss den «Normalien zur Prüfung und Bewertung von Schaltern für Hausinstallationen» und auf Grund der mit Erfolg bestandenen Annahmeprüfung steht folgenden Firmen für die nachstehend angeführten Schalterarten das Recht zur Führung des SEV-Qualitätszeichens zu. Die zum Verkauf gelangenden Schalter tragen ausser dem vorstehenden SEV-Qualitätszeichen auf der Verpackung eine SEV-Kontrollmarke. (Siehe Veröffentlichung im Bulletin SEV 1930, Nr. 1, Seite 31/32.)

Ab 1. Februar 1931:

*Otto Fischer A.-G., Zürich (Generalvertretung der Dr. Deisting & Co., G. m. b. H., Kierspe i. W.).*

Fabrikmarke:



I. Dosendreheswitcher für 250 V, 6 A.

A. für trockene Räume, für Aufputzmontage.

	Schema
a) mit runder, brauner Isolierstoffkappe.	
1. OF. Nr. 7700, einpoliger Ausschalter	0
2. OF. Nr. 7701, einpoliger Stufenschalter	I
3. OF. Nr. 7702, einpoliger Umschalter	II
4. OF. Nr. 7703, einpoliger Wechselschalter	III
b) mit runder Isolierstoffkappe, crème.	
7. OF. Nr. 7710, einpoliger Ausschalter	0
8. OF. Nr. 7711, einpoliger Stufenschalter	I
9. OF. Nr. 7712, einpoliger Umschalter	II
10. OF. Nr. 7713, einpoliger Wechselschalter	III
c) mit runder Porzellankappe.	
13. OF. Nr. 7720, einpoliger Ausschalter	0
14. OF. Nr. 7721, einpoliger Stufenschalter	I
15. OF. Nr. 7722, einpoliger Umschalter	II
16. OF. Nr. 7723, einpoliger Wechselschalter	III

Ab 15. Januar 1931:

*Levy fils, Basel (Generalvertreter der Firma Fresen & Cie., Fabrik elektrischer Spezialartikel, Lüdenscheid).*

I. Dosen-Dreheswitcher für 250 V, 6 A.

A. für trockene Räume.

	Schema
a) für Aufputz-Montage mit Porzellansockel und aufgelegter Porzellankappe, rund.	
1. Nr. 530, einpol. Ausschalter	0
2. Nr. 532, einpol. Stufenschalter	I
3. Nr. 531, einpol. Wechselschalter	III
4. Nr. 533, einpol. Kreuzungsschalter	VI

II. Dreheswitcher für 250 V, 6 A.

A. für trockene Räume.

a) für Unterputzmontage mit Glas-, Metall- oder Bakelitabdeckplatten.	oder
34. Nr. 561, einpol. Wechselschalter	Schema III
35. Nr. 563, einpol. Kreuzungsschalter	VI

## Vereinsnachrichten.

Die an dieser Stelle erscheinenden Artikel sind, soweit sie nicht anderweitig gezeichnet sind, offizielle Mitteilungen des Generalsekretariates des SEV und VSE.

### Im Verlag des SEV (Seefeldstr. 301, Zürich 8) neu erschienene Drucksachen.

Von den im Bulletin des SEV 1931, Nr. 1 und 2 abgedruckten Vorträgen mit Diskussion, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 15. November 1930, sind folgende Separatabzüge erhältlich:

- a) Vortrag von Obering. W. Grob, Baden, über «Spannungsregulierung mit Transformatoren und unter Last schaltbaren Stufenschaltern» und Diskussion.
- b) Vortrag von Ing. E. Besag, Baden-Baden, über «Schutzmassnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung in Niederspannungsanlagen» und Diskussion.

Der Preis der einzelnen Sonderdrucke beträgt Fr. 1.— für Mitglieder und Fr. 1.50 für Nichtmitglieder.

Ausserdem können Separatabzüge von dem im Bulletin 1931, Nr. 1, abgedruckten Aufsatz des Starkstrominspektors über «Starkstromunfälle in Hausinstallationen» zum Preise von 50 Rp. pro Exemplar (Nichtmitglieder Fr. 1.—) bezogen werden.

### Zulassung von Elektrizitätsverbrauchsmessersystemen zur amtlichen Prüfung und Stempelung.

Auf Grund des Art. 25 des Bundesgesetzes vom 24. Juni 1909 über Mass und Gewicht und gemäss Art. 16 der Voll-

ziehungsverordnung vom 9. Dezember 1916 betreffend die amtliche Prüfung und Stempelung von Elektrizitätsverbrauchsmessern hat die eidgenössische Mass- und Gewichtskommission das nachstehende Verbrauchsmessersystem zur amtlichen Prüfung und Stempelung zugelassen und ihnen die beifolgenden Systemzeichen erteilt:

Fabrikant: *Sprecher & Schuh A.-G., Aarau.*

Stromwandler Typen STJ 2, STJ 4, STJ 6, STJ 8, STJ 10, von 15 Per/s an aufwärts;



Sonderausführungen:

Freiluftausführung	Zusatzzeichen f
Mit Relaiskern	» S
Mit Relaiskern Freiluftausführung	» Sf

Fabrikant: *Moser, Glaser & Co., Basel.*

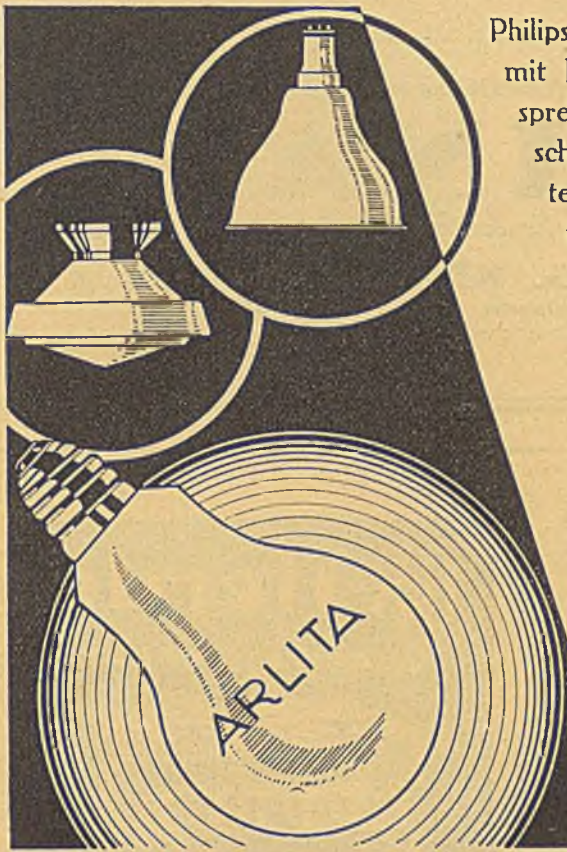
Stromwandler Typen StLN 1—5, StMN 1—5, StON 1—5, von 50 Per/s an aufwärts.



Bern, den 3./20. Januar 1931.

Der Präsident  
der eidg. Mass- und Gewichtskommission:  
*J. Landry.*





Philips-Armaturen in Verbindung mit Philips-Arlita-Lampen entsprechen den neuesten Errungenschaften der modernen Lichttechnik für bessere Heimbeleuchtung.

Verlangen Sie unsere Druckschriften und unverbindliche Projektskizzen.

266/3

Bessere Heimbeleuchtung mit Philips-Lampen und -Leuchten.

**PHILIPS**

**TRUB, TÄUBER & Co.**  
**ZÜRICH • Ampèrestraße 3**

Telephon 42.660

Fabrik elektrischer Messinstrumente  
 und wissenschaftlicher Apparate



**Doppel-Registrier-Instrumente**

für:

Wirkleistung und Blindleistung  
 Spannung und Frequenz  
 Strom und Leistungsfaktor

zeichnen sich aus durch:

Kontinuierliche Diagramme  
 Keine Umschaltung  
 Grösste Genauigkeit  
 Einfache Bedienung

816/3



Verlangen Sie bei Ihrem Lieferanten  
die gute Schweizerlampe



# ALPINA

Dieselbe ist zu haben in der normalen Einheitsreihe

**ASTRON A.-G., KRIENS**

Glühlampenfabrik  
Schweizerunternehmen



*Zeitschalter  
Schalt-  
automaten  
etc.*

von höchster Präzision  
und Zuverlässigkeit liefert  
**Fr. Sauter A.G. Basel**



## Lufotechnische Anlagen

für jede Industrie

Schrauben und Zentrifugalventilatoren  
Filteranlagen

mit dem

feuersicheren metallischen Zellenluftfilter S. A. V.

### Ventilator A.-G., Stäfa

früher Fritz Wunderli, Uster

140



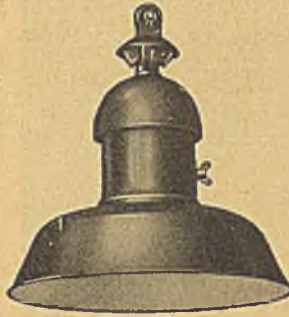


## R. H. Gachnang Zürich 8

Fabriklager für die Schweiz:  
Seefeldstr. 87, Telephon 28.701

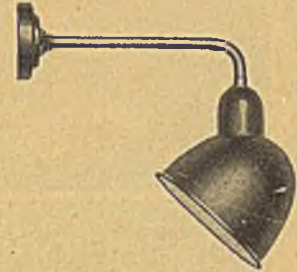
258

## LICHTTECHNIK AG. ZÜRICH ■ SEESTRASSE NR. 336



Schweizerisches Fabrikations-Unternehmen für die Herstellung von Leuchten nach neuesten lichttechnischen Grundsätzen für alle Zwecke der Innen- und Aussenbeleuchtung.

Entwurf von Konstruktionen für spezielle Zwecke sowie rasche Anfertigung von Sonderausführungen.



**ARMA**  
ZWECKLEUCHTEN

221

## EMIL PFIFFNER, HIRSCHTHAL

Fabrik elektrischer Kondensatoren und Ueberspannungsschutz-Apparate



Niederspannungs-  
Blitzschutzapparat Type EPH

liefert

Hochspannungsschutzkondensatoren  
Schwingungsbegrenzer - Elektrische  
Ventile - Erdungsspulen mit und  
ohne Sekundärwicklung  
Niederspannungsableiter  
Niederspannungskondensatoren für  
Phasenkompensation ( $\cos \varphi$ )  
Telephonkondensatoren

nach neuen verbesserten Verfahren und Konstruktionen.

2026/1

9



# SCHACHTEL <sup>AG</sup>

## DOPPEL-Federring-Isolatoren

D. R. P.  
NR. 388621



PORZELLAN-FABRIK  
**JOSEPH SCHACHTEL AG**  
SOPHIENAU, POSTBAD CHARLOTENBRUNN, SCHL.

Generalvertreter für die Schweiz:

**A. SCHUBARTH • BASEL**

Telegr.-Adr.: SCHUBARTH BASEL    Telephon: Safran 36,50

# Schalter

*Zeit- u. Sperrschalter  
Schaltuhren  
Fernschalter  
Ternschalter  
u. Regulatoren  
Beleuchtungsschalter*

*Fr. Hielmetti & Cie.  
Solothurn.*

# Achten Sie

auf das **SEV**  
**Qualitätszeichen**

beim Einkauf von Kleintransformatoren,  
Steckkontakten und Schaltern sowie iso-  
lierten Leitern

bzw. auf den  
Qualitätskenn-  
faden des SEV



(gelb mit schwar-  
zen Morse-  
zeichen).

Material mit SEV-Qualitätszeichen ent-  
spricht den SEV-Normalien und wird,  
dem Markte entnommen, von den tech-  
nischen Prüfanstalten des SEV periodisch  
nachgeprüft.

Diejenigen Fabrikate, die das SEV-Qualitätszeichen  
führen, werden im Bulletin des SEV und in der «Elektro-  
Industrie» laufend bekanntgegeben. Eine Zusammen-  
stellung aller dieser Fabrikate erfolgt jeweils per  
1. Januar und 1. Juli und kann von den technischen  
Prüfanstalten unentgeltlich bezogen werden.





Neue zweiteilige konzentrische Klemmer  
mit **zweiteiligen Muttern**. + Patent angemeldet +



*Apparate die sauberer  
Sparer für jeden Haus-  
halt*

A-G  
**KUMMLER & MATTER**  
AARAU

*Fabrik elektrischer  
Heiz- u. Kochapparate*



# La Station d'Étalonnage

de l'Association Suisse des Electriciens

(Seefeldstrasse No. 301, Zurich 8)

possède

**un atelier de réparation**

et se charge

de la révision et de la réparation d'instruments électriques  
de tous genres

Avant d'entreprendre une réparation elle se rend compte si celle-ci offre un avantage au point de vue économique. Dans les cas douteux ou lorsque la réparation entraînerait des frais élevés, le client est orienté sur le coût probable de la réparation avant de s'y décider.

Les instruments remis en état sont vérifiés attentivement et renvoyés avec certificat d'essai.

Les nouvelles installations permettent à la Station d'étalonnage de satisfaire sa clientèle dans des délais très courts.



# LEITUNGSMASTEN

In allen Dimensionen, aus la. Bergholz,  
mit Kupfervitriol imprägniert, liefern

187

**Imprägnieranstalt Dagmersellen**  
Sägerel und Holzhandlung, **BLUM, STUTZ & CIE.**



## Zu verkaufen

zufolge Abbruch unserer Bauinstallationen:

### Drehstromtransformatoren

Leistung 20—300 kVA,  $3 \times 16\,000/500$  Volt,  
umschaltbar auf 380/220 Volt, 50 ~.

### Zähler

$3 \times 500$  Volt für Anschluss an Stromwandler  
von 150—500/5 Ampere mit Maximum-  
anzeiger und Schaltuhren. 326

### Trockenstromwandler

150—500/5 Ampere, Leistung 20 Voltampere  
und für eine Nennspannung von 3000 Volt.

Anfragen erbeten an die **Kraftwerke Oberhasli**  
**A.-G., Innertkirchen**, Kanton Bern, Telephon 507.

# Frankiermaschine Hasler

wegen Anschaffung eines grösseren  
Modells billig abzugeben.

## Okkasion

Von der schweiz. Oberpostdirektion  
konzessionierte Maschine in bestem  
Zustande. 8 Taxwerte. Selbständig  
registrierendes Zählwerk. Motoran-  
trieb. • Die Postverwaltung kredi-  
tiert dem Maschinen-Inhaber die  
Portoauslagen. Die Abrechnung fin-  
det am Monatsende statt.

Anschaffungspreis . . . . . Fr. 1750.—  
Verkaufspreis mit jeder Garantie . . . . . Fr. 950.—

Anfragen an Postfach 229, Hauptpost, Zürich.

## Ingénieur électricien

éventuellement

## Electro-Chimiste

est demandé par entreprise prospère de la Suisse romande.  
Situation stable, bien rétribuée. — Adresser offres avec curri-  
culum vitae sous chiffre 52 740 à Publicitas, Lausanne.

# Die Eichstätte

des

## Schweiz. Elektrotechnischen Vereins

besorgt

in ihrer **Instrumenten-Reparaturwerkstätte** die **Revision**  
und **Reparatur elektrischer Messinstrumente** jeder Art.

Sie überprüft vor Inangriffnahme einer Reparaturarbeit die Wirtschaft-  
lichkeit der Instandstellung im Verhältnis zum Anschaffungspreis des betref-  
fenden Apparates und orientiert den Auftraggeber im voraus über die mut-  
masslichen Reparaturkosten.

Im Anschluss an die Instandstellung werden die Instrumente einer  
sorgfältigen Prüfung unterzogen, über deren Resultate ein Prüfschein ein-  
gehenden Aufschluss gibt.

Die neuen Einrichtungen der Instrumenten-Reparaturwerkstätte des  
S. E. V. ermöglichen derselben, kurze Lieferfristen einzuhalten.



# PACCO SCHALTER

Ein-,zwei- und  
dreipolig  
bis 60 A, 250V  
bzw. 25A, 500V



Geringer Preis · Raumersparnis · Feuerficherheit u. Unfallficherheit  
Geringes Gewicht · Bequemer Einbau in Schaltkästen u. Schalttafeln  
Billige Montage (ein Dübel gegen vier) · Jede Schaltung herstellbar

## SIEMENS

ELEKTRIZITÄT SERZEUGNISSE A.G. ZÜRICH · Löwenstr. 35  
Abteilung: SIEMENS-SCHUCKERTWERKE, Telefon: Nr. 53.600



# Schweizerische Isola-Werke, Breitenbach

Telegr.: Isola Breitenbach-Solothurn

Grand Prix Turin 1911

Telephon No. 8

## Canevasit für Zahnräder

geräuschlos und dauerhaft

### Amberit

für Kollektoren und elektrische Heizungen

Calisit, Mica-Asbest sowie Asbestit  
in Tafeln von 1000 × 1000 mm

Mika-Isolationen, -Bänder, -Formstücke

### Isolierlacke

gelb und schwarz, luft- und ofentrocknend

### Dellit-Papier

in Rollen, 2000 mm breit und unterteilt

### Dellit und Radiolit

in Platten bis 2500 × 1500 mm, in Röhren,  
Scheiben usw., auch für T. S. F.

### Mikanit und Mikafolium

in Tafeln, Rollen und Bändern

Isolierseide, -Tuch und -Papier

### Feinkupferdraht — Emaillendraht

blank und umspinnen, von 0,04 mm an aufwärts  
auch umspinnen und wieder emailliert.

Bretonite-Bremsbelag

264/4



263

Max Bertschinger & Cie, Ingenieur, Lenzburg

Kupferdraht-  
Isolierwerke  
A.-G.

Gummibleikabel

1855

Wildeg





Beste  
Straßenbeleuchtung;  
blendungsfrei durch

**Ferrowatt-Lampen**  
innenmatt

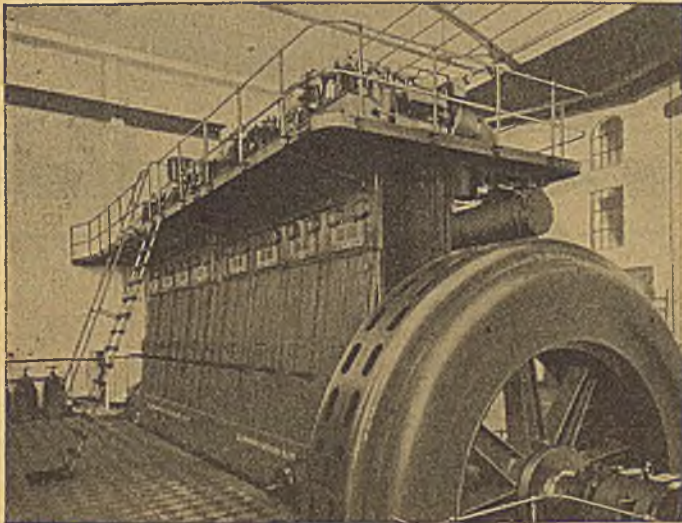
**Eugen Stutz, Zürich 2**  
FERROWATT-LAMPEN  
Tel. 32.989, Bederstr. 1

**FERROWATT**

«S.L.M.-WINTERTHUR»

## DIESELMOTOREN

FÜR ORTSFESTE KRAFT-ANLAGEN, SCHIFFE UND LOKOMOTIVEN



Besonders geeignet als Spitzen-  
und Reservekraftmaschinen in  
Elektrizitätswerken.

Geringe Anlagekosten  
Niedrigster Brennstoffverbrauch  
Sofortige Betriebsbereitschaft  
**Höchste Ueberlastfähigkeit**

Einheiten bis zu 4500 PSe Leistung

3000 PSe „S.L.M.-Winterthur“ Dieselmotoren-An-  
lage mit Abgasturbinaufladung, System Böhl, der  
Cla. Sevillana de Electricidad, Sevilla (Spanien).

**Schweizerische Lokomotiv- & Maschinenfabrik  
WINTERTHUR**

339

**Spätki Söhne & Co.**

Elektromechanische Werkstätten

**Zürich**

Hardturmstr. 121    Telephon 36.623

Filialwerkstätte in

**Vevey**

Telephon No. 940

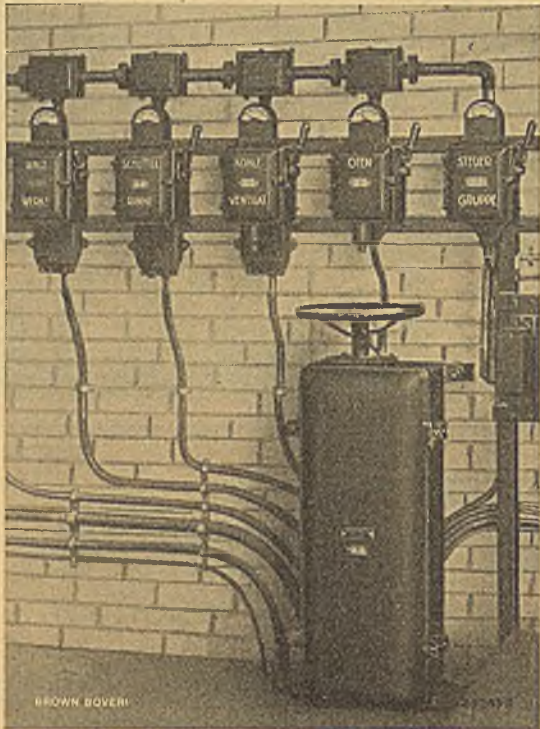
Wir liefern

**Elektromotoren, Generatoren  
Transformatoren und Apparate**

aller Fabrikate

102<sub>8</sub>





## Die Überzeugung

dass seine elektrische Anlage durch erprobte Schaltkasten geschützt ist, gibt dem Besitzer ein Gefühl der Sicherheit, das seine Arbeiten unterstützt und fördert.

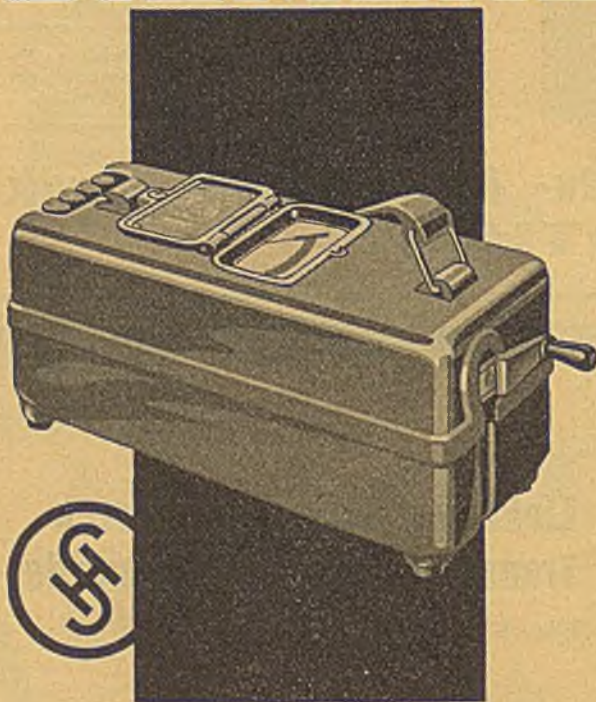
In vielen tausend Betrieben bewährt haben sich die Schaltkasten mit Sicherungen Type FC und die Motorschutzschalter mit Paketwärmeauslöser Type LC und M der

**A.-G. Brown, Boveri & Cie.**  
Baden

Technische Bureaux:  
Baden, Basel, Bern, Lausanne

195<sub>2</sub>

# SIEMENS



## Megohmmeter

sind hochwertige Isolationsmesser, die für regelmässige Isolationsmessungen an Maschinen, Transformatoren hervorragend geeignet sind. Mit ihrer Hilfe sind im Entstehen begriffene Isolationsfehler rechtzeitig zu erkennen und es können somit schwere Betriebsstörungen durch vorbeugende Massnahmen im Keim erstickt werden.

**Vorzüge:** Auffallend schnell und sicher sich einstellendes Messwerk, weitgehende Unabhängigkeit der Aufstellung, grosse Anfangsempfindlichkeit, konstante Induktor-Gleichspannung durch automatischen Spannungsregler, daher keine Störungen durch kapazitive Ladungen des Prüfobjektes, sorgfältige Kriechstromableitung sowie widerstandsfähiges Pressisoliertstoffgehäuse und vollkommener Schutz gegen zufällige Berührung spannungsführender Teile. 278

### Siemens

**Elektrizitäts-Erzeugnisse A.-G.**

Abteilung Siemens & Halske

Zürich

Lausanne



# Cossonay

# Gardy

# Prometheus

### 3 erstklassige Fabrikate:

- Isolierrohre
- Leitungsdrähte
- Kabel für alle Zwecke
- Schalter u. Steckkontakte
- Sicherungen
- Fassungen aller Art
- Strahler
- Bügeleisen
- Heiz- u. Kochapparate

48

# Elektro-Material <sup>A</sup>/<sub>G</sub> Zürich

**BASEL BERN BURGDORF GENÈVE LAUSANNE LUGANO**



## Cumulus

*elektr. Heisswasserspeicher*

*Elektr. Akkumulier-Apparate  
zur Ausnützung des billigen Nachtstromes*

## Primulus

*elektr. Akkumulier-Ofen*



Verlangen Sie  
unsere Kataloge

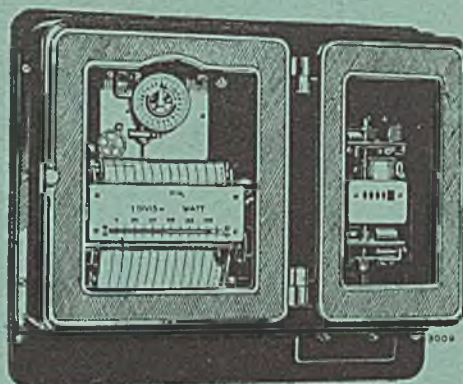
*Ganz automatisch. Unerreichte Qualität. Unübertroffen  
im Nutzeffekt.*

## Fr. Sauter A.G. Basel



# LANDIS & GYR A.-G. ZUG ELEKTRIZITÄTSZÄHLER

mit  
Registrier-  
Vorrichtung



für die  
Belastungs-  
mittelwerte

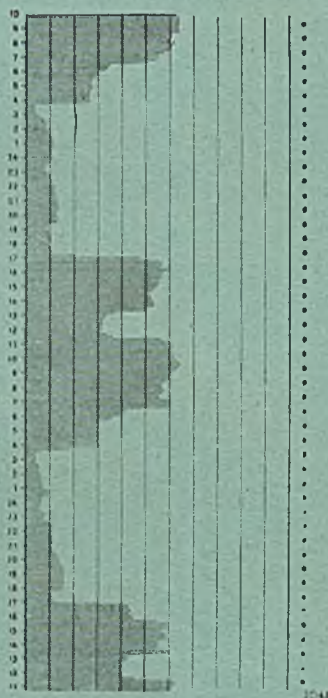
## „MAXIGRAPH“

(Eingetragene Schutzmarke)

der ideale Kontrollapparat für Zentralen und Grossabonnenten

Vollständig automatisch  
arbeitende, daher  
einfachste Bedienung.

Schreibt ohne Tinte und  
gibt deshalb ein klares  
und übersichtliches  
Registrierbild.



Die Registrierarbeit wird  
durch einen besondern  
Motor besorgt, daher  
keine Minusfehler des  
Messorganes.

Sparsamster  
Papierverbrauch, nur  
6 mm pro Stunde.

**Verlangen Sie unsere Druckschrift**