Symbolische metoda Tyze

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

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

XXII. JAHRGANG | № 4 | Mittwoch, 18. Februar 1931

INHALT:

Seite

Die symbolische Rechnung der Wechselstromtechnik und die ebene Vektorrechnung. Von Prof. *Max Landolt*, Winterthur 85

Bericht über die Diskussionsversammlung für Fragen über Förderung der Elektrizitätsverwertung, Dienstag, den 14. und Mittwoch, den 15. Oktober 1930 (Fortsetzung von Seite 74) 99

Die Lichtreklame, ihre häufigsten Ausführungsformen und ihre Bedeutung für die Elektrizitätswerke. Zusammenfassung des Referates von *J. Guanter*, dipl. Ing., Osram A.-G., Zürich 99

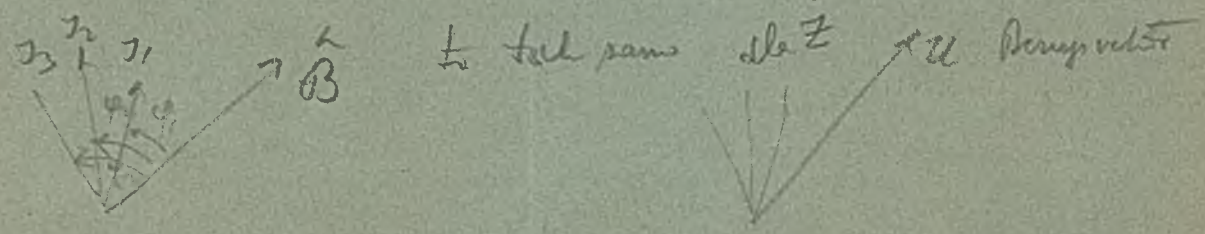
Die Technik der Heimbeleuchtung. Zusammenfassung des Referates von Ing. *Hofstetter*, Elektrizitätswerk Basel 102

Wirtschaftliche Mitteilungen 103
Geschäftsberichte 1929/30: Nordostschweizerische Kraftwerke, Baden 103 — Marktpreise 104

Miscellanea 104
Einladung zur 6. Akademischen Diskussionsversammlung der E. T. H. 104

Vereinsnachrichten 104
Jahresversammlungen 1931 in Bern 104 — Mitgliederbeiträge SEV 104

Zeitschriften-Rundschau des SEV und eingegangene Werke: Rote Seiten 5—8.



REDAKTION:
GENERALSEKRETARIAT DES SEV & VSE, ZÜRICH 8, SEEFELDSTRASSE 301. TELEPHON: 49.660
DRUCK UND VERLAG:
FACHSCHRIFTEN-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 Prüfamt 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 Oeffentlichkeit. 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'Energie 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'Electricité 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

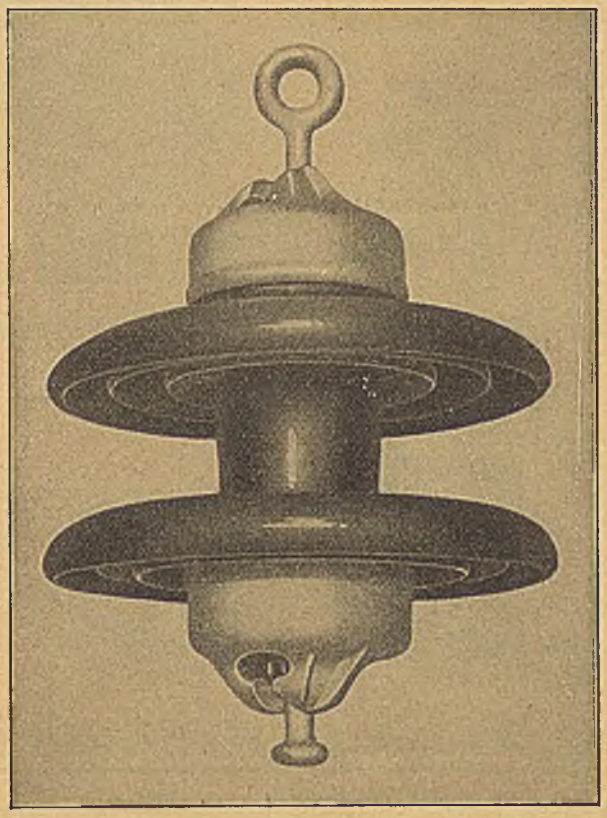
ist das gemeinsame Publikationsorgan des SEV und VSE und wird jeden zweiten Mittwoch, ausserdem am Anfang des Jahres das Jahresheft, allen Mitgliedern beider Verbände gratis und franko zugestellt.

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, Telephon 49.660. Alle Mitteilungen betreffend *Abonnement, Expedition* und *Inserate* sind zu richten an die Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G., Stauffacherquai 36/38, Zürich, Telephon 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 Porzellanschirmen

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

◇

Bisher insgesamt

450 000 Stück

an die grössten Elektrizitätswerke des In- und Auslandes geliefert.

◇

Verbindungsmuffen - Abspannmuffen

für

Kupferdraht u. Kupferseil
Aluminiumseil und Draht
Stahlaluminiumseil
Alldrey-Seil
Anker-Abspannungen
Konus-Endmuffen
Freileitungs-Abzweigklemmen

«Vontobel-Fabrikate»

Alleinverkauf für die Schweiz durch die Firma

CAMILLE BAUER • BASEL

135/1

innen mattierte Lampen:

213

25
40
60
75
100

Tungsram Elektrizitäts A.-G.
Zürich / St. Annahof

Kabelwerke Brugg A.G.

Bleikabel
aller Art.

1854

Reserviert für das erste schweizerische Spezialgeschäft für Freileitungen. Gebrüder Rüttimann, elektrische Unternehmungen in Zug und Lausanne.

296/8

ADOLF FELLER Fabrik elektr. Apparate HORGEN

1012 «F»

Neue Steckdosen und Stecker für reduzierte Spannung

Gemäss § 224 der Hausinstallations-Vorschriften; zweipolig, 10 Amp., 50 Volt.

Federnde Kontakte patentierter Ausführung (Der Stecker kann in keine andere Steckdose gesteckt werden)

No. 1112

MAUERHOFER & ZUBER

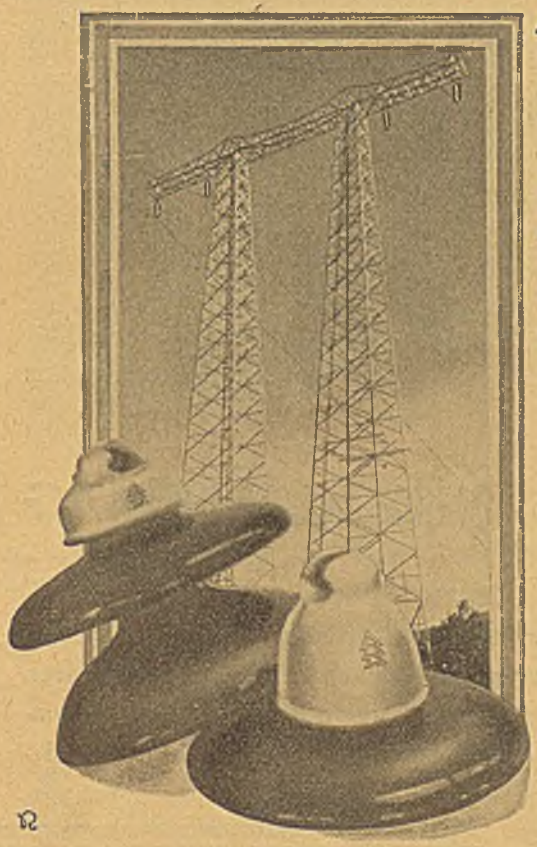
ELEKTRISCHE UNTERNEHMUNGEN

LANGNAU (Bern) Telephon No 120

LAUSANNE, Chemin Vinet 23 E Telephon No. 24.533

SPEZIALGESCHÄFT
für Freileitungen jeder Art
Fahrleitungen für Bahnen

199



Warum Hescho-Isolatoren?

Die ISOLATOREN bestimmen die Betriebsicherheit bei allen Hochspannungsanlagen.

Die HESCHO hat allein an kittlosen Kettenisolatoren mehr als 3½ Millionen Stück geliefert.

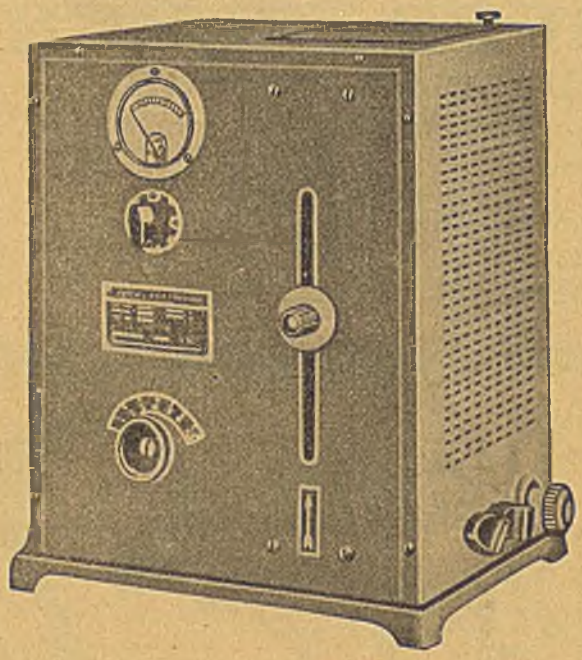
Die Summe der gesammelten Erfahrungen kommt Ihnen zugute.

HESCHO HERMSDORF THÜR.
IM KAHLA KONZERN

ALLEINVERTRETER FÜR DIE SCHWEIZ:

ROB. KUSTER & CO., Mythenstrasse 29, ZÜRICH 2 Telephon: Nr. 35.849

PHILIPS GLEICHRICHTER



FÜR

Ladestationen
Notbeleuchtungsanlagen
Kinoprojektion
Galvanisieranlagen
Chemische Betriebe
Lichtsignalanlagen
Elektrische Uhrenanlagen
Fernsprechzentralen
Telegraphenanlagen
Alarmvorrichtungen
Anlagen für Fernbetätigung
Wasserstandsmess-vorrichtungen
Magnetische Spannfutter
Elektromagnetische Netzanschlussgeräte
Laboratorien
Schulen
Elektr. Spezialwerkzeuge
Glockenanlagen und Läutewerke
Gleichstrommotoren
Und alle anderen Zwecke, für die Gleichstrom erforderlich ist.

Grosse Betriebssicherheit
Geräuschloses Arbeiten
Bequeme Aufstellung
Sehr hoher Wirkungsgrad

PHILIPS-LAMPEN AG
ZÜRICH 3

Unternehmen, die Gleichstromnetze in Wechselstromnetze umbauen wollen, erteilen wir gern jede gewünschte Auskunft über die besonderen Vorzüge unserer Gleichrichter, bei deren Verwendung die Gleichstrommaschinen und -Apparate in den angeschlossenen Anlagen auch weiterhin benutzt werden können.

ELEKTROSTATISCHE

KONDENSATOREN

Verbesserung des Leistungsfaktors bewirkt
Entlastung der Generatoren, Leitungen, Transformatoren von Blindleistung, Verminderung der Verluste und **ermöglicht** bessere Ausnützung, grössere Leistungsfähigkeit der Erzeugungs- und Verteilanlagen, sowie **günstige Strom-Tarife.**

EMIL HAEFELY & Co A.G. BASEL

TELEGR: MICARTA BASEL.

Die Eichstätte

des

Schweiz. Elektrotechnischen Vereins

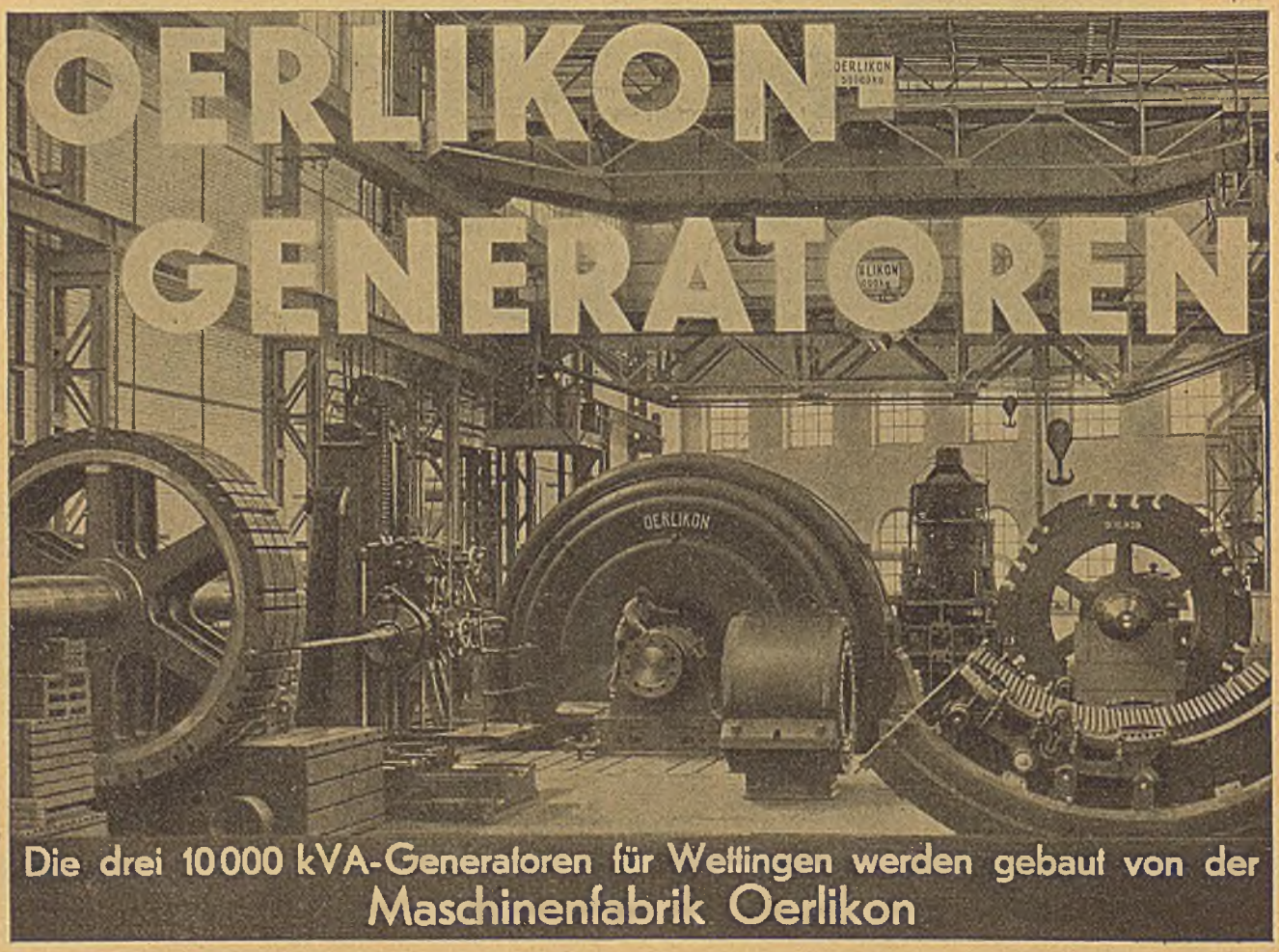
besorgt

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

Sie überprüft vor Inangriffnahme einer Reparaturarbeit die Wirtschaftlichkeit der Instandstellung im Verhältnis zum Anschaffungspreis des betreffenden Apparates und orientiert den Auftraggeber im voraus über die mutmasslichen Reparaturkosten.

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

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



Die drei 10000 kVA-Generatoren für Wettingen werden gebaut von der Maschinenfabrik Oerlikon

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

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° 4 | Mittwoch, 18. Februar 1931

Die symbolische Rechnung der Wechselstromtechnik und die ebene Vektorrechnung *).

Von Prof. *Max Landolt*, Winterthur.

512

Für die graphische Darstellung von Zusammenhängen zwischen sinusförmig veränderlichen Wechselstromgrössen ist heute die Verwendung von Vektoren in Vektordiagrammen unbestrittenes Allgemeingut. Die mathematische Erfassung der gleichen Zusammenhänge ist dagegen umstrittenes Kampfgebiet. Beweis dafür sind die verschiedenen Methoden, die heute nebeneinander bestehen: Die symbolische Rechnung und die ebene Vektorrechnung, die beide in mehreren Varianten vorkommen.

Die mit imaginären Zahlen arbeitenden symbolischen Rechnungen haben für Viele etwas Unvorstellbares und Geheimnisvolles an sich. Um diese Schwierigkeiten zu beseitigen, interpretieren in letzter Zeit mehrere Autoren die symbolische Rechnung vektoriell und andere verwenden die ebene Vektorrechnung. Zumeist bedienen sie sich dabei ganz verschiedener Zeichen und Ausdrucksweisen, so dass sich eine einheitliche Sprache, die überall verstanden werden könnte, nicht herausbilden kann.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit werden die Elemente von verschiedenen bestehenden Rechnungsarten kurz zusammengestellt und kritisch besprochen. Im zweiten Teil wird gezeigt, wie die symbolische Rechnung unter Beibehaltung einer häufig angewandten Schreibweise vektoriell interpretiert werden kann und sich dann zwanglos den bekannten Regeln der elementaren Vektorrechnung fügt. Im dritten Teil wird gezeigt, wie sich diese mit den Zeichen der symbolischen Rechnung geschriebene ebene Vektorrechnung auf Grundprobleme der Wechselstromtechnik anwenden lässt.

Das Ziel der Arbeit ist, durch Zusammenfassung bestehender Elemente der symbolischen Rechnung bei vektorieller Auslegung zur Vereinheitlichung der mathematischen Behandlungsweise von Wechselstromproblemen beizutragen.

Das Generalsekretariat macht speziell die jüngeren Leser des Bulletin auf die vorliegende Veröffentlichung aufmerksam, als gute Einführung in die in Lehrbüchern und wissenschaftlichen Abhandlungen oft angewandte symbolische Methode.

L'utilisation de vecteurs et de diagrammes vectoriels pour la représentation graphique de rapports entre grandeurs sinusoïdales variables, telles qu'elles se présentent dans l'étude des courants alternatifs, est aujourd'hui incontestablement du domaine public. L'expression mathématique de ces rapports, par contre, est encore fortement discutée. Pour s'en rendre compte, on n'a qu'à considérer les différentes méthodes qui subsistent encore aujourd'hui l'une à côté de l'autre: le calcul symbolique, le calcul vectoriel et leurs nombreuses variantes.

Les méthodes de calcul symbolique, travaillant avec des grandeurs imaginaires, ont pour beaucoup quelque chose de mystérieux et d'irreprésentable. Pour éviter ces difficultés beaucoup d'auteurs ont, ces derniers temps, interprété vectoriellement la méthode symbolique, tandis que d'autres préconisent le calcul vectoriel plan. Généralement ils se servent pour leurs calculs de signes et d'expressions toutes différentes, de sorte qu'il ne peut se former une terminologie unitaire et compréhensible pour tous.

Dans la première partie de cette étude, l'auteur analyse les notions élémentaires des différentes méthodes de calcul. Dans la seconde partie, il montre comment la méthode symbolique peut être interprétée vectoriellement, tout en en maintenant les signes conventionnels courants, et comment cette nouvelle méthode se prête alors aux opérations et règles connues du calcul vectoriel élémentaire. Dans la troisième partie, l'auteur montre de quelle manière le calcul vectoriel plan, utilisant les signes conventionnels de la méthode symbolique, peut être appliqué aux problèmes fondamentaux de la technique des courants alternatifs.

Le but de cette étude est de contribuer à l'uniformisation de l'analyse mathématique des problèmes des courants alternatifs, en condensant les notions élémentaires existantes de la méthode symbolique et en donnant à ces notions une interprétation vectorielle.

Le Secrétariat général recommande spécialement aux jeunes lecteurs du Bulletin l'étude de cette publication, qui est une excellente introduction à la méthode symbolique assez souvent employée actuellement dans les manuels et dans les travaux scientifiques.

Inhaltsverzeichnis.

1. Elemente bestehender symbolischer Rechnungen und ebener Vektorrechnungen.
2. Zusammenfassung bestehender Elemente zu einer ebenen Vektorrechnung unter Verwendung üblicher Schreibweisen.
21. Der Quotient von zwei zueinander senkrecht stehenden, gleichlangen Vektoren.
22. Der Operator, der Quotient von zwei beliebigen Vektoren.
23. Rechnungsregeln für Vektoren und Operatoren.
231. Summe.
232. Differenz.
232. Differenz.
233. Produkt.
234. Quotient.
24. Variable Vektoren und Operatoren, Ortskurven.
241. Gerade.
242. Kreis.

*) Eingang des Manuskriptes: 2. Juni 1930.

243. Ellipse.
3. Anwendungen der ebenen Vektorrechnung auf Grundprobleme der Wechselstromtechnik.
31. Vektorielle Behandlung von Wechselstromgrössen.
311. Stromvektoren.
312. Impedanz- und Admittanzoperatoren.
32. Vektorielle Behandlung von Impedanzen.
321. Reihenschaltung.
322. Parallelschaltung.
33. Vektorielle Behandlung von Dreh- und Wechselflüssen.

1.
Elemente bestehender symbolischer Rechnungen und ebener Vektorrechnungen.

Nach dem Vorbild der Mathematik, die jedem Punkt der Gauss'schen Zahlenebene eine reelle und eine imaginäre Koordinate zuschreibt, wird in der symbolischen Rechnung ein eine Wechselstromgrösse darstellender Diagrammvektor in zwei Komponenten zerlegt, von denen die eine mit der reellen und die andere mit der dazu senkrecht stehenden imaginären Achse eines Koordinatensystems zusammenfällt. Der Spitze des Vektors wird eine komplexe Zahl zugeordnet und damit der ganze Vektor, dessen Fusspunkt mit dem Nullpunkt des Koordinatensystems zusammenfällt, symbolisch dargestellt. So wird zum Beispiel ein einen beliebigen, sinusförmig veränderlichen Wechselstrom von der effektiven Stromstärke I darstellende Diagrammvektor $\mathfrak{J}$ gemäss Fig. 1 zerlegt.

Die Spitze des Vektors $\mathfrak{J}$, dessen Länge I beträgt, hat die Koordinaten $I \cos\varphi$ und $-j\, I \sin\varphi$. Man erhält so folgenden Ausdruck:

$$\mathfrak{J} = I \cos\varphi - j\, I \sin\varphi.$$

Als Zeichen für die imaginäre Einheit schreibt die symbolische Rechnung den Buchstaben j, da der in der Mathematik dafür verwendete Buchstabe i für den Momentanwert der Stromstärke reserviert ist.

In Fig. 1 ist die Lage der Achsen die in der Mathematik übliche: Die Verdrehung der positiven reellen Halbachse um 90° entgegengesetzt der Drehrichtung des Uhrzeigers ergibt die Lage der positiven imaginären Halbachse. Der Winkel φ, der die Voreilung des Vektors $\mathfrak{J}$ gegenüber einem in der positiven reellen Halbachse liegend gedachten Bezugsvektor angibt, ist im Uhrzeigersinn positiv gerechnet.

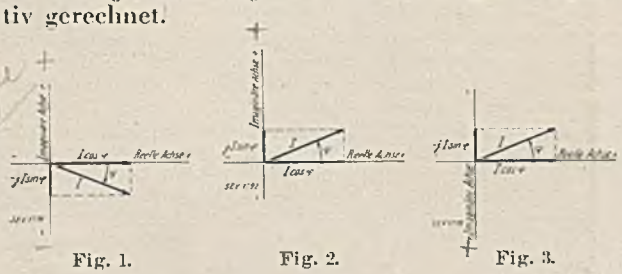


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Bezeichnet man gemäss der internationalen Festsetzung [1]) den Winkel φ im Gegenuhrzeigersinn als positiv, so muss ein Vektor $\mathfrak{J}$, der einem in der positiven reellen Halbachse liegenden Bezugsvektor voreilt, in den Quadranten zu liegen kommen, der durch die beiden positiven Halbachsen eingeschlossen ist (Fig. 2).

Im zugehörigen symbolischen Ausdruck erscheint entsprechend der veränderten Lage der imaginären Komponente an Stelle des Minus-Zeichens ein Plus-Zeichen:

$$\mathfrak{J} = I \cos\varphi + j\, I \sin\varphi.$$

Behält man als positiven Drehsinn den Gegenuhrzeigersinn bei, so erhält man eine dritte Darstellungsweise, die wieder zu dem zuerst erhaltenen symbolischen Ausdruck führt, indem man die beiden imaginären Halbachsen miteinander vertauscht (Fig. 3):

$$\mathfrak{J} = I \cos\varphi - j\, I \sin\varphi.$$

Diese drei Darstellungsarten eines Vektors durch eine komplexe Zahl sind in der Literatur der symbolischen Rechnung von bekannten Autoren angewendet worden. Die vierte noch mögliche Darstellungsart, die wieder zum zweiten symbolischen Ausdruck führt, kommt nicht vor.

Die *erste* Darstellungsart verbreitete sich vor allem, bevor international der Gegenuhrzeigersinn als positiver Vektordrehsinn festgesetzt war [1]). Sie wurde von *Arnold* [2]) und *Roessler* [3]) angewendet. In Anlehnung an deren Standardwerke wird sie neuerdings noch von *Hugo Ring* [4]) benützt.

Als Beispiel sei die elektromotorische Kraft einer Wechselstromquelle G in Funktion des von ihr durch eine mit einem Ohmschen Widerstand R in Serie geschalteten Drosselspule L getriebenen Stromes $\mathfrak{J}$ dargestellt. Die Kreisfrequenz sei ω (Fig. 4).

Unter Berücksichtigung der im Schaltungsschema (Fig. 4) eingezeichneten Bezugssinne [5]) erhält man das Vektordiagramm der Fig. 5.

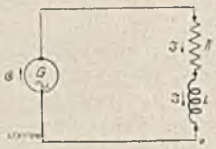


Fig. 4.

Der zugehörige symbolische Ausdruck lautet:

$$\mathfrak{E} = R\,\mathfrak{J} - j\,\omega L\,\mathfrak{J} = (R - j\,\omega L)\,\mathfrak{J}.$$

Die *zweite* Darstellungsart entspricht der internationalen Festsetzung des positiven Vektordrehsinnes. Sie beginnt gegenwärtig, sich allgemein

[1]) Die Commission Electrotechnique Internationale (CEI) legte im September des Jahres 1911 in Turin fest: «Bei der graphischen Darstellung von periodisch veränderlichen elektrischen und magnetischen Grössen soll der dem Uhrzeigersinn entgegengesetzt gerichtete Drehsinn die Phasenvoreilung angeben.» ETZ 1911, S. 1059.

[2]) E. Arnold, Die Wechselstromtechnik, Band I, 2. Auflage, S. 37, Verlag Jul. Springer, 1910.

[3]) G. Roessler, Die Fernleitung von Wechselströmen, Verlag Jul. Springer, 1905.

[4]) Hugo Ring, Die symbolische Methode zur Lösung von Wechselstromaufgaben, 2. Auflage, S. 2, Verlag Jul. Springer, 1928.

[5]) Die Berücksichtigung der Bezugssinne ist für die Rechnung ebenso wichtig wie für das Vektordiagramm, worüber näheres zu finden ist bei A. v. Brunn, Die Bedeutung des Bezugssinnes im Vektordiagramm, Bull. SEV 1922, S. 386.

durchzusetzen. Als Benützer dieser Darstellungsart seien beispielsweise folgende Autoren genannt: *Casper* [6]), *Hauffe* [7]), *Noether* [8]), *Richter* [9]), *Thomälen* [10]). Für das vorher behandelte Beispiel ergibt sich das Vektordiagramm (Fig. 6):

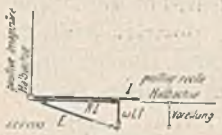


Fig. 5.

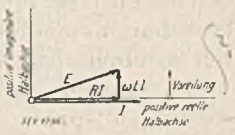


Fig. 6.

Der zugehörige symbolische Ausdruck bekommt die Form:

$$\mathfrak{E} = R\mathfrak{J} + j\omega L\mathfrak{J} = (R + j\omega L)\mathfrak{J}$$

Die *dritte* Darstellungsart wird von einigen Autoren angewendet, die ursprünglich den Uhrzeigersinn als Vektordrehsinn betrachteten und sich nachher der internationalen Festsetzung anschlossen. Sie konnten ihre früheren Gleichungen beibehalten, wenn sie mit der Veränderung des Drehsinnes gleichzeitig die Lage der positiven imaginären Halbachse umklappten, also so legten, dass sie gegenüber der positiven reellen Halbachse um 90° im Uhrzeigersinne verdreht war. Als Beispiel sei *Ossanna* [11]) genannt. Das Vektordiagramm des behandelten Beispieles entspricht dann Fig. 7.

Der zugehörige symbolische Ausdruck lautet:

$$\mathfrak{E} = R\mathfrak{J} - j\omega L\mathfrak{J} = (R - j\omega L)\mathfrak{J}$$

Wie bisher dargelegt worden ist, zerlegt die symbolische Rechnung die von ihr behandelten Wechselstromgrössen in zwei Komponenten ver-

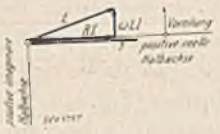


Fig. 7.

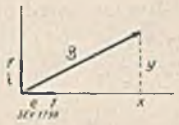


Fig. 8.

schiedener Art, nämlich in eine reelle (wirkliche) und in eine imaginäre (unvorstellbare). Damit schafft sie gegenüber den Vektordiagrammen etwas Neues, Unerwünschtes. Die Ebene, die für die *graphische* Darstellung der Zusammenhänge durch Vektoren in allen Richtungen homogen ist, bekommt bei der *mathematischen* Behandlung durch die symbolische Rechnung eine axiale Struktur. Die Wechselstromgrössen sind aber ihrer Natur nach niemals komplex, also nicht aus einer reellen und einer imaginären Komponente zusammengesetzt. Um diesen Zwiespalt zu beheben, entstand in den letzten Jahren in der einschlägigen Literatur eine Strömung, die die in den Vektordiagrammen *graphisch* vollständig reell dargestellten Zusammenhänge auch *mathematisch* mit vollständig reellen Mitteln zu erfassen sucht. Die symbolische Rechnung wird dabei vektoriell interpretiert oder gar durch eine neuartige Vektorrechnung vollständig ersetzt. Die nachfolgend erwähnten drei Methoden verlassen in der Reihenfolge der Aufzählung immer mehr die Auffassung und die Ausdrucksweise der bisherigen symbolischen Rechnung.

Rothe [12]) rechnet zwar mit komplexen Zahlen, legt ihnen aber eine vollständig geometrisch-vektorielle Bedeutung zu. Die Schreibweise bleibt dabei in der Hauptsache die bisher übliche. Er führt einen Einheitsvektor $\mathfrak{e}$ und den dazu senkrechten Einheitsvektor $\mathfrak{i}$ ein, die beide in der Zeichnungsebene liegen. Jeder beliebige Vektor lässt sich dann als vektorielle Summe von Vielfachen der beiden Einheitsvektoren auffassen.

Gemäss Fig. 8 lautet dann die Gleichung des Vektors $\mathfrak{z}$:

$$\mathfrak{z} = X\mathfrak{e} + Y\mathfrak{i}$$

Nach Rothe stellt man Spannung, Stromstärke, Impedanz usw. gleichermassen als Vektoren dar. Die vektorielle Deutung der Gleichung für die elektromotorische Kraft $\mathfrak{E}$ einer Wechselstromquelle, die durch eine Impedanz $\mathfrak{z}$ die Stromstärke $\mathfrak{J}$ treibt, stösst dabei auf Schwierigkeiten.

$$\mathfrak{E} = \mathfrak{z}\mathfrak{J}$$

Die elektromotorische $\mathfrak{E}$ erscheint als Produkt zweier Vektoren $\mathfrak{z}$ und $\mathfrak{J}$. Rechnet man dieses Produkt nach den Regeln der Vektoranalysis aus, so ergibt sich die elektromotorische Kraft entweder als Skalar oder als Vektor, der auf der durch die Vektoren der Stromstärke und der Impedanz festgelegten Zeichnungsebene senkrecht steht, je nachdem man das Produkt als skalares (inneres) oder vektorielles (äusseres) auffasst. Da nun aber der Vektor der elektromotorischen Kraft weder ein Skalar ist, noch auf der Zeichnungsebene senkrecht steht, wird eine Erweiterung der Vektoranalysis nötig, wenn man die Auffassung und Schreibweise der symbolischen Rechnung auch bei vektorieller Auslegung unverändert beibehalten will; wenn man also elektromotorische Kraft, Stromstärke, Impedanz usw. gleichermassen durch Verwendung

[6]) Ludwig Casper, Einführung in die komplexe Behandlung von Wechselstromaufgaben, S. 20, Verlag Jul. Springer, 1929.

[7]) Gerhard Hauffe, Die symbolische Behandlung der Wechselströme, S. 20, Nr. 991 der Sammlung Göschen, Verlag Walter de Gruyter & Co., 1928.

[8]) F. Noether, Abschnitt «Vektordiagramme und komplexe Rechnung» in E. v. Rziha und J. Seidener, Starkstromtechnik, Taschenbuch für Elektrotechniker, Band I, 7. Auflage, S. 38, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, 1930.

[9]) Rudolf Richter, Elektrische Maschinen, Band I, S. 55, Verlag Jul. Springer, 1924.

[10]) Adolf Thomälen, Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik, 10. Auflage, S. 137, Verlag Jul. Springer, 1929.

[11]) G. Ossanna, Abschnitt «Symbolische Behandlung stationärer Wechselstromerscheinungen» in E. v. Rziha und J. Seidener, Starkstromtechnik, Taschenbuch für Elektrotechniker, Band I, 6. Auflage, S. 58, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, 1922.

[12]) Rudolf Rothe, Abschnitt «Komplexe Zahlen und Vektoren einer Ebene», in Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch, Band I, 25. Auflage, S. 140, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, 1925.

deutscher (Fraktur-) Buchstaben [13]) als Vektoren schreibt und auffasst.

Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, definiert Rothe ein neues (drittes) Produkt zwischen zwei Vektoren. Dieses erhält indessen keinen charakteristischen Namen, durch den es leicht von den beiden bisher bekannten Produkten unterschieden werden könnte.

Es seien die beiden Vektoren $\mathfrak{z}$ und $\mathfrak{z}'$ gegeben.

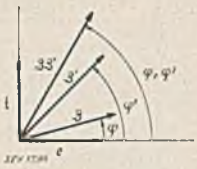


Fig. 9.

$$\mathfrak{z} = |\mathfrak{z}| (\cos\varphi\, \mathfrak{e} + \sin\varphi\, \mathfrak{i})$$

$$\mathfrak{z}' = |\mathfrak{z}'| (\cos\varphi'\, \mathfrak{e} + \sin\varphi'\, \mathfrak{i}).$$

Für das neue Produkt, dessen Ergebnis ein in der Ebene der beiden Vektoren $\mathfrak{z}$ und $\mathfrak{z}'$ gelegener Vektor ist, gilt die Definitionsgleichung:

$$\mathfrak{z} \cdot \mathfrak{z}' = |\mathfrak{z}| \cdot |\mathfrak{z}'| \{\cos(\varphi + \varphi')\, \mathfrak{e} + \sin(\varphi + \varphi')\, \mathfrak{i}\}.$$

Die durch diese Gleichungen beschriebenen Verhältnisse sind in Fig. 9 dargestellt. Dieses neue Vektorprodukt könnte — mindestens für die Bedürfnisse der Wechselstromtechnik — vermieden werden, wenn man darauf verzichtet, die Impedanz, Admittanz usw. gleicherweise wie die elektromotorische Kraft, die Stromstärke usw. als Vektoren aufzufassen und zu schreiben. Dieser Verzicht liegt sogar recht nahe, denn die Impedanz, die Admittanz usw. sind keine sinusförmig veränderlichen Wechselstromgrössen und sie weisen gegenüber diesen keine Phasenverschiebungen auf.

Kafka [14]) unterscheidet zwei Arten von Vektoren: Zeitvektoren (Stromstärke, Spannung) und Koordinatenvektoren (Impedanz, Admittanz). Dementsprechend hat sein Symbol j zwei verschiedene Bedeutungen: Es ist einerseits ein «Dreher», der einen mit ihm verbundenen Vektor im positiven Sinne (entgegengesetzt dem Uhrzeiger) um 90° verdreht, und anderseits ein Einheitsvektor in Richtung der positiven Blindachse, die der imaginären Achse der bisherigen symbolischen Rechnung entspricht. Ebenso erhalten die Koordinatenvektoren zwei Bedeutungen: Einerseits sind sie, wie ihr Name sagt, eigentliche Vektoren, anderseits wirken sie bei «multiplikativer Verknüpfung» mit Zeitvektoren als «Drehstrecker», indem sie den daneben geschriebenen Zeitvektor zugleich drehen und strecken (oder verkürzen). Bei der «multiplikativen Verknüpfung» zweier Koordinatenvektoren erscheint dann wie bei *Rothe* [12]) das früher erwähnte dritte Produkt zweier Vektoren. Statt der in der symbolischen Rechnung vielfach angewandten Schreibweise mit Potenzen von *e* verwendet Kafka «Rundpfeilsymbole», mit denen genau gleich gerechnet wird wie mit den imaginären *e*-Potenzen.

[13]) Diese Schreibweise findet man sehr häufig, man vergleiche zum Beispiel E. Arnold, Die Wechselstromtechnik, Band I, 2. Auflage, S. 64, Verlag Jul. Springer, 1910.

[14]) Heinrich Kafka, Die ebene Vektorrechnung und ihre Anwendungen in der Wechselstromtechnik, Teil I: Grundlagen, Nr. 22 der Sammlung mathematisch-physikalischer Lehrbücher, Verlag B. G. Teubner, 1926.

Es gilt also die Analogie:

$$e^{j\varphi} = \varphi.$$

Diese neue Schreibart gibt in anschaulicher Weise die Verdrehung wieder und soll drucktechnische Vorteile bieten. Sie hat indessen den unbestreitbaren Nachteil, *neu* zu sein, also die Vielheit der symbolischen Schreibweisen und Darstellungsarten um eine weitere, bisher unbekannte, zu vermehren.

Natalis [15]) hat nicht nur eine neue Schreibweise, sondern eine ganz neue Methode entwickelt. Er fasst die Impedanzen usw. mathematisch als Vektorverhältnisse auf, die graphisch durch zwei Vektoren (Spannung und Stromstärke) gegeben sind. Er bringt damit eine Darstellung in Vorschlag, die dem Wesen der Impedanz, Admittanz usw. sehr gut entspricht. Die Rechnungen werden ganz im Rahmen der üblichen Vektorrechnung durchgeführt. Es treten dabei weder begriffliche Schwierigkeiten noch Unstimmigkeiten auf. Die Gleichungen, in denen die Impedanzen usw. als Vektorquotienten erscheinen, nehmen ganz neuartige und ungewohnte Formen an. Ohne eingehendes Studium der neuen Methode kann man eine in Natalisscher Ausdrucksweise geschriebene Arbeit nicht lesen, auch wenn man die bisherige Form der symbolischen Rechnung beherrscht. Das ist ein grosser Nachteil, der eine weitgehende Verbreitung dieser neuen Methode wohl sehr erschweren wird. Der Unterschied der bisherigen symbolischen und der Natalisschen Schreibweise sei an einem Beispiel gezeigt. Gesucht sei die resultierende Impedanz, die durch zwei in Reihe geschaltete bekannte Impedanzen gebildet wird.

Bisherige symbolische Darstellung (Fig. 10):

$$\mathfrak{Z}_1 = R_1 + j\,\omega\, L_1$$
$$\mathfrak{Z}_2 = R_2 + j\,\omega\, L_2$$
$$\mathfrak{Z} = \mathfrak{Z}_1 + \mathfrak{Z}_2 = R_1 + j\,\omega\, L_1 + R_2 + j\,\omega\, L_2$$
$$\mathfrak{Z} = (R_1 + R_2) + j\,(\omega\, L_1 + \omega\, L_2).$$

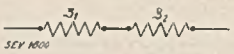


Fig. 10.

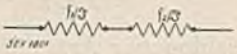


Fig. 11.

Natalissche Darstellung (Fig. 11):

$$\frac{\mathfrak{f}}{\mathfrak{J}} = \frac{\mathfrak{f}_1}{\mathfrak{J}} + \frac{\mathfrak{f}_2}{\mathfrak{J}} = \frac{\mathfrak{f}_1 + \mathfrak{f}_2}{\mathfrak{J}}$$

2.
Zusammenfassung bestehender Elemente zu einer ebenen Vektorrechnung unter Verwendung üblicher Schreibweisen.

Die nachfolgenden Darlegungen beschränken sich auf *ebene* Vektoren, obwohl sie sinngemäss auch auf räumliche Vektoren ausgedehnt werden

[15]) Friedrich Natalis, Die Berechnung von Gleich- und Wechselstromsystemen, 2. Auflage, S. 17, Verlag Jul. Springer, 1924.

könnten. Diese Vereinfachung ist dadurch gerechtfertigt, dass die gewonnenen Resultate später (im dritten Teil der vorliegenden Arbeit) auf Probleme der Wechselstromtechnik angewendet werden sollen und dort nur ebene Vektoren vorkommen. Im übrigen kommt die beabsichtigte spätere Anwendung auf die Wechselstromtechnik nur insofern zum Ausdruck, als Quotienten von Vektoren besonders eingehend behandelt werden.

Als Voreilung gilt gemäss der internationalen Festsetzung [1]) eine Drehung im Gegenuhrzeigersinn. Die Bezeichnungen halten sich an die Zeichen des AEF [16]), soweit die CEI keine solchen festgelegt hat.

Von der Summe, der Differenz, dem skalaren (innern) Produkt und dem vektoriellen (äussern) Produkt von Vektoren braucht hier nichts gesagt zu werden. Diese Elemente der Vektorrechnung sind in allen Handbüchern und Taschenbüchern zu finden, so dass sie als bekannt vorausgesetzt werden dürfen. Ueberdies herrscht dabei gemäss Satz 10 des AEF [16]) bereits Einheitlichkeit.

Die Behandlung der Quotienten von Vektoren ist dagegen selten, es soll daher hierauf näher eingegangen werden. Hiezu erweist sich eine Definition als notwendig, die indessen kaum in der Form neu ist und inhaltlich längst im Gebrauche steht.

21.
Der Quotient von zwei zueinander senkrecht stehenden, gleichlangen Vektoren.

Es seien zwei Vektoren $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{W}$ gegeben. Gemäss Satz 10 des AEF [16]) gilt dann für die Beträge (Längen) dieser Vektoren folgende Schreibweise:

$$|\mathfrak{B}| = B \qquad |\mathfrak{W}| = W.$$

Mit Zuhülfenahme der Einheitsvektoren $\mathfrak{B}^0$ (sprich B hoch Null) und $\mathfrak{W}^0$ kann dann geschrieben werden:

$$\mathfrak{B} = B\,\mathfrak{B}^0 \qquad \mathfrak{W} = W\,\mathfrak{W}^0.$$

Es soll nun folgende *Definition* getroffen werden:

Unter der Voraussetzung, dass erstens die Beträge B und W der beiden Vektoren $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{W}$ einander gleich sind,

$$B = W \tag{1}$$

und dass zweitens der Vektor $\mathfrak{B}$ gegenüber dem Vektor $\mathfrak{W}$ um 90 Grad positiv verdreht ist (also um 90 Grad entgegengesetzt dem Uhrenzeigersinn) (Fig. 12), wird der Quotient $\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{W}}$ zur Abkürzung identisch gleich j gesetzt:

$$\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{W}} \equiv j. \tag{2}$$

Gl. (2) ist die Definitionsgleichung für den von nun an fortwährend gebrauchten *Vektorquotienten j*. Was für ein Resultat kommt heraus, wenn man einen Vektor mit j multipliziert oder dividiert?

[16]) AEF. Verhandlungen des Ausschusses für Einheiten und Formelgrössen in den Jahren 1907 bis 1927, herausgegeben im Auftrage des AEF von J. Wallot, Verlag Jul. Springer, 1928.

Fig. 12.

Fig. 13.

Es soll zuerst die *Multiplikation*, also der Ausdruck $j\,\mathfrak{J}$ untersucht werden. Ersetzt man gemäss der Definitionsgleichung (2) j durch den Quotienten $\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{W}}$ so wird:

$$j\,\mathfrak{J} = \frac{\mathfrak{B}\,\mathfrak{J}}{\mathfrak{W}}. \tag{3}$$

Ueber die *absolute* Lage der beiden Vektoren $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{W}$ wurde anlässlich der Definition von j keine Voraussetzung gemacht. Die Lage eines der beiden Vektoren darf also frei gewählt werden. So kann angenommen werden, dass der Vektor $\mathfrak{W}$ mit dem Vektor $\mathfrak{J}$ in Phase liege. Fig. 13 veranschaulicht die Verhältnisse, die sich durch diese Annahme ergeben. Der Quotient $\frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{W}}$ kann leicht gebildet werden, da es sich dabei um den Quotienten von zwei in Phase liegenden Vektoren handelt. Er bedeutet ein Messen des Vektors $\mathfrak{J}$ mit dem Vektor $\mathfrak{W}$, was dasselbe gibt, wie wenn der Betrag I des Vektors $\mathfrak{J}$ durch den Betrag W des Vektors $\mathfrak{W}$ dividiert wird. Es gilt also die Gleichung:

$$\frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{W}} = \frac{I}{W}. \tag{4}$$

Setzt man diese Beziehung in Gl. (3) ein, so erhält diese veränderte Gestalt:

$$j\,\mathfrak{J} = \frac{I\,\mathfrak{B}}{W}. \tag{3a}$$

Stellt man den Vektor $\mathfrak{B}$ als Produkt aus dem Betrag B und dem Einheitsvektor $\mathfrak{B}^0$ dar und berücksichtigt man, dass nach der für die Definition von j gemachten Voraussetzung [gemäss Gl. (1)] der Betrag B gleich dem Betrag W ist, so wird schliesslich:

$$j\,\mathfrak{J} = \frac{I\,B\,\mathfrak{B}^0}{W} = I\,\mathfrak{B}^0. \tag{3b}$$

Die rechte Seite dieser Gl. (3b), das Produkt aus dem Betrage I und dem Einheitsvektor $\mathfrak{B}^0$, stellt einen neuen Vektor dar, der $\mathfrak{J}'$ genannt sei.

$$I\,\mathfrak{B}^0 = \mathfrak{J}'$$
$$j\,\mathfrak{J} = \mathfrak{J}'. \tag{4}$$

Seine *Länge* ist gleich der Länge I des Vektors $\mathfrak{J}$ und seine *Richtung* ist die Richtung des Einheitsvektors $\mathfrak{B}_0$, die mit der Richtung des Vektors $\mathfrak{B}$ übereinstimmt. Zufolge der gemachten Voraussetzung ist sie um 90° im Gegenuhrzeigersinn gegenüber der Richtung des Vektors $\mathfrak{W}$ und damit auch gegenüber der Richtung des Vektors $\mathfrak{J}$ verdreht. Das Produkt $j\,\mathfrak{J}$, gebildet aus dem Vektorquotienten j und einem beliebigen Vektor $\mathfrak{J}$, stellt somit einen neuen Vektor dar, der gleich lang ist wie der Vektor $\mathfrak{J}$, gegen ihn jedoch um einen

rechten Winkel im positiven Drehsinne verdreht ist. Der Vektorquotient j ist somit ein *rechtwinkliger Dreher* oder ein *rechtwinkliger Versor*[17]).

Es ist ohne weiteres verständlich, dass der Ausdruck

$$(-j)\,\mathfrak{J} = -j\,\mathfrak{J}$$

auch einen zum Vektor $\mathfrak{J}$ senkrecht stehenden Vektor darstellt. Er sei $\mathfrak{J}''$ genannt.

$$-j\,\mathfrak{J} = \mathfrak{J}''.$$

Fasst man den Ausdruck $j\,\mathfrak{J}$ zu einem Vektor $\mathfrak{J}'$ zusammen, $j\,\mathfrak{J} = \mathfrak{J}'$,

so wird $-j\,\mathfrak{J} = -\mathfrak{J}'$ und somit $\mathfrak{J}'' = -\mathfrak{J}'$. (5)

Der neue Vektor $\mathfrak{J}''$ ist gleich lang wie der Vektor $\mathfrak{J}'$, also ebenso lang wie der Vektor $\mathfrak{J}$. Er ist jedoch dem Vektor $\mathfrak{J}'$ entgegengesetzt gerichtet, was durch das negative Vorzeichen ausgedrückt ist. Fig. 14 veranschaulicht diese Beziehungen.

Das Produkt $(-j)\,\mathfrak{J}$, gebildet aus dem negativ genommenen Vektorquotienten j und einem beliebigen Vektor $\mathfrak{J}$, stellt somit einen neuen Vektor dar, der gleich lang ist wie der Vektor $\mathfrak{J}$, gegen ihn jedoch um einen rechten Winkel im negativen Drehsinne verdreht ist. Der negative Vektorquotient $-j$ ist somit ein *negativer rechtwinkliger Dreher* oder *Versor*.

Es soll nun noch die *Division*, also der Ausdruck $\frac{\mathfrak{J}}{j}$ untersucht werden. Benützt man zum Ersatz von j wieder die Definitionsgleichung (2), so erhält man

$$\frac{\mathfrak{J}}{j} = \frac{\mathfrak{W}\,\mathfrak{J}}{\mathfrak{B}}. \qquad (6)$$

[17]) Fasst man in räumlicher Vektorrechnung die Vektoren $\mathfrak{W}$ und $\mathfrak{B}$ als in der XZ-Ebene liegend auf, so lassen sie sich durch die in der X- und der Z-Achse liegenden Einheitsvektoren i und ĭ ausdrücken. Dabei sei angenommen, dass der Einheitsvektor ĭ dem Einheitsvektor i voreilt.

$$\mathfrak{W} = W_x\,\mathrm{i} + W_z\,\mathrm{ĭ} \qquad \mathfrak{B} = -W_z\,\mathrm{i} + W_x\,\mathrm{ĭ}$$

Multipliziert man den Vektor $\mathfrak{W}$ mit dem in der Richtung der y-Achse liegenden Einheitsvektor j vektoriell, so erhält man nach den Regeln der Vektorrechnung:

$$[\mathfrak{W}\,\mathrm{j}] = W_x\,[\mathrm{i}\,\mathrm{j}] + W_z\,[\mathrm{ĭ}\,\mathrm{j}] = W_x\,\mathrm{ĭ} + \mathfrak{W}_z\,(-\mathrm{i}) = \mathfrak{B}.$$

Entsprechend gilt dann:

$$\mathrm{j} = \left[\frac{1}{\mathfrak{W}}\,\mathfrak{B}\right]$$

Dabei ist aber zu bedenken, dass die Vektorrechnung im allgemeinen reziproke Vektoren nicht kennt. Die letzte Gleichung entspricht der Identitäts-Gleichung (2):

$$j = \frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{W}}.$$

Der Buchstabe j des lateinischen Alphabetes bedeutet einen rechtwinkligen Versor, der ohne räumliche Auslegung besteht. Dagegen stellt der Buchstabe j des deutschen (Fraktur-) Alphabetes einen im Raume als rechtwinkligen Versor wirkenden Einheitsvektor dar.

Allgemein erscheint der Quotient der rechtwinkligen Vektoren $\mathfrak{W}$ und $\mathfrak{B}$, sei er nun in der ebenen Vektorrechnung als Operator j oder als räumlicher Vektor j eingeführt, als Spezialfall einer Quaternion. Siehe hierüber:

J. Kopeliowitch, Théorie des Quaternions, Thèse No. 707 Université de Genève, 1922.

A. Byk, Komplexe und ebene Vektorrechnung in der Wechselstromtechnik, in W. Petersen, Forschung und Technik, Verlag von Jul. Springer, Berlin, 1930.

In diesem Falle nimmt man zweckmässig an, dass die Richtung des Vektors $\mathfrak{B}$ mit der Richtung des Vektors $\mathfrak{J}$ zusammenfalle. Indem man wieder berücksichtigt, dass die beiden Vektoren $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{W}$ gleich lang sind, dass also die Beträge B und W gleich gross sind, erhält man ähnlich wie vorher bei der Multiplikation:

$$\frac{\mathfrak{J}}{j} = \frac{I\,\mathfrak{W}}{B} \qquad (6a)$$

$$\frac{\mathfrak{J}}{j} = \frac{I\,W\,\mathfrak{W}^0}{B} = I\,\mathfrak{W}^0. \qquad (6b)$$

Die rechte Seite dieser Gl. (6b), das Produkt aus dem Betrage I und dem Einheitsvektor $\mathfrak{W}^0$ stellt einen neuen Vektor dar, der $\mathfrak{J}'''$ genannt sei.

$$I\,\mathfrak{W}^0 = \mathfrak{J}''' = \frac{\mathfrak{J}}{j}. \qquad (7)$$

Fig. 15 veranschaulicht diese Verhältnisse.

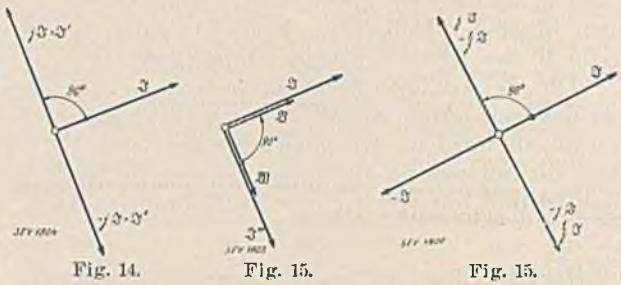


Fig. 14. Fig. 15. Fig. 15.

Die *Länge* des Vektors $\mathfrak{J}'''$ ist gleich der Länge I des Vektors $\mathfrak{J}$ und seine *Richtung* ist die Richtung des Einheitsvektors $\mathfrak{W}^0$, die mit der Richtung des Vektors $\mathfrak{W}$ übereinstimmt. Zufolge der anlässlich der Definition von j über die relative Lage der Vektoren $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{W}$ gemachten Voraussetzung ist somit die Richtung des neuen Vektors $\mathfrak{J}'''$ um 90° im Uhrzeigersinn gegen die Richtung des Vektors $\mathfrak{J}$ verdreht.

Der Quotient $\frac{\mathfrak{J}}{j}$, gebildet aus dem Vektorquotienten j und einem beliebigen Vektor $\mathfrak{J}$, stellt somit einen neuen Vektor dar, der gleich lang ist wie der Vektor $\mathfrak{J}$, gegen ihn jedoch um einen rechten Winkel im negativen Drehsinn verdreht ist. Der reziproke Vektorquotient $\frac{1}{j}$ ist somit ein *negativer rechtwinkliger Dreher* oder *Versor*. Ganz ähnlich wie vorher bei der Multiplikation lässt sich noch die Wirkung der Division eines Vektors durch $-j$ zeigen. Man erhält das Ergebnis:

Der Quotient $\frac{\mathfrak{J}}{-j}$, gebildet aus dem negativ genommenen Vektorquotienten $-j$ und einem beliebigen Vektor $\mathfrak{J}$, stellt einen neuen Vektor dar, der gleich lang ist wie der Vektor $\mathfrak{J}$, gegen ihn jedoch um einen rechten Winkel im positiven Drehsinne verdreht ist. Der reziproke Vektorquotient $\frac{1}{-j}$ ist somit ein *positiver rechtwinkliger Dreher* oder *Versor*. Die vier Resultate sind graphisch in der Fig. 16 zusammengestellt.

$\sum \hat{E}_i^{I} \hat{J}_i^{II} = \sum \hat{E}_i^{II} \hat{J}_i^{I}$

Es zeigt sich, dass einerseits die Symbole j und $\frac{1}{-j}$, anderseits $-j$ und $\frac{1}{j}$ auf einen als Faktor daneben gesetzten Vektor $\mathfrak{J}$ dieselbe Wirkung ausüben. Sie ersetzen einander und dürfen deshalb einander gleichgesetzt werden. Man erhält so die beiden Gleichungen:

$$j = \frac{1}{-j} \tag{8a}$$

$$-j = \frac{1}{j} \tag{8b}$$

Ferner zeigt sich, dass man durch Multiplikation des Vektors $(j\mathfrak{J})$ mit dem rechtwinkligen Versor j den Vektor $-\mathfrak{J}$ erhält. Das führt zu der Gleichung:

$$j\,(j\,\mathfrak{J}) = -\mathfrak{J}. \tag{8c}$$

Aehnlich gilt auch die Gleichung:

$$-j\,(-j\,\mathfrak{J}) = -\mathfrak{J}. \tag{8d}$$

Die vier Gleichungen (8a), (8b), (8c) und (8d) lassen sich alle leicht in die Gleichung (9) umformen, die aussagt, dass das Quadrat des rechtwinkligen Versors j gleich der negativen Einheit ist.

$$j^2 = -1. \tag{9}$$

Für die maginäre Einheit gilt bekanntlich die Definitionsgleichung 10:

$$i \equiv +\sqrt{-1} \tag{10}$$

Hieraus folgt: $i^2 = -1.$ (11)

Die Uebereinstimmung der Gleichungen (9) und (11) zeigt, wie nahe der rechtwinklige Versor j und die imaginäre Einheit i miteinander verwandt sind. Ein Unterschied besteht lediglich darin, dass die imaginäre Einheit i ohne geometrische Deutung zu Recht besteht, während der rechtwinklige Versor j ein Quotient gleichlanger, zueinander senkrecht stehender Vektoren ist.

Aus der formalen Uebereinstimmung der beiden Gleichungen (9) und (11) folgt die bedeutungsvolle Tatsache:

Für den rechtwinkligen Versor j gelten dieselben Rechnungsregeln wie für die imaginäre Einheit i.

22.

Der Operator, der Quotient von zwei beliebigen Vektoren.

Es seien gemäss Fig. 17 zwei Vektoren $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{J}$ gegeben, deren Richtungen sich um den Winkel φ unterscheiden.

Der Quotient dieser beiden Vektoren sei mit $\dot{Z}$ (sprich Z-Punkt) bezeichnet. Es gelte also die *Definitionsgleichung:*

$$\dot{Z} \equiv \frac{\mathfrak{U}}{\mathfrak{J}}. \tag{12}$$

Löst man Gl. (12) nach dem Vektor $\mathfrak{U}$ auf, so erhält man die Gleichung:

$$\mathfrak{U} = \dot{Z}\,\mathfrak{J}. \tag{13}$$

Der Vektorquotient $\dot{Z}$ ist ein *Operator*, der mit einem beliebigen Vektor $\mathfrak{J}$ multipliziert, einen andern beliebig liegenden Vektor beliebiger Länge ergibt. Da sowohl der Operator $\dot{Z}$ wie der rechtwinklige Versor j Vektorquotienten sind, bestehen zwischen ihnen offenbar Zusammenhänge. Diese sollen jetzt näher untersucht werden. Zu diesem Zwecke soll der Vektor $\mathfrak{U}$ senkrecht und parallel zum Vektor $\mathfrak{J}$ in die Komponenten $\mathfrak{U}_b$ und $\mathfrak{U}_w$ zerlegt werden. Fig. 18 zeigt diese Zerlegung. In

Fig. 17.

Fig. 18.

dieser Figur ist ausserdem der Vektor $j\,\mathfrak{J}$ eingetragen. Da der Vektor $\mathfrak{U}_w$ in Phase mit dem Vektor $\mathfrak{J}$ liegt, geht er aus ihm durch Multiplikation mit einem *Faktor* hervor, der Z_w genannt sei.

$$\mathfrak{U}_w = Z_w\,\mathfrak{J}. \tag{14a}$$

Da ebenso der Vektor $\mathfrak{U}_b$ in Phase mit dem Vektor $j\,\mathfrak{J}$ liegt, geht er aus ihm ebenfalls durch Multiplikation mit einem *Faktor* hervor, der Z_b genannt sei.

$$\mathfrak{U}_b = Z_b\,j\,\mathfrak{J}. \tag{14b}$$

Berücksichtigt man, dass der Vektor $\mathfrak{U}$ die Summe der beiden Komponenten $\mathfrak{U}_w$ und $\mathfrak{U}_b$ ist, so erhält man bei Berücksichtigung der Ansätze (14a) und (14b):

$$\mathfrak{U} = \mathfrak{U}_w + \mathfrak{U}_b = Z_w\mathfrak{J} + Z_b j\mathfrak{J} = (Z_w + jZ_b)\mathfrak{J}. \tag{15}$$

Vergleicht man diesen Ausdruck mit Gl. (13), so findet man leicht:

$$\dot{Z} = Z_w + j\,Z_b. \tag{16}$$

Da man einen Vektor $\mathfrak{U}$ immer senkrecht und parallel zu einem andern Vektor $\mathfrak{J}$ zerlegen kann, gilt allgemein der Satz:

Man kann einen *Operator* $\dot{Z}$ immer als Binom schreiben, dessen erster Teil ein reiner *Faktor* und dessen zweiter Teil ein mit dem *rechtwinkligen Versor* j multiplizierter *Faktor* ist.

Drückt man die Lägen U, U_w und U_b der Vektoren $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{U}_w$ und $\mathfrak{U}_b$ durch die Länge I des Vektors $\mathfrak{J}$ aus, so erhält man:

$$U_w = Z_w\,I \tag{17a}$$

$$U_b = Z_b\,I \tag{17b}$$

$$U = \sqrt{U_w^2 + U_b^2} = \sqrt{Z_w^2 + Z_b^2}\,I. \tag{18}$$

Man bezeichnet den Ausdruck $\sqrt{Z_w^2 + Z_b^2}$ als *Betrag* Z des *Operators* $\dot{Z}$ und schreibt:

$$|\dot{Z}| = Z$$

$$\boxed{Z = \sqrt{Z_w^2 + Z_b^2}} \tag{19}$$

Zwischen den Beträgen U und I gilt also die Gleichung:

$$U = Z\,I \tag{20}$$

Die analoge, zwischen den Vektoren $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{J}$ bestehende Gl. (13) sei zum Vergleich nochmals angeschrieben:

$$\mathfrak{U} = \dot{Z}\,\mathfrak{J}. \tag{13}$$

Die Grösse der beiden Faktoren Zw und Zb hängt von den Beträgen U und I der beiden Vektoren $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{J}$, sowie von dem von ihnen eingeschlossenen Winkel φ ab. Unter Berücksichtigung der Gleichungen 17a, 17b und 18 findet man anhand Fig. 18 sofort folgende Beziehungen:

$$\cos\varphi = \frac{Z_w I}{Z I}$$

$$\boxed{Z_w = Z \cos\varphi} \qquad (21a)$$

$$\sin\varphi = \frac{Z_b I}{Z I}$$

$$\boxed{Z_b = Z \sin\varphi} \qquad (21b)$$

Setzt man diese Ausdrücke in Gl. (15) ein, so erhält man:

$$\mathfrak{U} = Z\,(\cos\varphi + j\sin\varphi)\,\mathfrak{J}$$

$$\boxed{\dot{Z} = Z\,(\cos\varphi + j\sin\varphi)} \qquad (22)$$

Gemäss Gl. (20) hat der Vektor $Z\,\mathfrak{J}$ die Länge des Vektors $\mathfrak{U}$. Die Richtung ist aber offenbar die Richtung des Vektors $\mathfrak{J}$. Für die Drehung bei gleichbleibender Länge muss somit das Glied $(\cos\varphi + j\sin\varphi)$ die Ursache sein. In der Tat wird der Betrag dieses Gliedes:

$$|\cos\varphi + j\sin\varphi| = \sqrt{\cos^2\varphi + \sin^2\varphi} = 1.$$

Der Vektor $Z\,(\cos\varphi + j\sin\varphi)\,\mathfrak{J}$ ist also gleich lang wie der Vektor $Z\,\mathfrak{J}$, weist aber ihm gegenüber die Verdrehung um den Winkel φ auf.

Der Betrag Z ist somit ein reiner Faktor, das Glied $(\cos\varphi + j\sin\varphi)$ dagegen ein reiner Dreher oder Versor. Ganz allgemein lässt sich sagen:

Man kann einen *Operator* $\dot{Z}$ immer als Produkt aus einem reinen *Faktor* Z (dem Betrag des Operators) und einem reinen *Versor* $\cos\varphi + j\sin\varphi$ schreiben.

Multipliziert man einen Vektor mit einem Operator, so bewirkt der Betrag des Operators eine Veränderung des Betrages des Vektors und der Versor des Operators bewirkt eine Verdrehung des Vektors.

Für den gemäss Gl. (22) in der Produkt-Form des Operators $\dot{Z}$ enthaltenen Versor $\cos\varphi + j\sin\varphi$ lässt sich noch eine andere Schreibweise begründen, die zufolge ihrer Kürze oft mit Vorteil angewendet wird. Man denke sich den durch die Vektoren $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{J}$ eingeschlossenen Winkel φ in m Teile zerlegt, wobei die Zahl m unendlich gross werden soll [18]).

Aus Fig. 19 liest man ab:

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_0 + \Delta\mathfrak{U}_0,$$

Dabei kann wegen der Kleinheit des Winkels φ/m gesetzt werden:

$$\Delta\mathfrak{U}_0 = j\,\mathfrak{U}_0 \frac{\varphi}{m} \qquad \mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_0\left(1 + \frac{j\varphi}{m}\right).$$

Da der Vektor $\mathfrak{U}_0$ die Richtung des Vektors $\mathfrak{J}$ hat, gilt:

$$\mathfrak{U}_0 = Z\mathfrak{J} \qquad \mathfrak{U}_1 = Z\left(1 + \frac{j\varphi}{m}\right)\mathfrak{J}.$$

Ebenso wird: $\mathfrak{U}_2 = \mathfrak{U}_1\left(1 + \frac{j\varphi}{m}\right)$

$$\mathfrak{U}_2 = Z\left(1 + \frac{j\varphi}{m}\right)^2\mathfrak{J},$$

$$\mathfrak{U} = \lim\left(Z\left(+\frac{j\varphi}{m}\right)^m\right)\mathfrak{J})$$

$$\mathfrak{U} = Z\left(\lim\left(1 + \frac{j\varphi}{m}\right)^m\right)\mathfrak{J}.$$

Setzt man $n = \frac{j\varphi}{m}$, so erhält man:

$$\mathfrak{U} = Z\left(\lim_{n=\infty}\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n\right)^{j\varphi}\mathfrak{J}.$$

Da nun $\lim\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$ für unendlich grosses n den Grenzwert 2,718 ... annimmt, den die Mathematik mit e bezeichnet, kann man schreiben:

$$\mathfrak{U} = Z\,e^{j\varphi}\,\mathfrak{J}$$

Fig. 19.

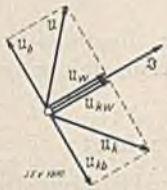


Fig. 20.

$$\boxed{\dot{Z} = Z\,e^{j\varphi}} \qquad (23)$$

Dass e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen ist, hat hier wenig zu bedeuten. Die Schreibweise mit Potenzen von e drückt nicht mehr aus als die bisherige Schreibweise des reinen Versors: $\cos\varphi + j\sin\varphi$.

$$\boxed{e^{j\varphi} = \cos\varphi + j\sin\varphi} \qquad (24)$$

Liegen gemäss Fig. 20 zu einem Vektor $\mathfrak{J}$ zwei gleich lange Vektoren $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{U}_k$ symmetrisch, so findet man durch Zerlegung in Komponenten leicht die beiden Operatoren $\dot{Z}$ und $\dot{Z}_k$, die den Vektor $\mathfrak{J}$ in die beiden symmetrischen Vektoren überführen. Für die beiden gesuchten Operatoren gilt der Ansatz:

$$\dot{Z} = \frac{\mathfrak{U}}{\mathfrak{J}} \qquad \dot{Z}_k = \frac{\mathfrak{U}_k}{\mathfrak{J}}. \qquad (25)$$

Drückt man den beiden Vektoren $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{U}_k$ durch die Summe von zwei Komponenten senkrecht und parallel zum Vektor $\mathfrak{J}$ aus, so wird:

$$\mathfrak{U} = \mathfrak{U}_w + \mathfrak{U}_b \qquad \mathfrak{U}_k = \mathfrak{U}_{kw} + \mathfrak{U}_{kb}$$

$$\mathfrak{U} = Z_w\mathfrak{J} + j\,Z_b\,\mathfrak{J} \qquad \mathfrak{U}_k = Z_w\mathfrak{J} - j\,Z_b\,\mathfrak{J}.$$

[18]) Diese Ableitung folgt der Darstellung von Adolf Thomälen, Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik, 10. Auflage, S. 139, Verlag Jul. Springer, 1929.

Durch Einsetzen findet man:

$$\boxed{\begin{aligned}\dot{Z} &= Z_w + j\,Z_b \qquad (26a)\\ \dot{Z}_k &= Z_w - j\,Z_b \qquad (26b)\end{aligned}}$$

Für die Beträge der beiden Operatoren gemäss Gl. (19) erhält man:

$$|\dot{Z}| = \sqrt{Z_w^2 + Z_b^2} = Z \quad |\dot{Z}_k| = \sqrt{Z_w^2 + Z_b^2} = Z$$

$$\boxed{|\dot{Z}| = |\dot{Z}_k| = Z} \qquad (27)$$

Man bezeichnet zwei Operatoren $\dot{Z}$ *und* $\dot{Z}_k$, die sich nur dadurch unterscheiden, dass ihr den rechtwinkligen Versor j enthaltender Teil mit umgekehrten Vorzeichen erscheint, als *konjugierte Operatoren.* Die Beträge von zwei konjugierten Operatoren sind einander gleich.

Multipliziert man konjugierte Operatoren mit demselben Vektor $\mathfrak{J}$, so bringen beide die gleiche Längenänderung, aber entgegengesetzt gleiche Verdrehungen hervor.

In der Schreibweise mit Potenzen von e erhält man deshalb für konjugierte Operatoren die Formen:

$$\boxed{\begin{aligned}\dot{Z} &= Z\,e^{j\varphi} \qquad (28a)\\ \dot{Z}_k &= Z\,e^{-j\varphi} \qquad (28b)\end{aligned}}$$

23.

Rechnungsregeln für Vektoren und Operatoren.

Für die ebene Vektorrechnung sollen dieselben Rechnungsregeln gelten, die für die allgemeine, räumliche Vektorrechnung bestehen. Sie werden als bekannt vorausgesetzt.

Sind Vektoren unter Benützung von Operatoren durch andere Vektoren ausgedrückt, so erfordert deren Verknüpfung Rechnungsregeln für Operatoren. Die einfachsten dieser Regeln sollen kurz dargelegt werden. Zufolge der früher konstatierten Uebereinstimmung zwischen dem rechtwinkligen Versor j und der imaginären Einheit i decken sie sich mit den Rechnungsregeln für komplexe Zahlen.

231.

Summe.

Gegeben seien in Binom-Form die beiden Operatoren:

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

die zusammen mit einem Vektor $\mathfrak{J}$ die beiden Vektoren $\mathfrak{U}_1$ und $\mathfrak{U}_2$ festlegen:

$$\mathfrak{U}_1 = \dot{Z}_1\,\mathfrak{J} \text{ und } \mathfrak{U}_2 = \dot{Z}_2\,\mathfrak{J}.$$

Gesucht sei der den Vektor $\mathfrak{J}$ in die Vektorsumme $\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_2$ überführende Operator, sowie dessen Betrag. Aus dem Gegebenen folgt:

$$\begin{aligned}\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_2 &= \dot{Z}_1\,\mathfrak{J} + \dot{Z}_2\,\mathfrak{J}\\ \mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_2 &= (\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2)\,\mathfrak{J}. \qquad (29)\end{aligned}$$

Der gesuchte Operator ist gleich der Summe der beiden gegebenen Operatoren. Diese soll nun unter Berücksichtigung des gemachten Ansatzes berechnet werden. Man erhält:

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

Durch Ordnen findet man für die Bildung der Summe von zwei Operatoren die Rechnungsregel:

$$\boxed{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 = Z_{1w} + Z_{2w} + j\,(Z_{1b} + Z_{2b})} \qquad (30)$$

Gemäss Gl. (19) erhält man hieraus für den Betrag der Summe von zwei Operatoren:

$$\boxed{|\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2| = \sqrt{(Z_{1w} + Z_{2w})^2 + (Z_{1b} + Z_{2b})^2}} \qquad (31)$$

Fig. 21 enthält die nach den Regeln der Vektorrechnung erfolgte Summenbildung.

Aus dieser Figur liest man ab:

$$\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_2 = \big(Z_{1w} + Z_{2w} + j\,(Z_{1b} + Z_{2b})\big)\,\mathfrak{J}.$$

Vergleicht man diesen Ausdruck mit Gl. (29), so findet man die in Gl. 30 ausgedrückte Rechnungsregel bestätigt.

Aus dem rechtwinkligen Dreieck, das den Vektor $\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_2$ als Hypothenuse enthält, findet man für den Betrag $|\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_2|$ der Vektorsumme:

$$|\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_2| = \sqrt{(Z_{1w} + Z_{2w})^2 + (Z_{1b} + Z_{2b})^2}\; I.$$

Nun muss das Verhältnis der Beträge $|\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_2|$ und I gleich den Betrag der gesuchten Operatorensumme sein.

$$|\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2| = \frac{|\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_2|}{I}.$$

Durch Vergleich der beiden letzten Ausdrücke findet man die in Gl. (31) ausgedrückte Rechnungsregel bestätigt.

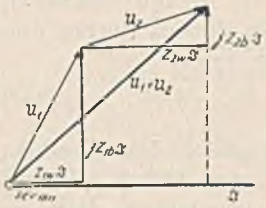


Fig. 21.

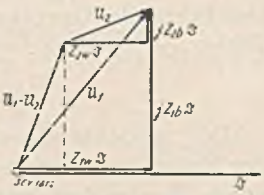


Fig. 22.

232.

Differenz.

Gegeben seien wie vorher wieder die beiden Operatoren $\dot{Z}_1$ und $\dot{Z}_2$. Gesucht sei der den Vektor $\mathfrak{J}$ in die Vektordifferenz $\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2$ überführende Operator, sowie dessen Betrag. Aus dem Gegebenen folgt:

$$\begin{aligned}\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2 &= \dot{Z}_1\,\mathfrak{J} - \dot{Z}_2\,\mathfrak{J}\\ \mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2 &= (\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2)\,\mathfrak{J}. \qquad (32)\end{aligned}$$

Der gesuchte Operator ist gleich der Differenz der beiden gegebenen Operatoren. Diese soll nun unter Berücksichtigung des schon vorher gemachten Ansatzes berechnet werden. Man erhält:

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

Durch Ordnen findet man für die Bildung der Differenz von zwei Operatoren die Rechnungsregel:

$$\boxed{\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2 = Z_{1w} - Z_{2w} + j (Z_{1b} - Z_{2b})} \qquad (33)$$

Gemäss Gl. (19) erhält man hieraus für den Betrag der Differenz von zwei Operatoren:

$$\boxed{|\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2| = \sqrt{(Z_{1w} - Z_{2w})^2 + (Z_{1b} - Z_{2b})^2}} \qquad (34)$$

Fig. 22 enthält die nach den Regeln der Vektorrechnung erfolgte Differenzbildung.

Aus dieser Figur liest man ab:

$$\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2 = \left(Z_{1w} - Z_{2w} + j (Z_{1b} - Z_{2b}) \right) \mathfrak{J}.$$

Vergleicht man diesen Ausdruck mit Gl. (32), so findet man die in Gl. (33) ausgedrückte Rechnungsregel bestätigt.

Aus dem rechtwinkligen Dreieck, das den Vektor $\mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_2$ als Hypothenuse enthält, findet man analog wie vorher die in Gl. (34) enthaltene Rechnungsregel für den Betrag der Operatorendifferenz bestätigt.

233.
Produkt.

Gegeben seien in Binom-Form die beiden Operatoren:

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

wobei der Operator Z_2 zusammen mit dem Vektor $\mathfrak{U}_2$ einen Vektor $\mathfrak{J}$ und den Operator $\dot{Z}_1$ zusammen mit dem Vektor $\mathfrak{J}$ den Vektor $\mathfrak{U}_1$ festlegt.

$$\mathfrak{J} = \dot{Z}_2 \mathfrak{U}_2 \qquad \mathfrak{U}_1 = \dot{Z} \mathfrak{J}.$$

Gesucht sei der den Vektor $\mathfrak{U}_2$ in den Vektor $\mathfrak{U}_1$ überführende Operator, sowie dessen Betrag und Versor. Aus dem Gegebenen folgt:

$$\mathfrak{U}_1 = \dot{Z}_1 \dot{Z}_2 \mathfrak{U}_2. \qquad (35^*)$$

Der gesuchte Operator ist gleich dem Produkt der beiden gegebenen Operatoren. Dieses soll nun unter Berücksichtigung des gemachten Ansatzes berechnet werden. Man erhält:

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

Berücksichtigt man, dass gemäss Gl. (9) für j zufolge der dadurch angedeuteten zweimaligen Verdrehung um einen rechten Winkel -1 gesetzt werden darf, so erhält man für das Produkt von zwei Operatoren die Rechnungsregel:

$$\boxed{\begin{aligned} \dot{Z}_1 \dot{Z}_2 &= Z_{1w} Z_{2w} - Z_{1b} Z_{2b} \\ &+ j (Z_{1w} Z_{2b} + Z_{1b} Z_{2w}). \end{aligned}} \qquad (35)$$

Hieraus kann gemäss Gl. (19) der Betrag berechnet werden.

$$|\dot{Z}_1 \dot{Z}_2| = \sqrt{(Z_{1w} Z_{2w} - Z_{1b} Z_{2b})^2 + (Z_{1w} Z_{2b} + Z_{1b} Z_{2w})^2}.$$

Multipliziert man diesen Ausdruck aus und ordnet man, wobei sich einige Glieder herausheben, so erhält man:

$$|\dot{Z}_1 \dot{Z}_2| = \sqrt{(Z_{1w}^2 + Z_{1b}^2)(Z_{2w}^2 + Z_{2b}^2)}.$$

Die rechte Seite dieser Gleichung stellt das Produkt der Beträge der beiden gegebenen Vektoren dar. Man erhält somit für den Betrag des Produktes von zwei Operatoren die Rechnungsregel:

$$\boxed{|\dot{Z}_1 \dot{Z}_2| = Z_1 Z_2} \qquad (36)$$

Für die Produktbildung ist die Verwendung der Produkt-Form der Operatoren, insbesondere die Schreibweise mit e-Potenzen vorteilhaft.

$$\dot{Z}_1 = Z_1 e^{j\varphi_1} \qquad \dot{Z}_2 = Z_2 e^{j\varphi_2}.$$

Die Beträge Z_1 und Z_2 sind nach Gl. (19) zu ermitteln. Man erhält:

$$Z_1 = \sqrt{Z_{1w}^2 + Z_{1b}^2} \qquad Z_2 = \sqrt{Z_{2w}^2 + Z_{2b}^2}$$

Aus der Binom-Form lassen sich gemäss den Gl. (21a) und (21b) auch die Funktionen cos und sin der von den Vektoren eingeschlossenen Winkel φ_1 und φ_2 berechnen. Es werden:

$$\cos\varphi_1 = \frac{Z_{1w}}{Z_1} \qquad \cos\varphi_2 = \frac{Z_{2w}}{Z_2}$$

$$\sin\varphi_1 = \frac{Z_{1b}}{Z_1} \qquad \sin\varphi_2 = \frac{Z_{2b}}{Z_2}$$

Hieraus kann man die Winkel φ_1 und φ_2 bestimmen. Es sind somit die für die Produkt-Form nötigen Bestimmungsstücke der beiden Operatoren bekannt. Durch Bildung des gesuchten Produktes erhält man:

$$\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 = Z_1 e^{j\varphi_1} Z_2 e^{j\varphi_2}.$$

Indem man die den rechtwinkligen Versor j enthaltenden Potenzen von e wie gewöhnlich e-Potenzen multipliziert, d. h. die Exponenten addiert, erhält man für das Produkt von zwei Operatoren die weitere Rechnungsregel:

$$\boxed{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 = Z_1 Z_2 e^{j(\varphi_1 + \varphi_2)}} \qquad (37)$$

Für den Betrag findet man daraus wieder die in Gl. (36) ausgedrückte Rechnungsregel. Für den Versor findet man:

$$\boxed{e^{j\varphi_1} e^{j\varphi_2} = e^{j(\varphi_1 + \varphi_2)}} \qquad (38)$$

Diese Gleichung kann ausführlicher geschrieben werden:

$$\boxed{\begin{aligned} &(\cos\varphi_1 + j \sin\varphi_1)(\cos\varphi_2 + j \sin\varphi_2) \\ &= \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + j \sin(\varphi_1 + \varphi_2). \end{aligned}} \qquad (39)$$

Aus Fig. 23 gehen die in den Gl. (36), (37), (38) und (39) ausgedrückten Rechnungsregeln un-

mittelbar hervor. Wenn die Länge U_1 des Vektors $\mathfrak{U}_1$ das Z_1-fache der Länge I des Vektors $\mathfrak{J}$ beträgt, und die Länge I selbst das Z_2-fache der Länge U_2 des Vektors $\mathfrak{U}_2$ beträgt, ist der Vektor $\mathfrak{U}_1$ offenbar $Z_1 Z_2$-mal so lang wie der Vektor $\mathfrak{U}_2$. Ebenso ersieht man, dass sich der Winkel zwischen den Vektoren $\mathfrak{U}_1$ und $\mathfrak{U}_2$ als Summe der Winkel φ_1 und φ_2 darstellt.

Ein äusserst wichtiger *Spezialfall* ist das Produkt konjugierter Operatoren:

$$\dot{Z} = Z_w + j Z_b \text{ und } Z_k = Z_w - j Z_2.$$

Man erhält dann: $\dot{Z}\,\dot{Z}_k = Z_w^2 - j^2 Z_b^2$.

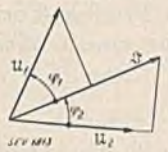


Fig. 23.

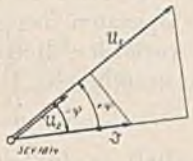


Fig. 24.

Berücksichtigt man, dass gemäss Gl. (9) wiederum j^2 gleich -1 gesetzt werden darf, so erkennt man in der rechten Seite der Gleichung das Quadrat des Betrages des gegebenen Operators $\dot{Z}$. Man erhält also für das Produkt von zwei zueinander konjugierten Operatoren die Rechnungsregel:

$$\boxed{\dot{Z}\,\dot{Z}_k = Z_2} \tag{40}$$

Das Produkt konjugierter Operatoren ist ein reiner Faktor, nämlich das Quadrat ihres Betrages.

Da die Beträge der beiden gegebenen konjugierten Operatoren gemäss Gl. (27) einander gleich sind, erhält man aus Gl. (36) für den Betrag des Produktes konjugierter Operatoren die Rechnungsregel:

$$\boxed{|\dot{Z}\,\dot{Z}_k| = Z_2} \tag{41}$$

Da das Produkt und der Betrag des Produktes einander gleich sind, muss der Versor zu einem reinen Faktor vom Betrage 1 degenerieren. Fig. 24 veranschaulicht die Zusammenhänge.

234.
Quotient.

Gegeben seien in Binom-Form die beiden Operatoren:

$$\dot{Z}_1 = Z_{1w} + jZ_{1b} \qquad \dot{Z}_2 = Z_{2w} + jZ_{2b},$$

die zusammen mit einem Vektor $\mathfrak{J}$ die beiden Vektoren $\mathfrak{U}_1$ und $\mathfrak{U}_2$ festlegen.

$$\mathfrak{U}_1 = \dot{Z}_1\,\mathfrak{J} \qquad \mathfrak{U}_2 = \dot{Z}_2\,\mathfrak{J}.$$

Gesucht sei der den Vektor $\mathfrak{U}_2$ in den Vektor $\mathfrak{U}_1$ überführende Operator, sowie dessen Betrag und Versor. Aus dem Gegebenen folgt:

$$\mathfrak{U}_1 = \frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2}\,\mathfrak{U}_2. \tag{42}$$

Der gesuchte Operator ist gleich dem Quotient der beiden gegebenen Operatoren. Ihre gegebenen Binom-Formen sollen zur Berechnung dieses Quotienten benützt werden. Man erhält:

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

Dieser Ausdruck lässt sich nicht ohne weiteres durch Ausmultiplizieren und Ordnen in einen Operator von Binom-Form umformen. Um dieses Ziel zu erreichen, benützt man den Kunstgriff, dass man den Ausdruck mit einem Operator erweitert, der zu dem im Nenner stehenden Operator konjugiert ist.

$$\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} = \frac{\dot{Z}_1\,\dot{Z}_{2k}}{\dot{Z}_2\,\dot{Z}_{2k}}.$$

Gemäss der in Gl. (40) ausgedrückten Rechnungsregel, wonach das Produkt konjugierter Operatoren gleich dem Quadrat ihres Betrages wird, erhält man:

$$\dot{Z}_2\,\dot{Z}_{2k} = Z_2^2.$$

Drückt man den Betrag gemäss Gl. (19) durch die beiden Glieder der Binom-Form aus und setzt man für die im Zähler stehenden Operatoren gleichfalls ihre Binom-Formen, so wird:

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

Multipliziert man diesen Ausdruck aus, ordnet man und setzt man j^2 gleich -1, so erhält man für den Quotienten von zwei Operatoren die Rechnungsregel:

$$\boxed{\begin{aligned}\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} &= \frac{Z_{1w}Z_{2w} + Z_{1b}Z_{2b}}{Z_{2w}^2 + Z_{2b}^2} \\ &\quad - j\,\frac{Z_{1w}Z_{2b} - Z_{1b}Z_{2w}}{Z_{2w}^2 + Z_{2b}^2}\end{aligned}} \tag{43}$$

Hieraus kann gemäss Gl. (19) der Betrag berechnet werden.

$$\left|\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2}\right| = \sqrt{\left(\frac{Z_{1w}Z_{2w} + Z_{1b}Z_{2b}}{Z_{2w}^2 + Z_{2b}^2}\right)^2 + \left(\frac{Z_{1w}Z_{2b} - Z_{1b}Z_{2w}}{Z_{2w}^2 + Z_{2b}^2}\right)^2}$$

Multipliziert man diesen Ausdruck aus und ordnet man, wobei sich einige Glieder herausheben, so erhält man:

$$\left|\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2}\right| = \sqrt{\frac{Z_{1w}^2 + Z_{1b}^2}{Z_{2w}^2 + Z_{2b}^2}}.$$

Die rechte Seite dieser Gleichung stellt den Quotienten der Beträge der beiden gegebenen Operatoren dar. Man erhält somit für den Betrag des Quotienten von zwei Operatoren die Rechnungsregel:

$$\boxed{\left|\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2}\right| = \frac{Z_1}{Z_2}} \tag{44}$$

Auch für die Bildung des Quotienten ist die Verwendung der Produkt-Form der Operatoren, insbesondere die Schreibweise mit e-Potenzen vorteilhaft:

$$\dot{Z}_1 = Z_1\, e^{j\varphi_1} \text{ und } Z_2 = Z_2\, e^{j\varphi_2}.$$

Durch Verwendung dieser Ansätze erhält man:

$$\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} = \frac{Z_1\, e^{j\varphi_1}}{Z_2\, e^{j\varphi_2}}.$$

Daraus findet man für den Quotienten von zwei Operatoren die weitere Rechnungsregel:

$$\boxed{\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} = \frac{Z_1}{Z_2}\, e^{j(\varphi_1-\varphi_2)}} \qquad (45)$$

Für den Betrag geht daraus wieder die in Gl. (44) ausgedrückte Rechnungsregel hervor. Für den Versor findet man daraus die Rechnungsregeln:

$$\boxed{\frac{e^{j\varphi_1}}{e^{j\varphi_2}} = e^{j(\varphi_1-\varphi_2)}} \qquad (46)$$

$$\boxed{\frac{\cos\varphi_1 + j\sin\varphi_1}{\cos\varphi_2 + j\sin\varphi_2} = \frac{\cos(\varphi_1-\varphi_2)}{+\, j\sin(\varphi_1-\varphi_2)}.} \qquad (47)$$

Es soll nun noch der *Spezialfall* untersucht werden, dass die beiden gegebenen Operatoren zueinander konjugiert sind. Die beiden Vektoren $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{U}_k$ liegen dann gemäss Fig. 20 symmetrisch zu einem Vektor $\mathfrak{J}$, wenn die Gleichungen gelten:

$$\mathfrak{U} = \dot{Z}\,\mathfrak{J} \qquad \dot{Z} = Z\, e^{j\varphi}$$
$$\mathfrak{U}_k = \dot{Z}_k\,\mathfrak{J} \qquad \dot{Z}_k = Z\, e^{-j\varphi}$$

Gesucht sei der Operator, der den Vektor $\mathfrak{U}$ in den Vektor $\mathfrak{U}_k$ überführt. Aus dem Gegebenen folgt:

$$\mathfrak{U}_k = \frac{\dot{Z}_k}{\dot{Z}}\,\mathfrak{U}$$

Der gesuchte Operator ist gleich dem Quotient der gegebenen Operatoren. Es wird:

$$\frac{\dot{Z}_k}{\dot{Z}} = \frac{Z\, e^{-j\varphi}}{Z\, e^{j\varphi}}$$

Man erhält so für den Quotient von zwei konjugierten Operatoren die Rechnungsregeln:

$$\boxed{\frac{\dot{Z}_k}{\dot{Z}} = e^{-j2\varphi}} \qquad \boxed{\frac{\dot{Z}_k}{\dot{Z}} = 1} \qquad (45)$$

Der Quotient konjugierter Operatoren ist ein reiner Versor.

24.
Variable Vektoren und Operatoren. Ortskurven [19]).

Es soll der Vektor $\mathfrak{B}$ durch Multiplikation mit dem Operator $\dot{v}$ aus dem Vektor $\mathfrak{A}$ hervorgehen. Ist der Operator $\dot{v}$ eine stetige Funktion eines Parameters p, so verändert sich offenbar der Vektor $\mathfrak{B}$ ebenfalls stetig und die Gesamtheit der Orte, an denen seine Spitze liegen kann, lässt sich durch eine Kurve, durch die sogenannte *Ortskurve* angeben,

Ganz allgemein lässt sich der variable Operator $\dot{v}$ in einen konstanten Anteil $\dot{m}$ und in einen variablen Anteil $\dot{r}_p$ zerlegen.

$$\dot{v} = \dot{m} + \dot{r}_p$$

Der variable Operator $\dot{r}_p$ lässt sich seinerseits als Produkt von zwei Operatoren auffassen,

$$\dot{r}_p = \dot{r}\,\dot{p}$$

wovon der erste Operator konstant sein soll. Der zweite Operator dagegen soll in Produkt-Form aus einem variablen Betrag und aus einem variablen Versor bestehen [20]).

$$\dot{p} = p\, e^{j\psi(p)}$$

Man erhält so für den Vektor $\mathfrak{B}$ den Ausdruck:

$$\mathfrak{B} = \dot{m}\,\mathfrak{A} + \dot{r}\,p\, e^{j\psi(p)}\,\mathfrak{A}$$

Die Ortskurve des Vektors $\mathfrak{B}$ wird beschrieben durch einen veränderlichen Vektor

$$\mathfrak{R}_p = \dot{r}\,p\, e^{j\psi(p)}\,\mathfrak{A}$$

dessen Fusspunkt durch die Spitze des konstanten Vektors

$$\mathfrak{M} = \dot{m}\,\mathfrak{A}$$

gebildet wird. Man kann somit den Vektor $\mathfrak{B}$ als Summe eines konstanten und variablen Vektors auffassen.

$$\mathfrak{B} = \mathfrak{M} + \mathfrak{R}_p$$

Fig. 25.

Die durch den variablen Vektor:

$$\mathfrak{R}_p = \dot{r}\,p\, e^{j\psi(p)}\,\mathfrak{A}$$

für sich allein dargestellte Ortskurve lässt sich offenbar durch Verschiebung um den Vektor $\mathfrak{M}$ mit der durch den Vektor $\mathfrak{B}$ beschriebenen Kurve zur Deckung bringen. Je nach der Art der Veränderlichkeit des Operators

$$\dot{r}_p = \dot{r}\,p\, e^{j\psi(p)}$$

ergeben sich verschiedene Ortskurven. Einige Fälle, die zu einfachsten geometrischen Kurven führen, sollen nachfolgend kurz erwähnt werden.

241.
Gerade.

Verändert sich nur der Betrag des Operators $\dot{r}p = \dot{r}p$, so dass sein Versor konstant bleibt, indem der Operator $\dot{p}$, zu einem reinem Faktor p degeneriert, so hat der Vektor eine konstante Richtung.

$$\mathfrak{R}_p = \dot{r}_p\,\mathfrak{A}$$

Für verschiedene Werte des Parameters p hat er aber verschiedene Längen, so dass seine Spitze

[19]) Die Bezeichnung «Ortskurven» wurde aufgebracht durch das in dieser Materie grundlegende Werk: Otto Bloch, Die Ortskurven der graphischen Wechselstromtechnik, Verlag Rascher & Co., Zürich, 1917.

[20]) Der Parameter p kann dabei selbst eine Funktion eines weitern Parameters sein.

und damit auch die Spitze des Vektors $\mathfrak{B}$ gemäss Fig. 26 auf einer Geraden läuft.

Der veränderliche Vektor $\mathfrak{B}$, dessen Spitze bei stetiger Veränderung des Parameters p eine Gerade beschreibt, genügt der Gleichung:

$$\boxed{\mathfrak{B} = (\dot{m} + \dot{r}\, p)\, \mathfrak{A}} \qquad (50)$$

Der Geraden-Operator $\dot{g}$, der einen konstanten Vektor in einen veränderlichen Vektor überführt,

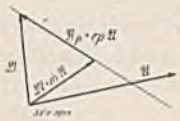


Fig. 26.

Fig. 27.

dessen Spitze bei stetiger Veränderung des Parameters eine Gerade beschreibt, genügt der Gleichung:

$$\boxed{\dot{g} = \dot{m} + \dot{r}\, p} \qquad (51)$$

242.

Kreis.

Verändert sich im Gegensatz zu vorher der Betrag des Operators $\dot{r}_p$ nicht, ist aber sein Versor vom Werte des Parameters p abhängig, so gilt die Gleichung:

$$\dot{r}_p = \dot{r}\, e^{j\psi(p)}$$

Für veränderliche Werte des Parameters p rotiert dann der Vektor

$$\mathfrak{R}_p = \dot{r}\, e^{j\psi(p)}\, \mathfrak{A}$$

ohne seine Länge zu ändern: Er beschreibt einen Kreis. Da die Spitze des Vektors $\mathfrak{R}p$ gemäss Fig. 27 die Spitze des Vektors $\mathfrak{B}$ führt, beschreibt auch diese einen Kreis.

Der veränderliche Vektor $\mathfrak{B}$, dessen Spitze bei stetiger Veränderung des Parameters p einen Kreis beschreibt, genügt der Gleichung:

$$\boxed{\mathfrak{B} = (\dot{m} + \dot{r}\, e^{j\psi(p)})\, \mathfrak{A}} \qquad (52)$$

Der Kreis-Operator $\dot{k}$, der einen konstanten Vektor in einen veränderlichen Vektor überführt, dessen Spitze bei stetiger Veränderung des Parameters einen Kreis beschreibt, genügt der Gleichung:

$$\boxed{\dot{k} = \dot{m} + \dot{r}\, e^{j\psi(p)}} \qquad (53)$$

Dieser die Produkt-Form eines Operators enthaltende Ausdruck des Kreisoperators $\dot{k}$ kann so umgeformt werden, dass er ausschliesslich Operatoren in Binom-Form enthält. Man macht hiezu Gebrauch von Gl. (48), nach der ein reiner Versor gleich dem Quotient konjugierter Operatoren ist. Man setzt:

$$e^{j\psi(p)} = \frac{\dot{Z}_k}{\dot{Z}}$$

Dann wird der in Gl. (53) in Produkt-Form auftretende Operator:

$$\dot{r}\, e^{j\psi(p)} = \frac{\dot{r}\, \dot{Z}_k}{\dot{Z}}$$

Dabei gelten für die beiden konjugierten Operatoren $\dot{Z}$ und $\dot{Z}_1$ die Bestimmungsgleichungen:

$$\dot{Z} = Z_w + j\, Z_b \qquad Z_w = Z \cos\left(-\frac{1}{2}\psi(p)\right)$$

$$\dot{Z}_k = Z_w - j\, Z_b \qquad Z_b = Z \sin\left(-\frac{1}{2}\psi(p)\right)$$

Für den Versor $e^{j\psi(p)}$ ist der Betrag Z der Operatoren $\dot{Z}$ und $\dot{Z}_k$ ohne Einfluss. Er kann beliebig gewählt werden. Wesentlich ist das Verhältnis der beiden Komponenten Z_b und Z_w, denn dieses legt den Winkel $\psi(p)$ fest.

$$\frac{Z_b}{Z_w} = \operatorname{tg}\left(-\frac{1}{2}\psi(p)\right) \qquad (54)$$

Der in Gl. (54) ausgesprochenen Bedingung, wonach das Verhältnis der beiden Komponenten Z_b und Z_w die Funktion tangens des Winkels $-\frac{1}{2}\psi(p)$ bestimmt, genügen die Ansätze:

$$Z_w = c_w + p'\, d_w \qquad Z_b = c_b + p'\, d_b$$

Damit erhält man für Gl. (54):

$$\frac{c_w + p'\, d_w}{c_b + p'\, d_b} = \operatorname{tg}\left(-\frac{1}{2}\psi(p)\right)$$

Durch teilweise Ausführung der Division auf der linken Seite dieser Gleichung erhält man:

$$\frac{d_w}{d_b} + \frac{c_w - c_b \dfrac{d_w}{d_b}}{c_b + p'\, d_b} = \operatorname{tg}\left(-\frac{1}{2}\psi(p)\right) \qquad (55)$$

Es kann nach Gl. (55) zu jedem Wert des Winkels $\psi(p)$ ein Wert des neuen Parameters p' gefunden werden. Die Grössen c_w, c_b, d_w und d_b sind dabei frei wählbar. Es muss lediglich darauf geachtet werden, dass der Ausdruck:

$$c_w - c_b \frac{d_w}{d_b}$$

von Null verschieden bleibt. Es darf somit gesetzt werden:

$$e^{j\psi(p)} = \frac{Z_w - j\, Z_b}{Z_w + j\, Z_b}$$

$$e^{j\psi(p)} = \frac{c_w + p'\, d_w - j\, c_b - j\, p'\, d_b}{c_w + p'\, d_w + j\, c_b + j\, p'\, d_b}$$

Setzt man zur Abkürzung:

$$c_w + j\, c_b = \dot{c} \qquad c_w - j\, c_b = \dot{c}_k$$

$$d_w + j\, d_b = \dot{d} \qquad d_w - j\, d_b = \dot{d}_k$$

so erhält man schliesslich:

$$e^{j\psi(p)} = \frac{\dot{c}_k + p'\dot{d}_k}{\dot{c} + p'\dot{d}}$$

Damit wird: $$\dot{r}\, e^{j\psi(p)} = \dot{r}\,\frac{\dot{c}_k + p'\dot{d}_k}{\dot{c} + p'\dot{d}} \qquad (56)$$

Bezeichnet man fortan den neuen Parameter p', der nach Gl. (55) aus dem alten Parameter hervorgeht, der Einfachheit halber mit p, so muss man festhalten, dass er im allgemeinen trotzdem einen vom alten Parameter der Gl. (52) und (53) abweichenden Wert hat. Man erhält so für den Kreisoperator [21]:

$$\dot{k} = \dot{m} + \dot{r}\,\frac{\dot{c}_k + p\,\dot{d}_k}{\dot{c} + p\,\dot{d}}$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{m}\,\dot{c} + p\,\dot{m}\,\dot{d} + \dot{r}\,\dot{c}_k + p\,\dot{r}\,\dot{d}_k}{\dot{c} + p\,\dot{d}}$$

Setzt man zur Abkürzung:

$$\dot{m}\,\dot{c} + \dot{r}\,\dot{c}_k = \dot{a} \qquad (57a)$$

$$\dot{m}\,\dot{d} + \dot{r}\,\dot{d}_k = \dot{b} \qquad (57b)$$

so erhält der Kreisoperator die sehr gebräuchliche Form:

$$\boxed{\dot{k} = \frac{\dot{a} + p\,\dot{b}}{\dot{c} + p\,\dot{d}}} \qquad (58)$$

Aus den Gl. (57a) und 57b) errechnet sich für den Mittelpunkts-Operator die Gleichung:

$$\boxed{\dot{m} = \frac{\dot{a}\,\dot{d}_k - \dot{b}\,\dot{c}_k}{\dot{c}\,\dot{d}_k - \dot{c}_k\,\dot{d}}} \qquad (59)$$

Analog erhält man für den konstanten Teil des Radius-Operator:

$$\boxed{\dot{r} = \frac{\dot{b}\,\dot{c} - \dot{a}\,\dot{d}}{\dot{c}\,\dot{d}_k - \dot{c}_k\,\dot{d}}} \qquad (60)$$

243.
Ellipse.

Verändert sich schliesslich im Gegensatz zu den beiden vorherigen Fällen sowohl der Betrag wie der Versor des veränderlichen Operators

$$\dot{r}_p = \dot{r}\,p\,e^{j\psi(p)}$$

so entsteht eine allgemeine Kurve. Macht man die besondere Festsetzung, dass sich der veränderliche Operator $\dot{r}p$ aus zwei verschiedenen Operatoren zusammensetzt, deren Beträge konstant und deren Versoren entgegengesetzt gleich sind, wie das in Gl. (61) ausgedrückt ist, so beschreibt die Spitze des veränderlichen Vektors

$$\mathfrak{V} = (\dot{m} + \dot{r}_p)\,\mathfrak{A}$$

eine Ellipse. Das soll nachstehend kurz dargetan werden.

$$\dot{r}_p = \dot{r}\,e^{j\psi(p)} + \dot{q}\,e^{-j\psi(p)} \qquad (61)$$

Der Winkel, den gemäss Fig. 28 die beiden Vektoren $\dot{r}\,\mathfrak{A}$ und $\dot{q}\,\mathfrak{A}$ miteinander einschliessen sei $2\,\delta$ genannt.

Da der Betrag des Operators $\dot{r}$ das $\frac{r}{q}$-fache des Betrages des Operators $\dot{q}$ beträgt, kann man schreiben:

$$\dot{r} = \frac{r}{q}\,\dot{q}\,e^{j2\delta}$$

Man kann nun den Operator $\dot{r}$ noch in zwei Summanden zerlegen, wovon der erste denselben Betrag hat wie der Operator $\dot{q}$.

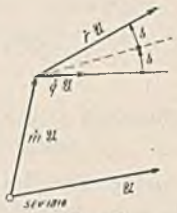


Fig. 28.

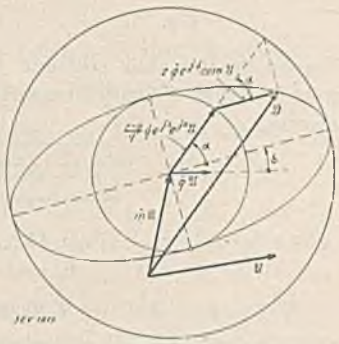


Fig. 29.

$$\dot{r} = \dot{q}\,e^{j2\delta} + \left(\frac{r}{q}\,\dot{q}\,e^{j2\delta} - \dot{q}e^{j2\delta}\right)$$

$$\dot{r} = \dot{q}\,e^{j2\delta} + \frac{r-q}{q}\,\dot{q}\,e^{j2\delta}$$

Damit erhält man für den Operator $\dot{r}_p$ den Ausdruck:

$$\dot{r}_p = \left(\dot{q}\,e^{j2\delta} + \frac{r-q}{q}\,\dot{q}\,e^{j2\delta}\right)e^{j\psi(p)} + \dot{q}\,e^{-j\psi(p)}$$

Klammert man auf der rechten Seite dieser Gleichung den Ausdruck $\dot{q}\,e^{j\delta}$ aus und fasst man die e-Potenzen zusammen, so wird:

$$\dot{r}_p = \dot{q}\,e^{j\delta}\left(e^{j(\psi(p)+\delta)} + \frac{r-q}{q}\,e^{j(\psi(p)+\delta)} + e^{-j(\psi(p)+\delta)}\right)$$

Setzt man zur Abkürzung:

$$\psi(p) + \delta = a, \qquad (62)$$

so wird:

$$\dot{r}_p = \dot{q}\,e^{j\delta}\left(e^{ja} + \frac{r-q}{q}\,e^{ja} + e^{-ja}\right)$$

Dafür kann man schreiben:

$$\dot{r}_p = \dot{q}\,e^{j\delta}\left(\cos a + j\sin a + \frac{r-q}{q}\,e^{ja} + \cos a - j\sin a\right)$$

Hieraus erhält man:

$$\dot{r}_p = \dot{q}\,e^{j\delta}\left(\frac{r-q}{q}\,e^{ja} + 2\cos a\right) \qquad (63)$$

[21]) Diese Art der Darstellung eines Kreisoperators veröffentlichte der Autor in einem Aufsatz «Eine neue symbolische Kreisgleichung der Wechselstromtechnik» in der Schweizerischen Technischen Zeitschrift, 1928, S. 545.

Verwendet man für den Operator $\dot{r}_p$ den in Gl. (63) gegegebenen Ausdruck, so bekommt man für den veränderlichen Vektor $\mathfrak{B}$ die Gleichung:

$$\mathfrak{B} = \left(\dot{m} + \frac{r-q}{q}\,\dot{q}\,e^{j\delta}\,e^{ja} + 2\,\dot{q}\,e^{j\delta}\cos a\right)\mathfrak{A} \qquad (64)$$

Dieser Ausdruck ist in Fig. 29 graphisch interpretiert. Diese Figur stellt die bekannte[22]) Konstruktion einer Ellipse aus den beiden Halbachsen dar. Vom Endpunkt des Vektors $\dot{m}\mathfrak{A}$ aus gerechnet, werden die beiden grossen Halbachsen dargestellt durch die Vektoren:

$$\pm\left(\frac{r-q}{q}\,\dot{q}\,e^{j\delta} + 2\,\dot{q}\,e^{j\delta}\right)\mathfrak{A}$$

Zieht man die beiden Glieder zusammen, so findet man:

$$\pm\frac{r+q}{q}\,\dot{q}\,e^{j\delta}\,\mathfrak{A}$$

Hieraus errechnet sich leicht der Betrag a der grossen Halbachse:

$$\boxed{a = (r+q)\,A} \qquad (65)$$

Ebenfalls vom Endpunkt des Vektors $\dot{m}\mathfrak{A}$ aus gerechnet, werden die beiden kleinen Halbachsen dargestellt durch die Vektoren:

$$\pm j\,\frac{r-q}{q}\,\dot{q}\,e^{j\delta}\,\mathfrak{A}.$$

Hieraus errechnet sich leicht der Betrag b der kleinen Halbachse:

$$\boxed{b = (r-q)\,A} \qquad (66)$$

[22]) Diese Konstruktion erwähnt die Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch, Band I, 25. Auflage, S. 100, Fig. 20, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, 1925.

Der in Gl. (64) für den veränderlichen Vektor $\mathfrak{B}$ enthaltenen Konstruktionsvorschrift liegt der veränderliche Operator $\dot{r}p$ gemäss Gl. (63) zugrunde. In diese Form konnte der ursprünglich gemäss Gl. (61) angesetzte Operator $\dot{r}p$ umgemodelt werden. Verwendet man den alten Ansatz für die Aufstellung der Gleichung des veränderlichen Vektors $\mathfrak{B}$, so beschreibt dieser offenbar immer noch dieselbe Ellipse.

Der veränderliche Vektor $\mathfrak{B}$, dessen Spitze bei stetiger Veränderung des Parameters p eine Ellipse beschreibt, genügt der Gleichung:

$$\boxed{\mathfrak{B} = (\dot{m} + \dot{r}\,e^{j\psi(p)} + \dot{q}\,e^{-j\psi(p)})\,\mathfrak{A}} \qquad (67)$$

Der Ellipsen-Operator $\dot{e}$, der einen konstanten Vektor in einen veränderlichen Vektor überführt, dessen Spitze bei stetiger Veränderung des Parameters p eine Ellipse beschreibt, genügt der Gleichung:

$$\boxed{\dot{e} = \dot{m} + \dot{r}\,e^{j\psi(p)} + \dot{q}\,e^{-j\psi(p)}} \qquad (68)$$

In den meisten praktischen Fällen ist das Glied $\dot{m}$ nicht vorhanden. Der Mittelpunkt solcher Ellipsen liegt dann im Fusspunkt des veränderlichen Vektors $\mathfrak{B}$.

Wird der Betrag des Operators $\dot{r}$ gleich dem Betrag des Operators $\dot{q}$, so verschwindet in Gl. (64) das zweite Glied: Die Ellipse degeneriert zu einer (begrenzten) Geraden.

Wird der Betrag des Operators $\dot{q}$ zu Null, so verschwindet in Gl. (67) das dritte Glied: Die Ellipse degeneriert zu einem Kreis.

(Fortsetzung folgt)

Bericht über die Diskussionsversammlung für Fragen über Förderung der Elekritzitätsverwertung

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

(Fortsetzung von Seite 74)

Die Lichtreklame, ihre häufigsten Ausführungsformen und ihre Bedeutung für die Elektrizitätswerke.

Referat von *J. Guanter*, dipl. Ing., Osram A.-G., Zürich.

628.974

Zusammenfassung.

Im Geschäftsleben spielt die Lichtreklame in ihren vielfachen Varianten heute eine derartige Rolle, dass darauf nicht mehr verzichtet werden kann. Technisch massgebend für die erfolgreiche Wirkung einer Lichtreklame ist hauptsächlich die Einhaltung folgender allgemeiner Gesichtspunkte:

1. Gute Erkennbarkeit. Die Schriftzüge sollen klar und deutlich in Erscheinung treten. Die Lesbarkeit bei Leuchtbuchstaben ist abhängig vom Verhältnis ihrer Leuchtdichte zur Helligkeit des Hintergrundes, von der Form und von den Abmessungen. Anhand von Versuchen an Leuchtbuchstaben verschiedener Ausführungsart ist ermittelt worden, dass die Buchstabenhöhe mindestens $^1/_{350}$ der grössten Entfernung zu betragen hat, aus der die Schrift gut lesbar sein soll.

2. Ausreichende Leuchtdichte. Bei der Festlegung der Leuchtdichte sind die Entfernung, auf die eine Lichtreklame zu wirken hat, der Hintergrund und die Umgebung zu be-

rücksichtigen. Nach Messungen an zahlreichen Lichtreklameanlagen von guter Wirkung sollten ungefähr folgende Leuchtdichten eingehalten werden:

Leuchtbuchstaben mit Opalglas-Abdeckung	1000—4000 Lux auf weiss [1])
Transparente	
heller Grund m. dunkler Schrift	75— 400 Lux auf weiss
dunkler Grund m. weisser Schrift	1000—3000 Lux auf weiss
Firmenschilder: angeleuchtet . .	60— 300 Lux auf weiss

Der untere Wert gilt jeweils für eine schwach beleuchtete Umgebung, der obere für eine Umgebung von sehr grosser Leuchtdichte.

3. *Geschlossener Lichteindruck.* Leuchtende Flächen oder Konturen sollen für das Auge möglichst gleichmässig erscheinen. Bei Anlagen mit sichtbaren Glühlampen ist durch entsprechende Wahl und Anordnung der Glühlampen dafür Sorge zu tragen, dass die einzelnen Lichtpunkte keinen zu grossen Leuchtdichteunterschied gegenüber den Zwischenräumen aufweisen. Angeleuchtete oder durchleuchtete Flächen sollen in der Leuchtdichteverteilung keine zu grossen Ungleichmässigkeiten aufweisen; hauptsächlich sind Licht- und Schattenflecken zu vermeiden.

4. *Wirksamer Tageseindruck.* Jede Lichtreklame soll auch am Tage den werbetechnischen und ästhetischen Ansprüchen genügen. Durch Schaffung genügend grosser Kontraste gegenüber dem Hintergrunde und durch einfache konstruktive Befestigungseinrichtungen für die Anlagen kann diesen zwei Forderungen entsprochen werden.

5. *Einfache Instandhaltung.* Die regelmässige Reinigung, die Erneuerung des Anstriches, das Auswechseln der Glühlampen und die Kontrollmöglichkeit sollen in bequemer Weise ermöglicht werden. Bei Lichtreklameanlagen, in welchen die Glühlampen eingeschlossen sind, ist für eine sachgemässe Lüftung Sorge zu tragen. Auch sind die elektrotechnischen und die örtlich verschiedenen baupolizeilichen Vorschriften zu befolgen.

Unter den meist vorkommenden Ausführungsformen von Lichtreklamen unterscheidet man zwei Hauptkategorien, nämlich Anlagen mit Glühlampen und Anlagen mit Leuchtröhren.

A. Glühlampen-Lichtreklame.

1. *Glühlampen-Leuchtbuchstaben.* Bei der einfachsten Art sind die Glühlampen unmittelbar auf die Buchstabenunterlage aufgesetzt. Nachteile: Im allgemeinen Blendung, Ueberstrahlung der einzelnen Buchstaben und Aufhellung des Hintergrundes, so dass die Gefahr der Unleserlichkeit auf geringe Entfernung auftritt; Tageswirkung vielfach ungenügend.

Bei einer besseren Ausführung sind die möglichst mattierten Glühlampen in einem innen weissen Kanal untergebracht. Die Konturen werden klarer, Ueberstrahlung der einzelnen Buchstaben tritt nicht auf. Die Tageswirkung ist aber ebenfalls ungenügend. Solche Reklamen eignen sich nicht als Firmenschilder über Schaufenstern, dagegen für Schilder in grosser Entfernung oder Höhe.

Gute Tages- und Abendwirkung haben Buchstaben, bei denen die Lichtquellen dem Auge vollkommen entzogen sind. Das Abdecken des Lichtkanals durch eine lichtundurchlässige Blechblende (wobei das Licht nur durch einen schmalen Spalt zwischen Blende und Rand des Lichtkanals austritt) hat den Nachteil einer nur sehr geringen leuchtenden Fläche.

Sehr zweckmässig ist die Ausführungsform, bei welcher der Leuchtkanal mittels Opalüberfangglas oder Cellon abgedeckt wird. Wichtig ist dabei gleichmässige Ausleuchtung der Abdeckung.

Bei einer weiteren Art bestehen auch die Seitenwände aus Opalglas. Eine gute Wirkung wird erzielt, wenn die Seitenwände aus dunkelfarbigem Glas bestehen, weil dadurch eine Aufhellung des Hintergrundes vermieden wird.

Eine letzte Art sind die Silhouettenbuchstaben, bei denen sich die Buchstaben als dunkle Silhouetten vom hell erleuchteten Hintergrund abheben.

[1]) 1 Lux auf weiss ist dann vorhanden, wenn eine diffus reflektierende Fläche von der Reflexion 1 (100 %) mit 1 Lux oder eine Fläche von der Reflexion 0,5 (50 %) mit 2 Lux beleuchtet wird.

Auch die Leuchtbuchstaben, bei denen vor einer Glasplatte Blechschablonen mit ausgesparten Schriftzeichen eingeschoben werden, besitzen gute Tages- und Nachtwirkung und finden dort Verwendung, wo der Text leicht auswechselbar sein muss (Warenhäuser, Theater, Kinos).

2. *Wolfram-Leuchtröhren* sind luftleere, mattierte Glasröhren von 17 bis 22 mm Durchmesser in Form von Buchstaben, mit Leuchtdraht, ähnlich den Soffitenlampen, gebaut für normale Netzspannungen.

3. *Transparente.* Die Schrift wird auf lichtdurchlässigem, gut streuendem Material, meist Opalglas, aufgemalt. Die gute Wirkung hängt davon ab, ob die Oberfläche vollkommen gleichmässig leuchtet. Bei einem nach einer Seite leuchtenden, aus Opalglas bestehenden Transparent, das nur durch eine einzige Lampe beleuchtet werden soll, ist der erforderliche Lampenabstand gleich ⅓ der grössten Ausdehnung der Leuchtfläche zu bemessen, wobei der Kasten innen mattweiss sein muss. Die dabei auftretende Ungleichmässigkeit beträgt ca. 1 : 2 und wird vom Auge nicht wahrgenommen.

Berechnungsbeispiel: Ein Transparent von quadratischer Fläche und 1 m Kantenlänge erhalte eine Leuchtdichte von 300 Lux auf weiss, und zwar wird für die Streuscheiben Opalüberfangglas gewählt. Der Ausnutzungsfaktor ist 20 %. Weil dieser Faktor die Verluste im Glas und den Reflexionsverlust im Kasteninnern berücksichtigt, muss die Beleuchtungsstärke auf der Aussenfläche 300 Lux betragen und ist also zahlenmässig gleich wie die Leuchtdichte. Der von den Glühlampen zu erzeugende Lichtstrom muss demnach sein:

$$\text{Lichtstrom d. Glühlampen} = \frac{\text{Beleuchtungsstärke Lux} \cdot \text{Fläche (m}^2\text{)}}{\text{Ausnutzungsfaktor}}$$

$$\varphi_L = \frac{E \cdot F}{\eta} = \frac{300 \cdot 1}{0{,}2} = 1500 \text{ Lumen}$$

Dieser Lichtstrom wird durch 4 Lampen von 40 W, 220 V (370 Lm), erzeugt. Da jede Lampe bei gleichmässiger Verteilung ein Quadrat von 50 cm Seitenlänge beleuchtet, beträgt der erforderliche Lampenabstand von der Leuchtfläche ⅓ der Diagonale eines solchen Teilquadrates, also rund 24 cm.

4. *Angeleuchtete Reklameflächen.* Eine wirkungsvolle Lichtreklame, die sich durch Billigkeit auszeichnet und sowohl gute Tages- als auch Nachtwirkung besitzt, besteht darin, dass Reklame- und Firmenschilder mittels Einzelreflektoren oder durch Soffitten-Reflektoren angeleuchtet werden. Ungleichmässigkeiten der Schildbeleuchtung von 3 : 1 bis 4 : 1 können dabei noch zugelassen werden, was einen Reflektorabstand von ⅔ der Schildhöhe bedingt. Aus baulichen Gründen kann oft nur ein geringerer Abstand gewählt werden; er sollte jedoch mindestens ½ der Schildhöhe betragen. Die Gleichmässigkeit kann erhöht werden durch eine weissgestrichene Reflexionsleiste am unteren Rand des Firmenschildes, durch Anordnung einer zur Schildfläche geneigten Glasscheibe (Fig. 1) und durch Zusatzbeleuchtung von unten.

Bei nicht sachgemässer Ausführung der Anleuchtung und der Schilder tritt leicht Spiegelung der Lichtquellen und Blendung ein.

Die Leuchtdichte muss, wie schon erwähnt, 60 bis 300 Lux betragen; bei gegebener Reflexion muss die entsprechende Beleuchtungsstärke gewählt werden.

Angenäherte Reflexionswerte von in Frage kommenden Materialien sind:

Farbanstriche	ca. %	Schilderrot	13
Bleiweiss	70	Berlinerrot	10
Chromgelb	55	Dunkelblau	10—12
Grün	48	Schwarz	unter 4 %
Hellblau	45		
Lehmbraun	41—45	*Metalle*	ca. %
Steingrau	38	Email weiss	70
Beige	38	Nickel poliert	55
Ockergelb	25	Nickel matt	52
Orange	23	Aluminium poliert	70
Nachtblau	20	Aluminium matt	60
Sattgrün	16	Messing poliert	60
Dunkelgrau	15	Messing matt	54

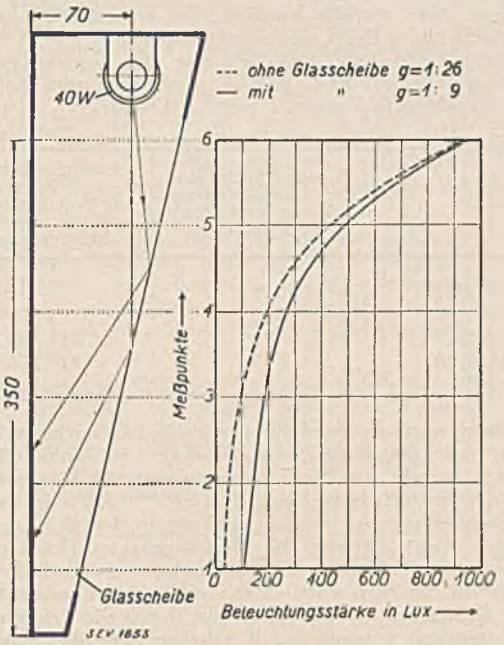


Fig. 1.
Erhöhung der Beleuchtungsgleichmässigkeit bei angeleuchteten Schildern durch Anbringen einer zur Schildfläche geneigten Glasscheibe.

Berechnungsbeispiel: Ein ockergelbes Firmenschild mit einem Reflexionsvermögen von 25 % und den Abmessungen von 3 × 0,60 m soll eine Leuchtdichte von 120 Lux auf weiss erhalten. Die Beleuchtungsstärke ist somit:

$$E = \frac{\text{Leuchtdichte (Lux auf weiss)}}{\text{Reflexion}} = \frac{120}{0{,}25} = 480 \text{ Lux}$$

Nutzlichtstrom = Beleuchtungsstärke (Lux) · Fläche

$$\Phi_n = E \cdot F = 480 \cdot 1{,}8 = \text{ca. } 865 \text{ Lumen}$$

$$\text{Lichtstrom der Glühlampen} = \frac{\text{Nutzlichtstrom (Lumen)}}{\text{Ausnutzungsfaktor}}$$

$$\Phi_L = \frac{865}{0{,}25} = \text{ca. } 3450 \text{ Lumen}$$

Zahl und Grösse der Glühlampen werden folgendermassen ermittelt: Für Einheitslampen in Soffitten-Reflektoren soll der Abstand untereinander etwa 20 cm betragen, also 5 Lampen auf 1 m Länge. Für das Beispiel sind demnach 15 Lampen nötig, und zwar solche von 25 W, 220 V (225 Lm). Der Abstand der Soffitten-Reflektorachse vom Schild betrage möglichst über 30 cm.

Bei Verwendung von Soffittenlampen beachte man, dass 3 Soffittenlampen (40—100 W) in ihrer Länge einschliesslich Fassungen 1 m benötigen. Für dieses Beispiel kommen also 9 Soffittenlampen in Frage, und zwar solche von 40 W.

Zu den angeleuchteten Reklameflächen muss auch das Anstrahlen ganzer Gebäude gerechnet werden, das heute nicht nur zur festlichen Beleuchtung von Kirchen, Türmen usw. verwendet wird sondern auch für ausgesprochene Reklamezwecke. Die Berechnung ist sehr ähnlich wie bei der Firmenschildbeleuchtung.

5. *Bewegliche Lichtreklamen. Universalbuchstaben* ermöglichen mittels eines Schaltapparates das Einstellen aller Buchstaben und der Zahlen von 0—9 so dass bei Nebeneinanderstellung mehrerer Kästen wechselnde Texte gebracht werden können. Universal-Leuchtfelderanlagen bestehen aus einer sehr grossen Zahl von Glühlampen die einzeln betätigt werden so dass alle Arten von Schriften und Ornamenten gebildet werden können. Die einzelnen Lampen sind zwecks Verringerung der Ueberstrahlung in Reflektoren eingeschraubt. Wanderschriftanlagen sind ähnlich gebaut wie die Leuchtfelder, nur dass sich durch besondere Schaltung eine Leuchtschrift von rechts nach links über den Schild hinzieht. Tatsächlich wandern die Buchstaben selbst nicht, sondern die einzelnen Lampen werden nacheinander und sehr rasch zu Buchstaben zusammengeschaltet, so dass der Eindruck wandernder Schriftzeichen entsteht.

Nur aufgezählt seien die kleinen Projektionsapparate, Kaleidoskope, Neostar-Leuchtschilder, Schaufenster-Transparente mit auswechselbarem oder mit abrollendem Text usw.

Die Tageswirkung solcher Anlagen ist meist unbefriedigend.

B. Leuchtröhren.

1. *Moorelichtröhren* besitzen Füllung mit unedlen Gasen (Stickstoff oder Kohlensäure). Stickstoffüllung ergibt rosa bis goldgelbes Licht, Kohlensäure weisslich-bläuliches Licht, ähnlich dem Tageslicht. Betrieben werden diese Röhren mit Wechselstrom. Die Zündspannung beträgt ca. 1000 V/lf. m, die Brennspannung ist ca. 40 % niedriger, die Stromstärke ca. 0,3 A. Die Lichtausbeute kann bei Stickstoff mit etwa 9 Lm/W angegeben werden, die Brenndauer mit 7000 bis 10 000 Stunden. Verwendung finden Moorelichtröhren hauptsächlich für die Kennzeichnung von Konturen. Moorelichtröhren bedürfen einer automatischen Nachspeisung, da unedle Gase vom Glas und den Elektroden absorbiert werden.

2. *Edelgas-Leuchtröhren* werden hauptsächlich für Leuchtbuchstaben verwendet. Füllgas ist meist Neon und Helium. Reines Neon leuchtet in einem satten Rot-Orange, Helium weiss-rosa. Neongas mit einem Quecksilbertropfen färbt das Licht blau, am schönsten, wenn ein Neon-Argon-Gemisch verwendet wird. In einer gelben oder braunen Glasröhre leuchtet das blaue Neongemisch grün, Helium gelb. Edelgasröhren bedürfen keiner Nachspeisung, besitzen eine Lebensdauer von einigen tausend Stunden, ihre Betriebsspannung beträgt je nach Durchmesser (12, 18 und 22 mm) 750 bis 1500 V, die Lichtausbeute für Neonfüllung 12 bis 18 Lm/W, der Verbrauch 30 W/lf. m. Die Anschaffungskosten sind gegenüber Glühlampen-Leuchtbuchstaben und Transparenten wesentlich höher, hauptsächlich durch die notwendigen Transformatoren und Drosselspulen, sowie durch die erforderlichen Sicherheitsvorrichtungen und die Montage.

C. Die Lichtreklame und die Elektrizitätswerke.

Die Anwendung der Lichtreklame beginnt nun auch in der Schweiz eine bemerkenswerte Ausdehnung anzunehmen, so dass deren Entwicklung allen an diesem Anwendungsgebiet der Beleuchtung interessierten Kreisen nur erwünscht sein kann. Die Benützungsdauer innerhalb eines Jahres von Beginn der Abenddämmerung bis 23 Uhr beträgt rund 1500 Stunden.

Diese Benützungsdauer übertrifft wohl jene der meisten übrigen Anwendungsgebiete der Beleuchtung. Wenn auch etwa die Hälfte dieser Zeit in eine für die Belastungsverhältnisse der Elektrizitätswerke nicht besonders günstige Zeitspanne fällt, so ist doch zu bedenken, dass die zweite Hälfte die Stunden von 21—23 Uhr beansprucht, in welchen die Beleuchtungsbelastung schon stark zurückgeht und die sonstigen Stromverbrauchsapparate noch nicht in Betrieb genommen werden. Gerade für diese zwei Stunden ist die Lichtreklame eine willkommene Stromverbrauchsgattung. Ihre Förderung kann also nicht wenig dazu beitragen, die Belastungsverhältnisse zu verbessern, indem neben einer Erhöhung eine Verbreiterung der Abendspitze erzielt werden kann. Das Elektrizitätswerk hat es durch Tarifgestaltung in der Hand, eine Verbreiterung herbeizuführen, indem gewisse Bedingungen hinsichtlich der Benützungszeit an die Taxation der Energieabgabe geknüpft werden können. Nicht wenige Elektrizitätswerke haben schon besondere Tarife geschaffen, welche diese Benützungsdauer genau festlegen. Die Tarife sind von Ort zu Ort sehr verschieden. Sie haben vielfach das eine gemeinsam, dass der Konsument die Anlage bis 22 oder 23 Uhr in Betrieb halten muss, um in den Genuss des verbilligten Strompreises zu gelangen. Die den praktischen Bedürfnissen angepasste Tarifgestaltung stellt das wirksamste Mittel dar, die Lichtreklame zu fördern. Der Tarif selbst sollte nicht kompliziert sein. Meist genügen die vorhandenen Ansätze und die Unterteilung in Hoch- und Niedertarif, wobei die Geltungsdauer des Niedertarifs für Lichtreklamen gegenüber der Wohnungsbeleuchtung um 2—3 Stunden vor-

geschoben werden kann. Das bedingt allerdings eine Messung mittels eines Sonderzählers. Aber auch die Schaffung von Pauschalansätzen ist nicht ungeeignet, die nötigen Preisgrundlagen zu schaffen, wenn auch hierbei die Möglichkeit einer Benachteiligung des Elektrizitätswerkes etwas grösser ist, weil der Anschlusswert durch den Abonnenten leicht geändert werden kann. Mit Rücksicht auf die Leuchtröhrenanlagen ist bei Pauschaltarifen der Preis auf die Leistung, gemessen in Voltampère, zu beziehen, da die Transformatoren und Drosselspulen solcher Anlagen oft mit ungünstigem cos φ arbeiten.

Da die Energieabgabe für die Schaufensterbeleuchtung für die meisten Verhältnisse genau gleichwertig ist wie jene für Lichtreklameanlagen, erscheint es aus Gründen der Vereinfachung sowohl für das Elektrizitätswerk als auch für die Geschäftswelt zweckmässig, wenn für diese beiden Anwendungsgebiete die gleichen Ansätze in der Stromberechnung gemacht werden. Diese Massnahme hat zweifellos stark werbende Wirkung zur weiteren Förderung dieser Beleuchtungsgebiete.

Neben der den praktischen Bedürfnissen der Geschäftswelt angepassten Gestaltung der Strompreise stellt die fachgemässe Beratung ein sehr wichtiges Mittel zur Förderung der Lichtreklame dar. Diese sollte sich von Fall zu Fall auf die Wahl des jeweils günstigsten Systems, auf die eingehende Aufklärung über Einrichtungs- und Betriebskosten und auf die einwandfreie Installation beziehen.

Es ist heute bei der Fülle der Angebote für den Laien ausserordentlich schwer, von sich aus, ohne technische Beratung, zu entscheiden, welche Ausführungsform für ihn in Frage kommt, und wenn er einen Missgriff getan hat, dann ist sein Interesse für die Anschaffung einer anderen Anlage meist für immer verloren. Aus diesem Grunde sollten die Elektrizitätswerke auch dieses Gebiet in vermehrtem Masse in den Bereich ihrer Kundenberatung ziehen und sich eingehend fortlaufend über die Neuschöpfungen der Technik orientieren.

Ein weiteres Mittel, die Anwendung von Lichtreklamen zu propagieren, besteht in der Veranstaltung von Ausstellungen. Dieses Mittel ist tatsächlich erprobt, und die Resultate beweisen seine grossen Vorzüge. Im Herbst 1928 hat das Elektrizitätswerk Basel gemeinsam mit dem Verband der Installationsfirmen und dem Gewerbe eine Ausstellung für Schaufensterbeleuchtung und Lichtreklame durchgeführt, deren Resultate in Tabelle I resümiert sind:

Tabelle I.

Jahr	Zahl der Abonnenten für Schaufensterbeleuchtung und Lichtreklame	Energieabgabe kWh für Schaufensterbeleuchtung und Lichtreklame
1926/27	392	—
1927/28	522	455 807
1928/29[1])	608	614 498
1929/30	800	819 563

[1]) Ausstellung vom 17. Oktober bis 4. November 1928.

Nimmt man an, dass die praktische Auswirkung dieser Aktion und Ausstellung in Basel sich erst im Januar 1929 gezeigt hat, so geht aus Tab. I hervor, dass in 18 Monaten nach der Schaufensterlichtwerbung etwa 380 000 kWh im Niedertarif mehr abgegeben worden sind als in der gleichen Zeitspanne vor der Aktion. Die Mehrabgabe im Hochtarif ist, wie das Elektrizitätswerk Basel bemerkt, ebenfalls bedeutend. Es führt hierzu noch wörtlich an: «Wir sind überzeugt, dass dieser Erfolg zum grössten Teil nur durch die Schaufensteraktion möglich gewesen ist. Wir haben noch die Erfahrung gemacht, dass mit der Verbesserung der Schaufensterbeleuchtung auch die Ladenbeleuchtung geändert wurde, so dass in sehr vielen Fällen auch dieser Stromkonsum bedeutend gesteigert worden ist.»

Bei allen zweifellos im Interesse eines Werkes liegenden Bestrebungen für die Stromwerbung zu Wärmezwecken sollte nie ausser acht gelassen werden, dass der Verkauf elektrischer Arbeit zu Ansätzen, wie sie bei der Schaufensterbeleuchtung und Lichtreklame möglich sind, doch recht erhebliche Einnahmen mit sich bringt. Es gilt daher auch hier: «Man soll das eine tun, und das andere nicht lassen.»

Die Gelegenheit zur Diskussion wurde nicht benützt.

Die Technik der Heimbeleuchtung.

Referat von Ing. *Hofstetter*, Elektrizitätswerk Basel.

628.972:644

Zusammenfassung.

Der Referent wies darauf hin, wie wenig heute noch besonders bei der Wahl der Heimbeleuchtung die beleuchtungstechnischen Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Jeder Installateur sollte nicht nur die Installationstechnik, sondern auch die Grundzüge der Beleuchtungstechnik beherrschen, damit er seine Kunden richtig beraten kann.

Der Fachmann berechnet die Beleuchtung eines Raumes nach der sogenannten Wirkungsgradmethode. Für den Installateur und Verkäufer von Heimbeleuchtungen genügt im allgemeinen die Bestimmung der elektrischen Leistung pro m² Bodenfläche. Tabelle I gibt diese Leistungen für normale Räume mit max. 3 m Höhe, Tabelle II gibt die Leistung für Arbeitsplatzbeleuchtung und für dekorative Beleuchtung.

Tabelle I.

I. Allgemeinbeleuchtung	Mittlere Beleuchtungsstärke Lux	Helle Räume W/m²	Dunkle Räume W/m²
	ca.	[1]) [2])	[1]) [2])
Treppenhaus	20	3—5	4—6
Vorplatz	30	5—7	6—10
Wohnzimmer u. Salon, Esszimmer, Herrenzimmer, Kinderzimmer	60	10—14	12—17
Schlafzimmer	40	6—10	8—12
Badezimmer	60	10—14	—
Küche	60	10—14	—
Speisekammer[3])	20	3—5	4—6
Nebenräume[3])	20	3—5	4—6
Waschküche	50	8—12	10—15
Keller[3])	20	3—5	4—6
Estrich	20	—	3—5

[1]) Für grössere Räume (über 15 m²) und eine Höhe von max. 3 m.
[2]) Für kleine Räume (unter 10 m²) und eine Höhe von max. 3 m.
[3]) Mindestens 25 W.

Tabelle II.

2. Arbeitsbeleuchtung	Lampentyp W
Sonderbeleuchtung in der Küche über Herd und Schüttstein	40—60
Sonderbeleuchtung in der Waschküche über Waschtrog und Tisch	40—60
Sonderbeleuchtung für Handarbeit	25—60
Sonderbeleuchtung an der Nähmaschine	25—60
Sonderbeleuchtung am Klavier	25—60
Sonderbeleuchtung am Spiegel zu beiden Seiten je	25—40
Sonderbeleuchtung am Bett	25—40
3. Dekorative Beleuchtung	
Wandbeleuchtungskörper je	25—40

Für eine gute Beleuchtung ist die *Blendungsvermeidung* ausschlaggebend. Nackte Glühlampen dürfen nicht verwendet werden, Opalglas- und innenmattierte Lampen nur in Nebenräumen und ausserhalb des Gesichtsfeldes, also direkt an der Decke. In allen andern Fällen müssen zweckmässige Beleuchtungskörper (Armaturen) verwendet werden. Der Lichtverlust bei Innenmattierung beträgt 1 %, bei Opalglaslampen 10 bis 12 %, bei Beleuchtungskörpern 20 bis 25 %. Diese «Verluste» müssen durch die unbedingt nötige Veredelung des Lichtes in Kauf genommen werden.

Lichttechnische Baustoffe für Heimbeleuchtung. *Nicht geeignet* sind: Klarglas, Kathedralglas, Riffelglas, Kristallbehang, Fransen aus Glasperlen und Opalinglas, ferner, infolge zu grossem Lichtverlust: dickes Massiv-Opalglas, zu dicker und stark gemaserter Alabaster, nicht weiss gefütterte Seidenschirme.

Geeignet sind: Dünnes Opalglas, Opalüberfangglas, Pergament, Oelpapier, genügend durchlässiges Cellon, heller Alabaster, weissgefütterte Seide. Besonders ist Opalüberfangglas zu empfehlen. Tabelle III gibt Anhaltspunkte über die Absorptionsverluste einiger Materialien.

Tabelle III.

Material	Absorption in %
Mattglas	3—15
Dünnes Opalglas	5—30
Opalüberfangglas	3—15
Alabaster	20—40
Seide weiss	5
Seide gelb, weiss gefüttert	28
Seide hellrot, weiss gefüttert	33
Seide hellgrün	34

Der Referent führte im Lichtbild eine grosse Zahl von Beleuchtungskörpern und Raumbeleuchtungen vor und machte dazu kritische und erläuternde Bemerkungen. Es sei in diesem Zusammenhange auf die Broschüre der *Zentrale für Lichtwirtschaft* (Z. f. L.) verwiesen, betitelt «*Besseres Licht ins Heim*», welche im Jahre 1930 in einer grossen Zahl schweizerischer Haushaltungen verteilt worden ist [1]).

Wichtig ist Unterhalt und *Reinigung*. Vernachlässigte Beleuchtungseinrichtungen weisen in kurzer Zeit Lichtverluste bis 40 % auf.

Die Behaglichkeit im beleuchteten Heim hängt nicht nur von der ausreichenden Helligkeit und der Blendungsfreiheit, sondern auch von der *Licht-* und *Körperfarbe* ab. Blaues und grünes Licht erweckt keine «Stimmung», sondern wirkt kalt. Blaue und dunkelgrüne Lampenschirme oder Wandbekleidungen sind deshalb bei künstlicher Beleuchtung nicht besonders günstig. Solche Räume werden kaum je behaglich sein, auch wenn alle übrigen lichttechnischen Forderungen beachtet werden. Zu empfehlen sind lichttechnische Baustoffe und Wandbekleidungen aus gelber, roter und etwa noch hellgrüner Farbe. Tabelle IV gibt das Reflexionsvermögen für farbige Wände bei künstlichem Licht (nach Luckiesh).

Die Technik der Heimbeleuchtung ist einfach. Zu beachten sind wenige Forderungen; deren wichtigste ist die Vermeidung der Blendung.

[1]) s. Bull. SEV 1930, No. 3, S. 71.

Tabelle IV.

Farbe der Wände	Reflexionsvermögen in %
Weiss	78
Scharlachrot	17,7
Goldocker	63,4
Chromgelb mittel	63
Chromgrün mittel	12
Ultramarin	5,7

Die Diskussion wird von den Herren Schedler (Elektrizitätswerk Zürich), Direktor Trüb (Elektrizitätswerk Zürich) Guanter (Zentrale für Lichtwirtschaft) und Präsident Ringwald benützt.

Herr *Schedler* bemerkt, dass anlässlich von Ausstellungen verschiedene Nähmaschinenbeleuchtungen gezeigt wurden: in Schaffhausen die bekannte linienförmige «Nähmaschinenlampe», in St. Gallen eine verstellbare Tischlampe. In St. Gallen wurde geäussert, dass mit der erwähnten vor der Nähmaschine angebrachten «Nähmaschinenlampe» keine guten Erfahrungen gemacht worden seien; sie erzeuge bei den Näherinnen Kopfschmerzen.

Der Referent gab als Verwendungsort von Breitstrahlern Estrich und Keller an. Herr Schedler möchte empfehlen, in vorwiegend weiss getünchten Kellern keine Breitstrahler zu verwenden, sondern, entsprechend der guten Küchenbeleuchtung, Wände und Decken des Kellers vollkommen aufzuhellen.

Herr *Guanter:* Ich halte die linienförmige Gestaltung des Nähmaschinenreflektors nur dann für richtig, wenn derselbe vorne bei der Näherin angebracht wird, so dass das Licht von vorn nach hinten fällt. Doch überwiegen die Nachteile einer derartigen Beleuchtung die technischen Vorteile derselben, so dass auf deren Anwendung besonders dann verzichtet werden sollte, wenn die Nähmaschine andauernd in Betrieb ist, was insbesondere für die Stickereiindustrie in St. Gallen zutrifft. Eine einwandfreie Beleuchtung gibt der Reflektor mit verstellbarem Arm, der den Vorteil besitzt, dass er als Universalreflektor verwendet und überall da angebracht werden kann, wo man ihn gerade braucht.

Für einen hellen, weissgetünchten Keller empfiehlt auch Herr Guanter eine ähnliche Beleuchtung, wie man sie in der Küche anwendet, zieht aber für einen dunkeln Keller den Breitstrahler vor.

Herr Direktor *Trüb* spricht über die Spiegelbeleuchtung. Die beste heute bekannte Ausführung besteht in links und rechts vom Spiegel angebrachten Soffittenlampen. Diese blenden aber immer noch zu stark. Die Frage der Spiegelbeleuchtung ist insofern heute noch nicht einwandfrei gelöst.

Herr *Guanter* betont, dass es notwendig ist, die Soffittenlampen oder auch gewöhnliche Glühlampen, selbst mattierte, in einen lichtstreuenden Glaszylinder einzuschliessen. Eine derartige Anordnung ergibt eine vortreffliche Spiegelbeleuchtung. Eine neue gute Lösung ist auch beim Rasierspiegel gefunden worden, die darin besteht, dass das Licht aus einer Aussparung in der unteren Hälfte des Spiegels austritt.

Herr Präsident *Ringwald* empfiehlt die vermehrte Anwendung der nach oben gerichteten Ständerlampe als Deckenbeleuchtung. Die so in einem 3 bis 4 m hohem Raum benützte Ständerlampe muss etwa mit einer 200-W-Lampe ausgerüstet werden; das Resultat ist ein schönes, gleichmässiges Licht. Durch die Verwendung der stärkeren Lampe wird der Lichtstromverbrauch gesteigert.

Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique.

Aus den Geschäftsberichten bedeutenderer schweizerischer Elektrizitätswerke.

Nordostschweizerische Kraftwerke A.-G., Baden, über den Zeitraum vom 1. Oktober 1929 bis 30. September 1930.

Es wurden folgende Energiemengen ab Sammelschienen abgegeben:

	10^6 kWh
im Kraftwerk Löntsch	134,35
im Kraftwerk Beznau	81,46
im Kraftwerk Eglisau	208,96
von Dritten (in der Hauptsache Wäggital A.-G. und Bündner Kraftwerke) wurden gekauft	195,10
Total	619,87

(gegenüber 622,8 Millionen kWh im Vorjahre).

Die Höchstbelastung betrug 136 200 kW, gegenüber 140 800 kW im Vorjahre.

	Fr.
Die erzielten Stromeinnahmen betrugen	18 655 338
Der Ertrag der Beteiligungen und diverse Einnahmen beliefen sich auf	2 509 873
In den *Ausgaben* figurieren:	
Der Energieankauf von Dritten mit	6 008 689
Die Obligationenzinsen mit	2 443 773
Die übrigen Passivzinsen mit	766 223
Unterhalt und Betrieb mit	1 612 620
Die Generalunkosten mit	862 595
Die Steuern, Abgaben und Wasserzinse mit . .	1 379 481
Die Abschreibungen aller Art und Rücklagen in verschiedene Fonds mit	4 342 261
Die Dividende von 7 % mit	3 752 000

Das einbezahlte Aktienkapital beträgt 53,6 Millionen, die Obligationenschuld hat sich auf 49,584 Millionen reduziert.

Die Beteiligungen sind die folgenden:

20 Millionen bei der Wäggital A.-G.,
0,8 » » » Schweiz. Kraftübertragung A.-G.,
14,621 » » » A.-G. Bündner Kraftwerke,
6 » » » A.-G. Ryburg-Schwörstadt,
0,3 » » » Aarewerke A.-G. in Brugg.

Miscellanea.

EINLADUNG
zum
6. Akademischen Diskussionsvortrag an der E. T. H.

Mittwoch, den 25. Februar 20 Uhr

im Elektrotechnischen Institut der Eidg. Techn. Hochschule, im grossen Hörsaal 11c, 1. Stock.

Der Referent, Herr Prof. Dr. *K. Kuhlmann*, hat das Thema seiner Mitteilungen in Form eines Experimentalvortrages wie folgt bezeichnet:

Drehstrom, Dreistrom und Wechselstrom in ihrem Zusammenwirken für Kraft-Erzeugung, -Uebertragung und -Verteilung.

Der Gegenstand betrifft Umformung und Selbsterregungsmethoden von Ein- und Mehrphasensystemen.

Unverbindliche mittlere Marktpreise je am 15. eines Monats.
Prix moyens (sans garantie) le 15 du mois.

		Jan. *janv.*	Vormonat Mois précédent	Vorjahr Année précédente
Kupfer (Wire bars) . *Cuivre (Wire bars)* .	Lst./1016 kg	49/—	46/2/6	84/—
Banka-Zinn . . . . *Etain (Banka)* . . .	Lst./1016 kg	121/10	124/10	182/—
Zink — *Zinc* . . .	Lst./1016 kg	12/12/6	13/7/6	20/—
Blei — *Plomb* . .	Lst./1016 kg	13/15	14/6/3	21/13/9
Formeisen . . . . *Fers profilés* . . .	Schw. Fr./t	95.—	105.—	125.—
Stabeisen . . . . *Fers barres*	Schw. Fr./t	105.—	115.—	134.—
Ruhrnußkohlen *Charbon de la Ruhr* II 30/50	Schw. Fr./t	45.80	45.80	45.80
Saarnußkohlen *Charbon de la Saar* I 35/50	Schw. Fr./t	46.50	46.50	46.50
Belg. Anthrazit . . *Anthracite belge* . .	Schw. Fr./t	70.—	70.—	84.—
Unionbrikets . . . *Briquettes (Union)* .	Schw. Fr./t	41.75	41.75	41.75
Dieselmotorenöl (bei Bezug in Zisternen) *Huile p. moteurs Diesel (en wagon-citerne)*	Schw. Fr./t	80.—	80.—	110.—
Benzin *Benzine* (0,720) .	Schw. Fr./t	145.—	175.—	285.—
Rohgummi . . . . *Caoutchouc brut* . .	sh/lb	0/4	0/4 1/8	0/7 3/8
Indexziffer des Eidg. Arbeitsamtes (pro 1914 = 100). *Nombre index de l'office fédéral (pour 1914 = 100)*		157	157	163

Bei den Angaben in engl. Währung verstehen sich die Preise f. o. b. London, bei denjenigen in Schweizerwährung franko Schweizergrenze (unverzollt).

Les Prix exprimés en valeurs anglaises s'entendent f. o. b. Londres, ceux exprimés en francs suisses, franco frontière (sans frais de douane).

Vereinsnachrichten.

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

Jahresversammlungen 1931 in Bern.

In sehr verdankenswerter Weise haben das *Elektrizitätswerk der Stadt Bern* und die *Bernischen Kraftwerke A.-G.* unsere beiden Verbände eingeladen, ihre diesjährigen Versammlungen in Bern abzuhalten. Dem Wunsche der Gastgeber entsprechend, kommt als Zeitpunkt ein solcher in der zweiten Hälfte des Monates August in Frage, damit die Versammlungen während der I. Schweizerischen Ausstellung für Hygiene und Sport (Hyspa) 1931 in Bern stattfinden können; ohne andern Bericht werden es der 29. und 30. August sein, mit eventuellen Exkursionen am 31. August. Weitere Mitteilungen folgen später.

Mitgliederbeiträge SEV.

Wir machen hierdurch die Mitglieder des SEV darauf aufmerksam, dass die Beiträge pro 1931 fällig sind. Der Beitrag für *Einzelmitglieder* beträgt gemäss Beschluss der Generalversammlung des SEV vom 14. Juni 1930 (siehe Protokoll im Bulletin 1930, Nr. 15, Seite 522) *Fr. 18.—*, derjenige für *Jungmitglieder Fr. 10.—* und kann in der Schweiz mittels des der Nr. 2 beigegebenen Einzahlungsscheines (vom Ausland vorzugsweise mittels Postmandat) bis *spätestens Ende März* spesenfrei auf Postscheckkonto VIII 6133 einbezahlt werden. Nach diesem Termin nicht eingegangene Beiträge werden mit *Spesenzuschlag* per Nachnahme erhoben.

Die für die *Kollektivmitglieder* für 1931 festgesetzten Jahresbeiträge sind im Bulletin 1930, Nr. 15, Seite 522, enthalten und können von Postscheckkontoinhabern entsprechend der im Jahresheft 1931 enthaltenen Beitragsstufe spesenfrei auf vorgenanntes Konto überwiesen werden.

Sofort nach Eingang des Betrages erfolgt die Zustellung der diesjährigen Mitgliederkarte.

FILATURA-REFLEKTOREN (25 cm ⌀)

werden

für
Rohranschluss à Fr. 7.20
mit
Klemmnippel à Fr. 7.80
mit
Aufhängenippel à Fr. 8.10

in
Originalpackung zu 10 Stück
geliefert

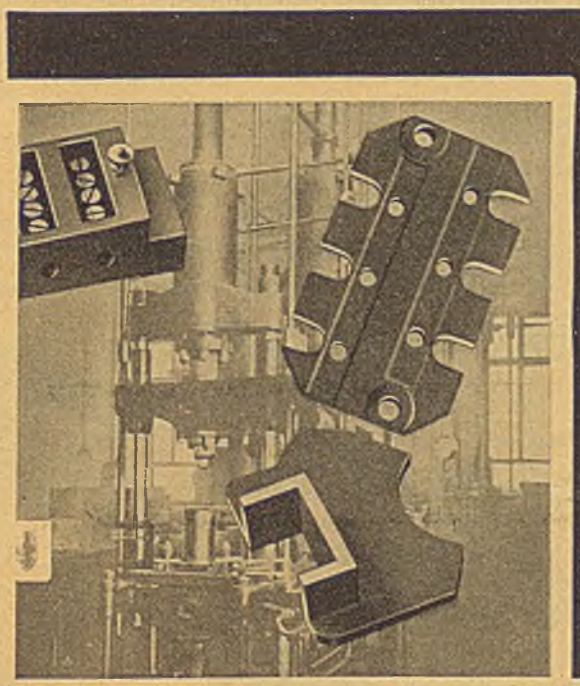
Verlangen Sie unsern diesbezüglichen Prospekt

BAG TURGI

Musterlager u. Verkauf
Kaspar Escherhaus Zürich

2077

Weidmann-Isolationen



Motorenklemmen
Funkenlöscher
Presskörper

aller Art, mit Isolierstoff umpresste Bestandteile von Apparaten u. Instrumenten

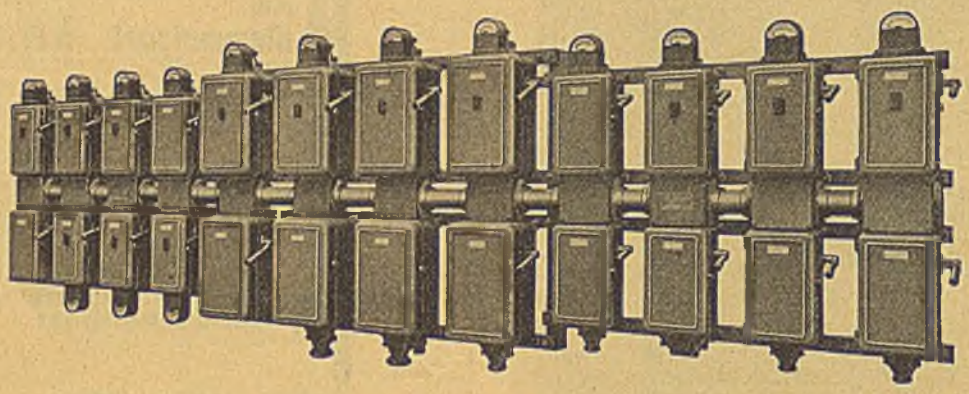
60/a

Unhygroskopisch
Wärmebeständig
Hochisolierend

H. WEIDMANN
AKTIENGESELLSCHAFT
RAPPERSWIL (SCHWEIZ)

CARL MAIER & CIE • SCHAFFHAUSEN

Fabrik elektrischer Apparate und Schaltanlagen



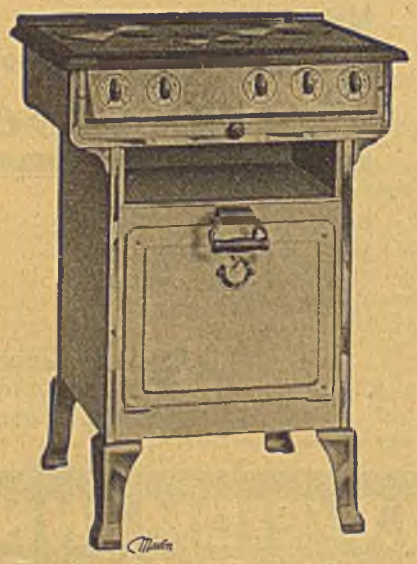
Gusseiserngekapselte Verteilanlagen für Hoch- und Niederspannung

Lichtinstallationskasten als Ersatz für offene Sicherungstafeln

138

Der neue elektrische MAXIM-Kochherd

bringt zufriedene Abonnenten und fördert den Stromabsatz



Zweckmässige und schöne Formen

Bequeme Reinigung und einfache Bedienung

Richtige Formgebung und Anordnung aller Einzelteile

Ein hervorragend durchkonstruierter Backofen

bilden neben andern Neuerungen seine besonderen Merkmale

Verlangen Sie unsere Spezialkataloge!

Maxim A.-G.

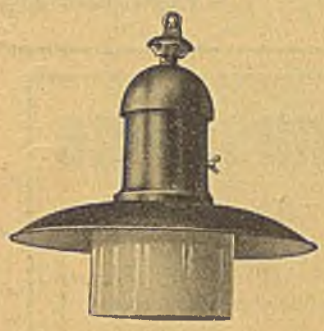
Fabrik für thermo-elektrische Apparate

AARAU

219

LICHTTECHNIK AG.

ZÜRICH ▪ SEESTRASSE NR. 336



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

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

ARMA

ZWECKLEUCHTEN

221

DRÄHTE UND KABEL ALLER ART

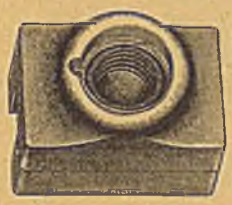
Fabrikmarke

Drahtzieherei — Bleikabelfabrik
Fabrik isolierter Drähte, Kabel u. Schnüre
Fabrikation techn. Gummiwaren
Isolierrohrfabrik

192/3

Schweiz. Draht- & Gummiwerke Altdorf-Uri

DEPOTS:	Zürich	Basel	Bern	Genf	Lausanne	Lugano	Rorschach
Telephon:	Tel. 38.423	Safr. 59.70	Bollw. 43.66	Tél. 25.200	Tél. 24.403	Tel. 19.13	Tel. 510



Ein gutes Zusammenpassen

von Sicherungselement und Sicherungskopf ist bei der Montage, wie auch beim Ersetzen von Sicherungspatronen eine wichtige Bedingung. — Sowohl Porzellan- wie Metallteile sollen vorschriftsgemäss dimensioniert sein. Unsere

UZ u. TZ Sicherungselemente

für 15, 25 uud 60 Ampère

mit kräftiger Kontaktschiene und geschnittenem, vernickeltem Gewindekorb entsprechen den bezüglichen Vorschriften.

Erhältlich bei sämtlichen Grossisten, aber achten Sie auf das Fabrikzeichen mit dem Stern. 155

Fabrikmarke

Roesch frères Fabrik elektrotechn. Bedarfsartikel **Koblenz** (Aarg.)

Automatische Telephonanlagen für Kraftwerke
Quecksilberrelais für Starkstromapparate
liefern zu vorteilhaften Preisen
180
CHR. GFELLER A.-G., BERN-BÜMPLIZ

Frankiermaschine Hasler

wegen Anschaffung eines grösseren Modells billig abzugeben.

Okkasion

Von der schweiz. Oberpostdirektion konzessionierte Maschine in bestem Zustande. 8 Taxwerte. Selbständig registrierendes Zählwerk. Motorantrieb. ● Die Postverwaltung kreditiert dem Maschinen-Inhaber die Portoauslagen. Die Abrechnung findet am Monatsende statt.

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

Anfragen an Postfach 229, Hauptpost, Zürich.

Zu verkaufen
zufolge Abbruch unserer Bauinstallationen:

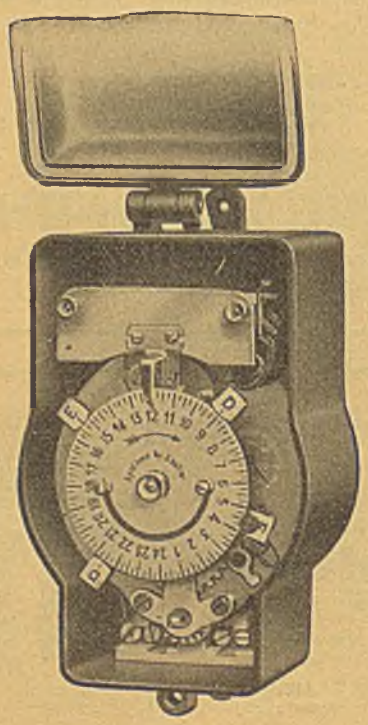
Drehstromtransformatoren
Leistung 20 - 300 kVA, 3 × 16 000/500 Volt, umschaltbar auf 380/220 Volt, 50 ∼.

Zähler
3 × 500 Volt für Anschluss an Stromwandler von 150 — 500/5 Ampere mit Maximumanzeiger 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.

OHNE INSERAT KEIN ERFOLG



Automatische Schaufensterbeleuchtung

Wir liefern speziell für diesen Zweck einen sehr preiswerten

Zeitschalter Type S

mit Handaufzug für 18 Tage Gangdauer

Für Wiederverkäufer halten wir entsprechende Propagandaschriften zur Verfügung.

Verlangen Sie bitte unsere Preise

Fr. Sauter A.-G., Basel

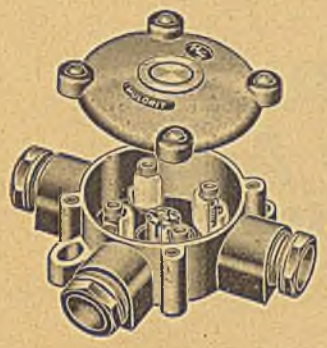
Eine umwälzende **Neuheit**

Hulorit-Kabeldosen 311

aus Press-Isolierstoff mit

Klemmenträgern aus Steatit D.R.G.M.

bieten grösste Betriebssicherheit.



Steatit als Träger spannungsführender Teile besser als Pressisolierstoff. — Lieferung durch ihren Grossisten, event. weist Bezugsquellen nach

H. W. Kramer
ZÜRICH 7, Hammerstr. 102
Telephon 42.962
Vertretung für die Schweiz

ELEKTROTECHNISCHE FABRIK

Hugo Löbl Söhne
G. m. b. H. **Bamberg**

Verlangen Sie aufklärenden Prospekt 26 c

liefert als Qualitätsprodukt

R. H. Gachnang
Zürich 8

Fabriklager für die Schweiz:
Seefeldstr. 87, Telephon 28.701

258

Aktiengesellschaft

R. & E. HUBER, PFÄFFIKON-ZÜRICH

Schweizerische Kabel-, Draht- und Gummiwerke

Gegründet 1880 — 400 Arbeiter

Isolierte Drähte, Kabel und Schnüre aller Art. Isolation nach den neuen Vorschriften des S. E. V. **Flex-Motorenkabel, Gummi-Bleikabel, Wicklungsdrähte** in Baumwolle, Seide u. Papierisolation. **Emaille-drähte, Stations- und Verteilerdraht,** Type O. T. D.

Drahtzieherei und Walzwerk: Blanke Kupferdrähte in allen Abmessungen für Freileitungs- und Bahnbau. **Kupfer-Bänder, Messing-, Siliziumbronze- und Phosphorbronze-Drähte. Widerstandsdrähte** in Nichrome, Konstantan, Nickelin, Manganin, Neusilber etc.

189

FACHSCHRIFTEN-VERLAG & BUCHDRUCKEREI A-G.
ZÜRICH

KATALOGE
DISSERTATIONEN
ZEITSCHRIFTEN
PROSPEKTE

QUALITÄTS-
DRUCKSACHEN

MAN VERLANGE OFFERTE U. VERTRETERBESUCH

Neue Illuminations-Lampen
Kein Verlöschen der Serie.
Die neue Osram-Illuminationslampe, Ausführung D, 14 Volt 5 Watt für Serienschaltung besitzt gegenüber der bisher gebräuchlichen Serienlampe drei wichtige Neuerungen:
eine Strombrücke,
die sich im Sockel der Lampe befindet und in Tätigkeit tritt, sobald der Leuchtdraht durchbrennt. Sie schaltet im gleichen Augenblick
einen Widerstandsdraht
ein. Dieser besitzt den gleichen Widerstand wie der Leuchtdraht. Die übrigen Lampen der Serie brennen daher ohne jede Überlastung weiter. Durch den Widerstandsdraht wird zu gleicher Zeit
eine Vorrichtung zur Kennzeichnung der beschädigten Lampe
betätigt (Spiegelbelag). Hierdurch wird die defekte Lampe erkennbar, defekte helle Lampen sogar bei ausgeschalteter Anlage. Lieferbar in den Normalfarben Weiß, Gelb, Orange, Rot, Grün und Blau.
OSRAM

Widerstandsdraht
Hauptdraht
Durchgebrannte Lampe
OSRAM
ILLUMINATIONS-LAMPEN

Zeitschriftenrundschau des SEV [1]) und eingegangene Werke.

Die Literaturhinweise sind mit Dezimalindexen nach dem System des Institut International de Bibliographie Bruxelles versehen [2]).

1. Theoretische allgemeine und physikalische Studien.

537.52 : 621.316.93. La foudre globulaire, par *E. Mathias*. 8000 mots, 3 fig. Bull. Soc. française, décembre 1930, p. 1280—1301.

621.3.013.7. Champ électrique produit en présence du sol par un fil conducteur de courant alternatif, par *J. B. Pomey*. 3000 mots, 2 fig. R. G. E., 20 déc. 1930, p. 985—989.

621.317.081. Le henry et les autres unités magnétiques pratiques, par *A. Blondel*. 3200 mots, 1 tab. R. G. E., 27 décembre 1930, p. 1033—1037.

537.2 : 621.013 + 621.3.015. Méthode de calcul des flux, des franges et de la répartition du potentiel au voisinage d'un point dans le cas d'un espace dont la section est délimitée par des droites, par *G. H. Perrin*. 2800 mots, 4 fig. Revue Alsthom, novembre-décembre 1930, p. 1—6.

530.1. La fisica moderna, von *Saul Dushman*. 6600 W. Revista Electr., Nov. 1930, S. 534—542.

530.1. Il nucleo atomico, von *F. Rasetti*. 4000 W., 6 Fig. Energia E., Nov. 1930, S. 923—927.

535. I raggi ultravioletti Applicazione ai materiali isolanti della elettricità, von *E. Soleri*. 5000 W., 4 Fig., 3 Tab. Energia E., Nov. 1930, S. 928—933.

2. Messungen, Versuche.

621.317.753. Der neue Siemens-Universaloszillograph, von *Fr. Eichler* und *Wilh. Gaarz*. 6000 W., 26 Fig., 1 Tab. Siemens-Z., Nov./Dez. 1930, S. 598—604/635—644.

620.16 : 621.315.056. Die Dehnungsarbeit an Seilen, von *J. Gröbl*, München. 5000 W., 14 Fig. E. T. Z., 4./11. Dezember 1930, S. 1669—1673/1713—1716.

621.314.222.187. Zur Frage der Mindestleistung der Messwandler, von *G. Keinath*, Berlin. 900 W. E. T. Z., 18. Dezember 1930, S. 1738—1739.

621.313.045.5.014.1. Stromverdrängung in Statorwicklungen als Wirkung des Stirnstreufeldes (2. Bericht), von *Rob. Pohl*, Berlin. 1200 W., 18 Fig. E. T. Z., 18. Dezember 1930, S. 1739—1744.

621.314.222.072.7. Ueber Versuche mit Induktionskondensatoren, von *K. Fischer*, Köln. 1500 W., 8 Fig., 2 Tab. E. T. Z., 25. Dez. 1930, S. 1765—1767.

621.313.322 : 621.316.542.00.6. Stosskurzschlussgeneratoren, von *F. Niethammer*, Prag. 4500 W., E. u. M., 7. Dezember 1930, S. 1077—1083.

621.317.753. Nouveaux oscillographes Blondel et leurs applications, par *J. Vassilière-Arlhac*. 3500 mots, 3 fig. Bull. Soc. française, nov. 1930, p. 1152—1162.

621.314.222.187. Tendances actuelles dans la construction et l'utilisation des transformateurs de mesure, par *A. Iliovici*. 4600 mots, 20 fig., 1 tab. Bull. Soc. française, nov. 1930, p. 1191—1215.

621.313.006. Les plateformes d'essais des machines électriques des Usines de Belfort de la Société Générale de Constructions Electriques et Mécaniques (Als. Thom), par *F. Decotte* et *R. de la Harpe*. 4000 mots, 19 fig. Revue Alsthom, nov./déc. 1930, p. 7—18.

538 : 621.3. Una nueva aleación níquel-hierro. Propiedades magnéticas del Permalloy «C» Algunas aplicaciones en la industria eléctrica, von der *Redaktion*. 1800 W., 10 Fig., 1 Tab. Revista Electr., Nov. 1930, S. 565—570.

621.316.93 : 621.313.045. Abridgment of voltage oscillations in armature windings under lightning impulses, von *E. W. Boehne*. 2900 W., 6 Fig. J. A. I. E. E., Nov. 1930, S. 909—913.

621.319.4. Abridgment of phase defect angle of an air capacitor, von *W. B. Kouwenhoven* und *C. L. Lemmon*. 2500 W., 2 Fig. J. A. I. E. E., Nov. 1930, S. 945—948.

621.3.014.4. Abridgment of corona loss measurements on a 220-kv. 60-cycle three-phase experimental line, von *J. S. Carroll*, *L. H. Brown*, *D. P. Dinapoli*. 3000 W., 9 Fig., 5 Tab. J. A. I. E. E., Dez. 1930, S. 987—992.

621.317.785. Watt-hour meters on new plane of accuracy, von *A. E. Knowlton*. 2200 W., 14 Fig. El. World, 20. Dezember 1930, S. 1127—1131.

621.3.014.4 : 621.317.384. The measurement of corona losses, von *F. M. Denton*. 600 W., 2 Fig. G. E. R., Nov. 1930, S. 615.

621.316.93. Effects of short lengths of cable on traveling waves, von *K. B. Mceachron*, *J. G. Hemstreet* und *H. P. Seelye*. 8000 W., 15 Fig., 1 Tab. G. E. R., November 1930, S. 634—646.

621.314.224-187. I più recenti progressi nei riduttori di corrente, von *G. Keinath*. 12 000 W., 26 Fig., 4 Tab. Energia E., Dezember 1930, S. 1033—1047.

621.317.785.7. Selbstverkäuferzähler mit Vorrichtung zum selbsttätigen Einzug einer Grundgebühr in Teilbeträgen, von *O. Borel*. 1000 W., 2 Fig. Bull. SEV, 7. Jan. 1931, S. 25—26.

621.317.8 : 631. Dresch-Stromtarife unter besonderer Berücksichtigung des genossenschaftlichen Dreschens, von *W. Binswanger*. 2300 W., 1 Fig. Elektrizitätswirtschaft, Dezember 1930, S. 658—661.

3. Allgemeines über Produktion und Verteilung elektrischer Energie.

621.313.36. Beitrag zur Theorie der Drehstrom-Nebenschluss-Erregermaschine, von *Hs. Walz*, Karlsruhe. 7500 W., 18 Fig. E. u. M., 14. Dez. 1930, S. 1097—1111.

621.311.00.4. Die Zusammenfassung des elektrischen Betriebes in Großstadtnetzen, von *M. Schleicher*. Berlin. 4300 W., 6 Fig. E. u. M., 28. Dez. 1930, S. 1137—1143.

627.8. Erdbebensicherheit von Sperrmauern, von *K. Schiefer*l, Insbruck. 2300 W., 1 Tab. Wasserkraft, 15. Dez. 1930, S. 305—307.

621.165. Regel- und Sicherheitsvorrichtungen von Dampfturbinen, von *E. A. Kraft*. 3000 W., 8 Fig. AEG-Mittg., Dez. 1930, S. 747—752.

621.316.3. Stromversorgung und Schaltanlagen in Warenhäusern, von *L. Riefstahl*. 3200 W., 12 Fig. AEG-Mittg., Dezember 1930, S. 753—760.

621.316.5.064 : 621.316.11. Schnelle Bestimmung von Abschaltleistung und Dauerkurzschlußstrom, von *W. zur Megede*, Berlin. 2300 W., 9 Fig., 1 Tab. E. T. Z., 11. Dez. 1930, S. 1708—1712.

621.3.072.2. Die elektrische Spannungsregelung mittels Kohledruck-Widerständen, von *H. Grob*. Berlin. 1800 W., 8 Fig. E. T. Z., 11. Dez. 1930, S. 1717—1721.

621.315.62. Isolatoren aus Kieselsäureglas (Quarzisolatoren), von *Frz. Slaupy*, Berlin. 2800 W., 24 Fig., 3 Tab. E. T. Z., 18./25. Dez. 1930, S. 1745—1747/1768—1772.

621.315.051. Die Gleichungen und das Diagramm der Wechselstromleitung, von *F. Pinter*, Wien. 3000 W., 2 Fig., 1 Tab. E. T. Z., 25. Dez. 1930, S. 1772—1776.

621.165. L'état actuel de la construction des turbines à vapeur en Suisse, von *Ch. Colombi*, Lausanne. 19 000 W., 36 Fig. S. T. Z., 20./27. Nov./18./25. Dez. 1930, S. 737—744/753 bis 758/781—793/813—821 (Schluss folgt 1931).

621.165. Beitrag zum Betrieb von grossen Dampfturbinen unter besonderer Berücksichtigung der Betriebspausen, von *W. Schurter*. 1500 W., 3 Fig. Escher Wyss Mittg. 1930, Nr. 4, S. 127—138.

621.24. Ueber die Entwicklung der Francisturbinen in der Firma Escher Wyss & Co., von *J. Moser* und *E. Seitz*. 3500 W., 24 Fig. Escher Wyss Mittg. 1930, Nr. 4, S. 147—158.

621.315.62. Grosse oder schwierig herzustellende Porzellankörper für elektrotechnische Zwecke, von *O. Naumann*, Freiberg i. S. 4500 W., 31 Fig. Hescho-Mittg. 1930, Heft 55, S. 1729—1765.

621.313.32.018.6. Contribution à l'étude des oscillations d'un alternateur ou moteur synchrone, par *F. Margand*. 10 800 mots, 11 fig. Bull. Soc. française, décembre 1930, p. 1302—1339.

621.313.22. Les métadynes entre elles et leurs dérivées, par *J. M. Pestarini*. 14 500 mots, 89 fig. R. G. E., 22/29 nov./6 déc. 1930, p. 813—822/851—863/900—907.

---

[1]) In bezug auf die hier verwendeten Abkürzungen siehe Jahresheft des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins 1930, S. 79/81.
[2]) Von 1926 bis Ende 1929 waren es die Indexs nach Melvil Dewey.

621.6 : 621.181. Pompes centrifuges d'alimentation pour chaudières à très haute pression, par *G. Weyland*. 4500 mots. 16 fig. R. E. G., 6 déc. 1930, p. 909—917.

621.316.93(007). Prescriptions spéciales relatives aux installations de la première catégorie particulièrement exposées aux effets de la foudre, par *A. Mauduit*. 3500 mots. R. G. E., 20 déc. 1930, p. 1007—1011.

621.318.5. Relais à maximum d'intensité temporisé par shunt thermique, par *E. Foucault*. 6400 mots, 16 fig., 2 tab. Revue Alsthom, nov.-déc. 1930, p. 36—47.

621.316.268.3. L'appareillage réduit dans les postes de transformation ruraux, par *R. Marceau*. 2900 mots, 6 fig. Electricien, 15 déc. 1930, p. 554—559.

621.316.573 : 621.315.3. Le petit disjoncteur de branchement, par *rédaction*. 14 500 mots, 57 fig. Bull. Gardy, juillet 1930, p. 3—36.

621.24. Considérations sur quelques particularités importantes de la construction et du service des turbines hydrauliques à grande vitesse de rotation, par *R. Thomann*. 4500 mots. 14 fig. Bull. Technique, 1er nov. et 29 nov. 1930, p. 264—268 et 289—292.

518.3 : 621.316.11. Manera de trazar un ábaco a alineamientos, von *Guillermo Messens*. 1600 W., 6 Fig., 1 Tab. Revista Electr., Nov. 1930, S. 529—533.

621.314.222. Modern transformers, von *E. Stenkvist*. 12 400 W., 28 Fig. Asea, August-Oktober 1930, S. 106—125.

621.316.93. Lightning protection from the Operating Company's Point of View, von *E. Hansson*. 3300 W., 6 Fig. J. A. I. E. E., Nov. 1930, S. 901—905.

621.314.214. Abridgment of transformers with load ratio control, von *A. Palme*. 3800 W., 9 Fig. J. A. I. E. E., November 1930, S. 921—925.

621.316.93. Recommendations on balancing transformer and line insulations on basis of impulse voltage strength, von *V. M. Montsinger* und *W. M. Dann*. 3300 W., 3 Tab. J. A. I. E. E., Nov. 1930, S. 934—937.

621.313.322. Abridgment of large hydroelectric generators the trend in design and capacity, von *M. C. Olson*. 2500 W., 9 Fig., 1 Tab. J. A. I. E. E., Dez. 1930, S. 979—982.

621.313.322.045.5. Abridgment of damper windings for hydroelectric generators, von *C. F. Wagner*. 2400 W., 3 Fig. J. A. I. E. E., Dez. 1930, S. 1001—1004.

621.316.93 : 621.315.2. Short cable lines require lightning arresters, von *E. Beck*. 1200 W., 4 Fig. El. World, 29. November 1930, S. 1003—1005.

621.315.2. 75-kv., three conductor, oil-filled-cable, von *E. F. Nuezel*. 1700 W., 17 Fig. El. World, 13. Dezember 1930, S. 1088—1092.

621.315.21. Reduces cable ionization by super-vacuum process, von *S. J. Rosch* und *H. G. Burd*. 2700 W., 11 Fig. El. World, 20. Dez. 1930, S. 1132—1136.

621.315.62. Designing-insulators to combat fog, von *S. Murray Jones*. 2500 W., 6 Fig. El. World, 20. Dezember 1930, S. 1139—1142.

621.319.4. The application and performance of series capacitors, von *M. J. Alimansky*. 6400 W., 17 Fig., 4 Tab. G. E. R., November 1930, S. 616—625.

621.311.1.00.4 + 621.311.16. Power flow studies in interconnected systems, von *P. B. Juhnke*. 2500 W., 6 Fig. G. E. R., Dez. 1930, S. 670—673.

621.314.234. Reattanze in olio limitatrici di corrente, von *A. Asta*. 6200 W., 11 Fig. Elettrotecnica, 25. Dez. 1930, S. 833—840.

621.314.214. Spannungsregulierung mit Transformatoren und unter Last schaltbaren Stufenschaltern, von *W. Grob*. 8500 W., 26 Fig., 1 Tab. Bull. SEV, 7. Jan. 1931, S. 2—18.

614.8 : 621.316.99. Schutzmassnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung in Niederspannungsanlagen, von *E. Besag*. 9500 W., 9 Fig. Bull. SEV, 21. Jan. 1931, S. 33—44.

621.315.62. Scellement des isolateurs avec du plomb, par *L. Martenet*. 80 W. Bull. SEV, 4. Febr. 1931, S. 75.

4. Kraftwerke. Unterwerke. Netze. Elektrifizierung bestimmter Gebiete.

621.316.262(43). Hauptspannwerk Oberscheld der Hessen-Nassauische Ueberlandzentrale G. m. b. H., von *H. Hepting*. Oberscheid. 1200 W., 7 Fig. AEG-Mittg., Dezember 1930, S. 725—729.

621.316.263—52(43). Selbsttätige Einrichtungen der Umformerstationen der Elektrizitätswerk Südwest A.-G., Berlin, von *R. Schiffmann*. Berlin. 3500 W., 11 Fig. AEG-Mittg., Dez. 1930, S. 730—736.

627.8(43). Talsperren im Harz, von *F. Kennerknecht*, Hannover. 9200 W., 12 Fig., 1 Tab. Wasserkraft, 15. Nov., 1./15. Dez. 1930, S. 281—283/295—299/308—314.

620.9. Die Energiewirtschaft der Welt in Zahlen, von *C. Albrecht*. 1200 W., 8 Fig. E. T. Z., 11. Dezember 1930, S. 1720—1722.

621.311.22.003. Kosten, Raumbedarf und Betriebsergebnisse des Kraftwerkes Plessa des Elektrizitätsverbandes Gröba, von *F. Ohlmüller*. Berlin. 2100 W., 4 Fig., 7 Tab. E. T. Z., 18. Dez. 1930, S. 1733—1738.

621.311(436). Millers Reichsversorgungsplan und Oesterreich, von *Jos. Ornig*, Graz. 4000 W., 6 Fig., 8 Tab. E. u. M., 21. Dez. 1930, S. 1117—1125.

621.311.1.00.4. Die technischen Einrichtungen der Lastverteilungsstelle der BEWAG, von *W. Fleischer* und *K. Mennys*, Berlin. 6300 W., 13 Fig. Elektrizitätswirtschaft 1930, Nr. 511 und 515, S. 330—335/454—460.

621.311.00.3(43). Bilanzen und Geschäftsergebnisse der deutschen Elektrizitäts-Aktiengesellschaften, von *C. Albrecht*, Berlin. 1900 W., 3 Fig., 8 Tab. Elektrizitätswirtschaft 1930, Nr. 523, S. 693—699.

621.311 : 31. Der Haushalt als elektrizitätswirtschaftlicher Faktor. Entwicklungstendenzen in verschiedenen Ländern, von *A. Friedrich*, Berlin. 3000 W., 8 Tab. Elektrizitätswirtschaft 1930, Nr. 523, S. 699—705.

621.316.262(44). Les postes de transformation de Soisy-sous-Montmorency et de Trie-Château du Nord-Lumière, par *H. Daguerre*. 3500 mots, 8 fig. R.G.E., 27 décembre 1930, p. 1043—1049.

621.311(44). L'électrification générale de la France: Etat actuel et développement possible, par *rédaction*. 1100 mots, 1 fig. Revue Alsthom, nov.-déc. 1930, p. 49—50.

621.316.3-742(73). Outdoor Switching Equipment at Northwest Station Commonwealth Edison Company, Chicago, Illinois, von *W. F. Sims* und *C. G. Axell*. 2700 W., 4 Fig. J. A. I. E. E., Nov. 1930, S. 897—900.

621.315.28(73). 75-kv. submarine cable for deepwater station, von *R. W. Wilbraham*. 2800 W., 4 Fig. J. A. I. E. E., November 1930, S. 913—917.

621.311.21-52(73). Semi-automatic hydro plant utilizes variable flow, von *H. K. Fox*. 2000 W., 4 Fig. El. World, 29. November 1930, S. 991—993.

621.311(493). L'industria elettrica al Belgio, von *E. Cesàri*. 3300 W., 1 Fig., 4 Tab. Energia E., Nov. 1930, S. 934—939.

621.311(492). L'industria elettrica all' Olanda, von *E. Cesàri*. 1800 W., 1 Fig., 3 Tab. Energia E., Nov. 1930, S. 939—942.

621.311(92). L'industria elettrica alle Indie olandesi, von *E. Cesàri*. 1400 W., 3 Tab. Energia E., November 1930, S. 942—943.

621.311.21(45). Classificazione delle grandi utilizzazioni idroelettriche italiane in base alla potenza media, al salto e alla portata. *Redaktion*. 1400 W., 1 Fig., 3 Tab. Energia E., Nov. 1930, S. 979—982.

621.311(489). L'industria elettrica alla Danimarca, von *E. Cesàri*. 1500 W., 1 Tab. Energia E., Dez. 1930, S. 1048—1049.

621.311(481). L'industria elettrica alla Norvegia, von *E. Cesàri*. 2200 W., 1 Fig., 2 Tab. Energia E., Dezember 1930, S. 1049—1052.

621.311(485). L'industria elettrica alla Svezia, von *E. Cesàri*. 2100 W., 5 Tab. Energia E., Dez. 1930, S. 1052—1055.

621.316.93 : 621.315.1 : 621.316.99. L'installazione di fili di guardia sulle linee elettriche italiane. *Redaktion*. 2600 W., 4 Tab. Energia E., Dez. 1930, S. 1057—1061.

621.311.00.3(494). La situation financière des entreprises suisses de production et de distribution d'énergie électrique, von *O. Ganguillet*. 850 mots, 4 tab. Bull. SEV, 7. Jan. 1931, S. 18—20.

621.317.8(494). Die neuen Tarife des Elektrizitätswerkes Jona-Rapperswil, von *Redaktion*. 500 W. Bull. SEV, 7. Januar 1931, S. 26—27.

621.317.8(494). Neuer Tarif beim Elektrizitätswerk der Stadt Solothurn. *Redaktion*. 550 W. Bull. SEV, 7. Januar 1931, S. 27.

621.311(73). Die zukünftige Gestaltung der Energieverteilung in New York, von *F. W. Aemmer*. 4500 W., 15 Fig. Bull. SEV, 21. Jan. 1931, S. 44—52.

Generalvertreter für die Schweiz:

A. SCHUBARTH • BASEL

Telegr.-Adr.: SCHUBARTH BASEL Telephon: Safran 36.50

GLÜH- & RADIO-LAMPEN A.-G.
ZÜRICH

182

AEG

Die moderne **Strassenbeleuchtung** durch das

Asymmetrische Holophanesystem

ist das einzige Beleuchtungssystem, bei dem der Lichtstrom der Glühlampe restlos ausgenutzt wird.

Holophane bedeutet:

288

Keine Blendung
Richtig gerichtetes Licht
Grösste Lichtausbeute
Geringste Anlagekosten
Höchste Wirtschaftlichkeit

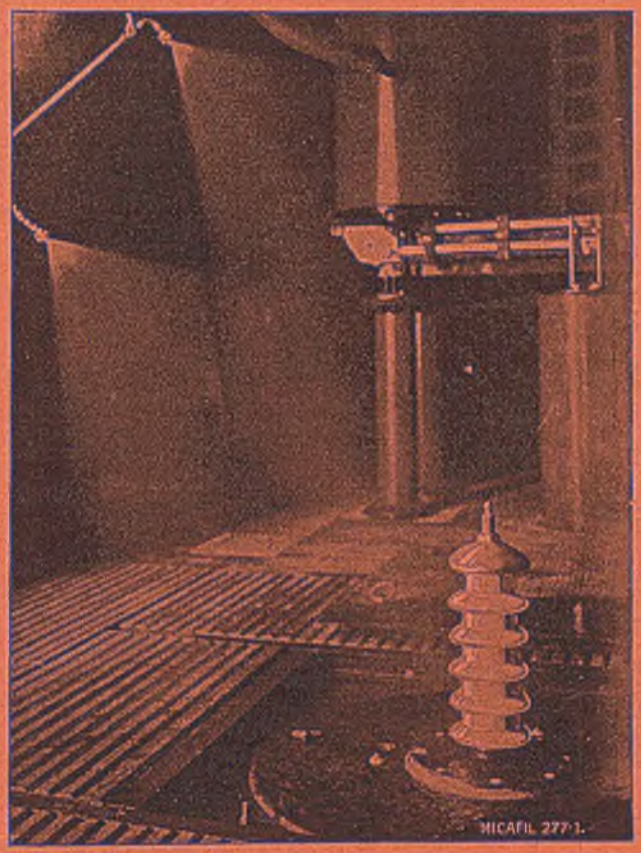
Kostenlose Beratung, Projekte und Preislisten durch:

AEG Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft

ZÜRICH. Stampfenbachstr. 12/14 — *Telephon 41.754/57*

LAUSANNE, rue neuve 3 — *Téléphone 94.44*

ERST NACH STRENGSTEN PRÜFUNGEN
IN UNSEREM PRÜFLOKAL



WELCHE NACH DEN VORSCHRIFTEN DES V.D.E. UND ÜBERDIES UNTER EIGENEN ZUSÄTZLICHEN BEDINGUNGEN VORGENOMMEN WERDEN

VERLASSEN DIE

MICAFIL

KONDENSATORKLEMMEN
UNSER WERK!

IHRE KONSTRUKTION BERUHT AUF LANGJÄHRIGER ERFAHRUNG. JEDES STÜCK BIETET DIE GEWÄHR FÜR

VOLLE BETRIEBSICHERHEIT UND LANGE LEBENSDAUER

249/3

MICAFIL A.-G. ✲ ZÜRICH-ALTSTETTEN

Telephon: ZÜRICH Nr. 55.200 Telegramme: MICAFIL-ALTSTETTEN

FÜR SCHWERE BETRIEBE

wie Bergwerke, Sägereien, Zementfabriken, Pumpenanlagen usw. eignen sich am besten unsere bewährten

ÖLSCHALTKASTEN

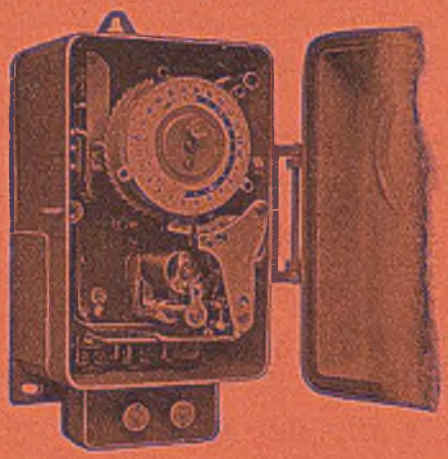
mit automatischer Überstrom- u. Nullspannungsauslösung, mit Freilauf

RAUSCHER & STOECKLIN • SISSACH

Fabrik elektrischer Apparate und Transformatoren

1970

ELEKTRIZITÄTSWERKE!



Für die Steuerung von:

Doppel- und Dreifachtarifzähler, Zähler mit Maximalzeiger, mit oder ohne periodischer Entsperrung wird

nur 1 Apparat benötigt:

Die Schaltuhr

SAIA

welche nach Ihren Angaben leicht kombiniert werden kann.

Auskünfte werden bereitwilligst erteilt durch:

177/1

A.-G. für Schaltapparate, Bern

Gerbergasse 27

La Station d'Etalonnage

de l'Association Suisse des Electriciens

(Seefeldstrasse No. 301, Zurich 8)

possède

un atelier de réparation

et se charge 9

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

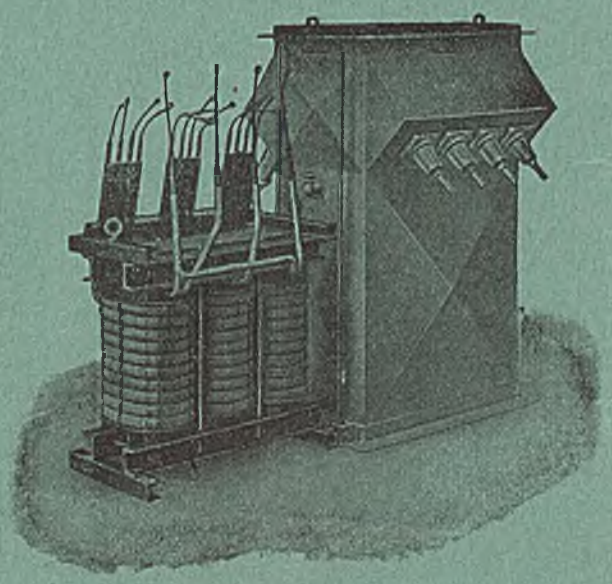
Avant d'entreprendre une réparation elle se rend compte si celle-ci offre un avantage au point de vue économique. Dans les cas douteux ou lorsque la réparation entraînerait des frais élevés, le client est orienté sur le coût probable de la réparation avant de s'y décider.

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.

Moser, Glaser & Co., Basel - Bâle

Spezialfabrik für Transformatoren — Fabrique de transformateurs



Transformatoren

mit Luft- und Oelkühlung

Leistungs-, Prüf-, Kino- und Klingeltransformatoren, Drosselspulen usw. Strom- und Spannungswandler

Transformateurs

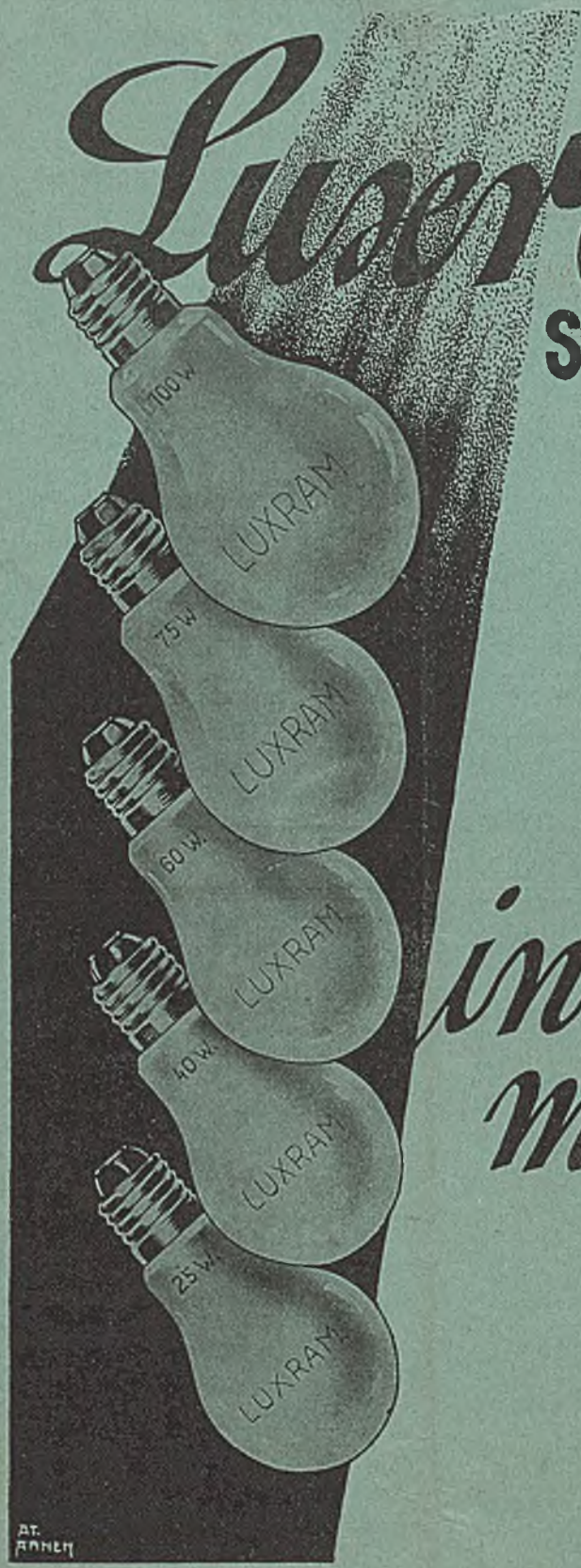
types à air et à huile

Transformateurs pour: force et lumière, essais, Cinéma, sonnerie, etc. Bobines de self. Transformateurs de courant et de tension

1534/1

Luxram

STANDARD



innen-mattiert

DIE TECHNISCH
VOLLENDETE
LAMPE VON
GOLDAU