

*Magnetismus* *Wärme* *Physik*  
*Müller-Prüfer*

# EMU

## ELEKTROTECHNIK UND MASCHINENBAU

ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

VI. THEOBALDGASSE 12

INHALT: R. Richter: Einfluß der Lochung von Transformator-kernen auf den Magnetisierungstrom. S. 285. — Die Elektrotechnik in Österreich. III. Die Elektrifizierung der österreichischen Industrie. S. 291. — RUNDSCHAU: Selbsttätige schlupfunabhängige Parallelschalt-einrichtung. S. 294. — Die Wirkung von Lichtbögen auf Freileitungseile. S. 294. — Ein einfaches Verfahren zur Beobachtung hochfrequenter Spannungen, S. 295. — Die elektrosmotischen Wasserreinigungs-verfahren. S. 295. — PATENTBERICHT. S. 295. — LITERATURBERICHTE. S. 296.

### Kabelfabrik- und Drahtindustrie-Aktiengesellschaft

Wien XII/3, Oswaldgasse 33 • Werke: Wien und Ferlach

Kabelwerke, Gummiwerke, Walzwerke, Drahtzugwerke, Isolierrohrfabrik

#### Höchstspannungskabel

„H“ glimm- u. strahlungsfrei (Pat. Nr. 74.883)  
„SO“ mit erhöhter Strombelastbarkeit und erhöhter Flexibilität (Patent Nr. 109.327)

Bleikabel für Stark- und Schwachstrom

Bleimantelleitungen mit und ohne Eisenbewehrung für feuchte und säure- oder alkalienhaltige Räume

Isolierte Leitungsdrähte, Kabel und Schnüre

Neonkabel

Drähte und Seile für Freileitungen aus Kupfer und Bronze

Isolierrohre samt Zubehör

Telephonkabel, Telegraphenkabel, Blocksignalkabel

Verlegung von Kabelnetzen

Wetter- und säurebeständige Leitungen

Emaildrähte, Dynamo- und Apparatedrähte

Kabel-Garnituren

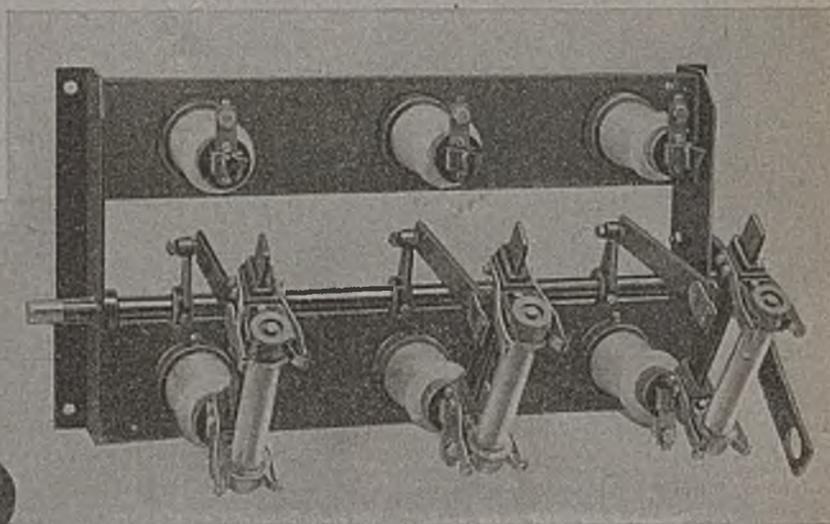
Patentier-te

Flexo-Anschluß-Schnüre

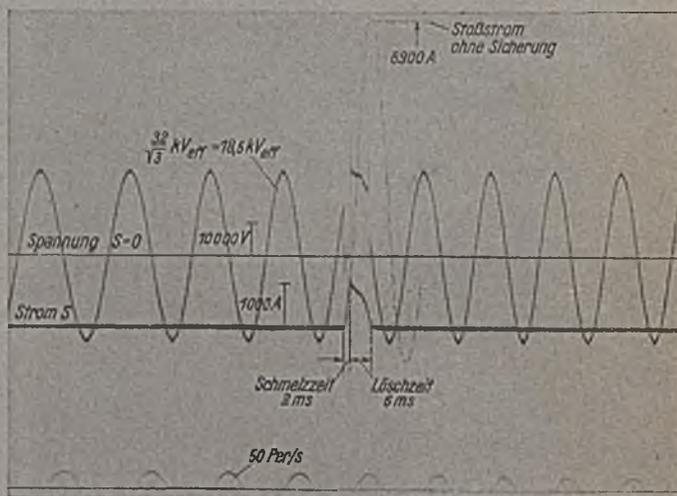
für elektrische Bügeleisen, Heiz- und Kochapparate, Staubsauger, Lautsprecher-, Batterie- und Lichtantennenzuleitung usw.

# H-H-Sicherungen

Hochspannungs-Hochleistungs-Sicherungen



H-H-Trennsicherung Reihe 10 für Innenraum Anlagen



Abschalt-Oszillogramm einer H-H-Sicherung Reihe 30, Nennstrom 15 A

Kurzschlußschutz in Netzen mit Spannungen bis 30 kV

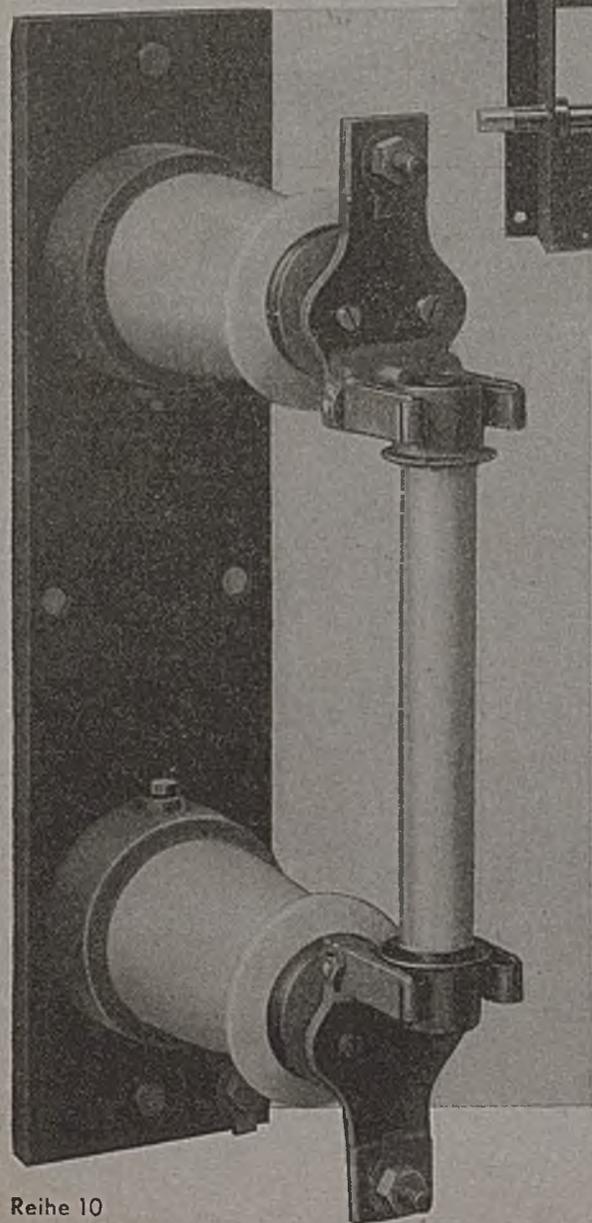
Verwendbar bei hohen Kurzschlußleistungen

Keine Zerstörung durch Korona

Kurze Abschaltzeit

Mit Anzeigevorrichtung lieferbar

Raumersparnis bei Verwendung von H-H-Trennsicherungen



Reihe 10 für Innenraum-Anlagen

**ÖSTERREICHISCHE**

**SIEMENS-SCHUCKERT-WERKE**

# Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet.

Heft 20

Wien, 14. Mai 1933

51. Jahrgang

## Einfluß der Lochung von Transformatorkernen auf den Magnetisierungsstrom.

(Mitteilung aus dem Elektrotechn. Institut der Technischen Hochschule in Karlsruhe.)  
Von Rudolf Richter\*<sup>1)</sup>.

### a) Permeabilität im Eisen konstant, in Luft Null.

Wir betrachten einen beliebig langen Streifen aus Eisenblech von konstanter Breite  $b$  und konstanter Dicke  $\Delta$ , der in der Mitte ein kreisförmiges Loch vom Durchmesser  $d$  hat (Abb. 1). Wir wollen zunächst unter der Annahme, daß die Permeabilität im Eisen konstant und in der Luft Null ist, die Zunahme berechnen, die die magnetische Spannung längs des Streifens durch die Lochung erfährt.

Die Aufgabe ist in der Literatur schon ausführlich behandelt worden<sup>2)</sup>, wobei eine Feldverteilung zugrunde gelegt wurde, wie sie sich bei unendlicher Ausdehnung des Bleches ergibt, und wobei die Ränder des Blechstreifens durch Feldlinien begrenzt werden, so daß also die Breite  $b$  des Blechstreifens veränderlich ist.

Das Feld eines gelochten Bleches von unendlich großer Ausdehnung läßt sich auch als Resultierende eines homogenen Feldes und des Feldes eines Dipols mit unendlich kleinem Abstand zwischen Quell- und Senkpunkt, aber endlichem Moment darstellen<sup>3)</sup>. Je nach der Größe des Momentes des Dipols erhält man verschiedene Durchmesser für den dem Loch entsprechenden Kreis, der von einer Feldlinie begrenzt wird (vgl. Abb. 2). Überlagert man nun dem homogenen Felde die Felder unendlich vieler Dipole, die auf einer Geraden senkrecht zu den homogenen Feldlinien und in gleichen Abständen  $b$  voneinander liegen (Abb. 2), so fallen aus Symmetriegründen die Feldlinien des resultierenden Feldes in der Mitte je zweier benachbarter Dipole (in Abb. 2 gestrichelt) mit den Linien des homogenen Feldes zusammen. Wir erhalten in einem solchen, zwei-

schen zwei gestrichelten Linien liegenden Abschnitt die Feldverteilung, wie sie sich in einem gelochten Eisenband von konstanter Breite  $b$  (Abb. 1) ausbildet<sup>4)</sup>.

Hierbei ist allerdings die Feldlinie, die das Loch aus dem Streifen schneidet, nicht mehr genau ein Kreis, sondern etwas in der  $y$ -Achse abgeflacht. Diese Abflachung ist aber für die praktisch in Frage kommenden Verhältnisse  $d/b$  so gering, daß die Abweichung vom Kreis zu vernachlässigen ist. So beträgt der Unterschied der beiden Achsen bis zu  $d/b = 0.3$  höchstens  $0.5$  vH, bei  $d/b = 0.4$  ist er etwa  $1.7$  vH.

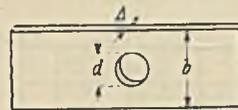


Abb. 1.

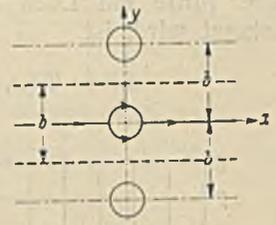


Abb. 2.

Für das komplexe Potential des Feldes nach Abb. 2 können wir schreiben<sup>4)</sup>

$$W = z H_0 + C \operatorname{Cotg} \frac{\pi z}{b} \dots (1),$$

worin

$$z = x + iy \dots (1 a),$$

$H_0$  die homogene Feldstärke für  $x = \pm \infty$  und  $C$  eine Konstante ist. Zerlegen wir  $W$  in den realen und den imaginären Anteil

$$W = \Phi(x, y) + i \Psi(x, y) \dots (2),$$

so stellt

$$\Phi(x, y) = \text{const.} \dots (3 a)$$

die Niveaulinien und

$$\Psi(x, y) = \text{const.} \dots (3 b)$$

die Feldlinien dar. Wir erhalten nach einigen Umformungen

$$\Phi(x, y) = (x + CK \sin 2\xi) H_0 \dots (2 a)$$

und

$$\Psi(x, y) = (y - CK \sin 2\eta) H_0 \dots (2 b)$$

mit den Abkürzungen

$$\xi = \frac{\pi}{b} x, \quad \eta = \frac{\pi}{b} y, \quad K = \frac{\operatorname{Cot} 2\xi + \cos 2\eta}{\sin^2 2\xi + \sin^2 2\eta} (2c, d, e).$$

<sup>1)</sup> Müller, a. a. O., S. 83.

<sup>2)</sup> Die Abhandlung konnte wegen Raummangel in die Festnummer nicht aufgenommen werden. D. S.

<sup>3)</sup> Die Einzelrechnungen und die zeichnerischen Darstellungen wurden von den Herren Dipl.-Ing. Laubenheimer und Dipl.-Ing. Reerink, die Messungen von Herrn Dipl.-Ing. Mehlhardt und Herrn Ing. Ernsthausen ausgeführt.

<sup>4)</sup> B. Hague, The effect produced on the permeance of a laminated pole-core by the insertion of a solid steel fixing-piece, J. Inst. El. Eng. London, 65 (1926) S. 476.

<sup>5)</sup> Müller, Mathematische Strömungslehre, S. 80 bis 82. Rothe-Ollendorff-Pohlhausen, Funktionentheorie, S. 94 bis 101. Ollendorff, Potentialfelder der Elektrotechnik, S. 163 bis 167.

Die Konstante  $C$  ergibt sich aus der Bedingung, daß im Punkte ( $x=d/2, y=0$ ) die Feldstärke Null sein muß, zu

$$C = \frac{b}{\pi} \operatorname{Sin}^2 \frac{\pi d}{2b} \dots (2f)$$

Die Zunahme, welche bei veränderlichem Fluß die magnetische Spannung längs eines Blechstreifens von der Länge  $l$  erfährt, wenn in

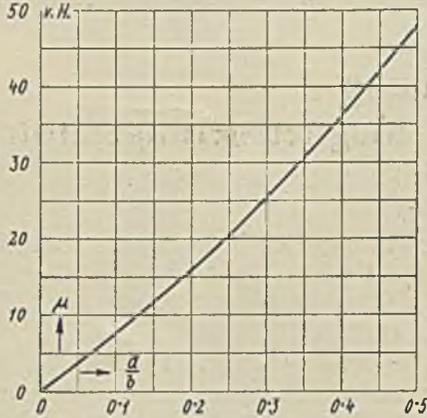


Abb. 3. Verhältnis  $\mu = \Delta V/d \cdot H_0$  zwischen der Zunahme der magnet. Spannung für ein Loch und der magnet. Spannung im ungelochten Blech über eine Länge gleich dem Lochdurchmesser  $d$ ; Permeabilität im Eisen konstant.

seiner Mitte ein Loch von dem Durchmesser  $d$  gestanzt wird, ist

$$\Delta V = \Phi(x, y) \Big|_{-l/2}^{+l/2} - l H_0 \dots (4)$$

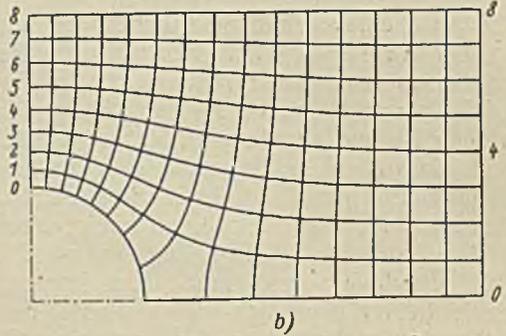
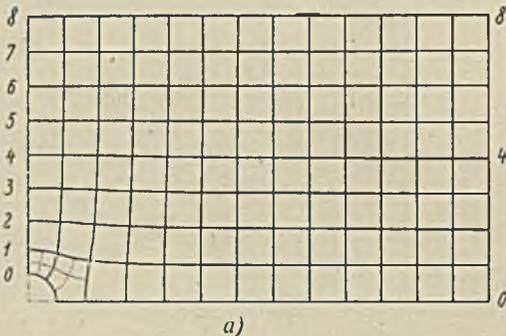


Abb. 5 a und b. Netz der Feld- und Niveaulinien bei konst. Permeabilität im Eisen. a)  $d/b = 0.1$ , b)  $d/b = 0.4$ .

und beträgt für  $l \rightarrow \infty$

$$\Delta V = H_0 \frac{b}{\pi} \operatorname{Sin}^2 \frac{\pi d}{2b} \dots (4a)$$

In Abb. 3 ist das Verhältnis

$$\mu = \frac{\Delta V}{d \cdot H_0} = \frac{b}{\pi d} \operatorname{Sin}^2 \frac{\pi d}{2b} \dots (4b)$$

als Funktion von  $d/b$  aufgetragen. In den meisten praktischen Fällen ist  $0.10 \leq d/b \leq 0.15$ . Hierfür beträgt die Zunahme der magnetischen Spannung je Loch etwa 10 vH des Teiles der magnetischen Spannung, der ohne Loch längs einer Länge, die gleich dem Lochdurchmesser ist, auftritt. Die Teilung  $l$  (Abb. 4) der Lochung ist in praktischen Fällen mindestens gleich  $b$ . Für  $l=b$  ist aber  $\Delta V$  nach Gl. (4) nur um etwa 8 vH geringer als

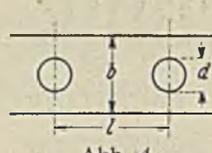


Abb. 4.

für  $l = \infty$ , so daß mit hinreichender Genauigkeit die Kurve in Abb. 3 für alle praktischen Fälle Gültigkeit hat. Es wird also zum Beispiel für  $b/d = 0.125$  die gesamte Spannung längs eines Kernes durch die Lochung um nur etwa 1 vH zunehmen.

b) Berücksichtigung der Permeabilität im Eisen, Permeabilität der Luft Null.

Aus dieser Betrachtung geht hervor, daß die Zunahme des Magnetisierungsstromes durch die Lochung zu vernachlässigen ist, wenn die Permeabilität des Eisens als konstant angesehen werden darf. Das wird bei hochlegiertem Blech, das wir hier immer voraussetzen<sup>5)</sup>, der Fall sein für Induktionen von etwa 4000 bis 5000 Gauß. In praktischen Fällen ist aber schon in dem nicht-gelochten Blechteil die Induktion wesentlich höher. Wir müssen deshalb den Einfluß der Veränderlichkeit der Permeabilität näher untersuchen, wobei wir vorläufig noch die Permeabilität der Umgebung gleich Null setzen.

In Abb. 5 a und b ist das quadratische Netz der nach Gl. (3 a und b) berechneten Feld- und Niveaulinien bei konstanter Permeabilität im Eisen für  $d/b = 0.1$  und für einen extremen Fall  $d/b = 0.4$  aufgezeichnet. Abb. 6 a und b zeigen das Induktionsverhältnis  $B/B_0$  längs einiger der mit 0 bis 8 bezeichneten Feldlinien. Man könnte nun versuchen, unter der Annahme, daß dasselbe

Feldbild auch bei veränderlicher Permeabilität gilt, die Feldstärke nach Maßgabe der Magnetisierungskurve längs der einzelnen Induktionslinien aufzutragen und die magnetische Spannung als das Integral der so erhaltenen Feldstärke längs der Induktionslinien bei konstanter Permeabilität zu ermitteln. Man würde dann für jede Feldlinie eine andere magnetische Spannung erhalten, für die Feldlinie 0 eine viel zu große, für die Feldlinie 8 eine zu kleine. In Zahlentafel 1 sind beispielsweise für  $d/b = 0.1, B_0 = 13\,000$  Gauß und  $d/b = 0.4, B_0 = 11\,000$  Gauß, die magnetischen Spannungen  $V'_0, V'_4$  und  $V'_8$  längs der Feldlinien 0, 4 und 8 für einen Blechabschnitt von der

<sup>5)</sup> Richter, Elektrische Maschinen, Bd. II, Magnetisierungskurve S. 104.

Breite  $b = 7.5$  cm und der Länge  $l = 12$  cm in Klammern angegeben. Die magnetische Spannung  $V_4$  längs der mittleren Feldlinie 4 wird vermutlich in grober Annäherung die wirkliche magnetische Spannung ergeben.

Zahlentafel I.

	$V'_0$	$V'_4$	$V'_8$	$V'_{12}$
$d/b = 0.1$ $B_0 = 13000$ Gauß	(1804) 104	(92.5) 94.4	(86.5) 94.5	93.7
$d/b = 0.4$ $B_0 = 11000$ Gauß	(6380) 432	(285) 336	(167) 317	363

linie in der Nähe von  $x=0$  und  $x \gg d/2$  wird also durch die Veränderlichkeit der Permeabilität nicht merklich beeinflusst. Wir können deshalb im Schnitt durch Lochmitte und in großer Entfernung vom Loch die Verteilung der Feldstärke beibehalten, wie sie sich aus dem Feldbilde für konstante Permeabilität ergibt, und erhalten dazu aus der Magnetisierungskurve die Verteilung der Induktion. Der Maßstab von  $H$  bestimmt den Mittelwert der Induktion, der proportional dem Fluß ist und durch Multiplikation mit  $(1-d/b)$  die mittlere Induktion  $B_0$  im ungelochten Teil ergibt. In Abb. 8 ist, beispielsweise für  $d/b = 0.4$ , der

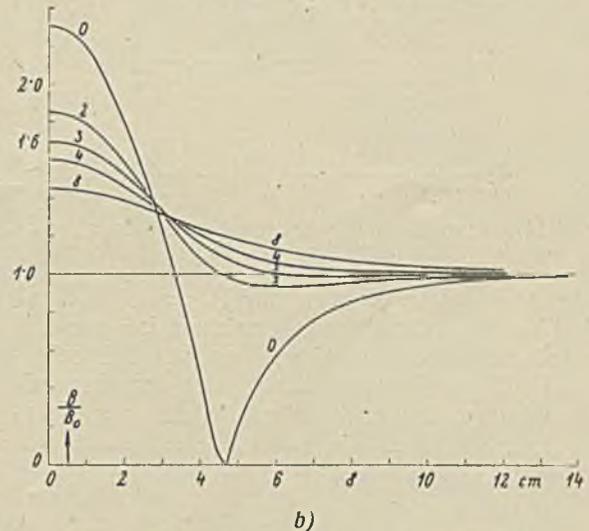
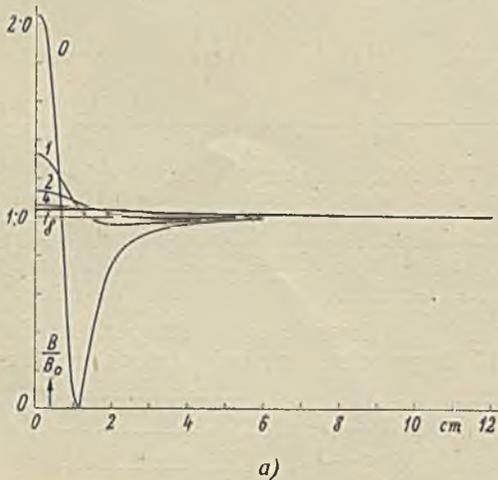


Abb. 6 a und b. Induktion längs einiger der in Abb. 5 a und b mit 0 bis 8 bezeichneten Feldlinien.

Wir können uns aber auf rechnerischem Wege noch weiter der wirklich auftretenden Spannung nähern. Der Einfluß der Veränderlichkeit der Permeabilität bewirkt in allen praktischen Fällen eine Vergleichmäßigung der Induktionsverteilung. Im Schnitt durch das Loch wird die Induktion in der Nähe des Loches kleiner, in der Nähe des äußeren Randes größer (Abb. 7 a und b); im Schnitt durch den nicht gelochten Teil wird

Maßstab von  $H$  durch Probieren so ermittelt, daß  $B_0 = 11000$  Gauß ist.

$$\text{Teilen wir } F = \int_{d/2}^{b/2} B dy \text{ in } n \text{ gleiche Teile, so}$$

ergeben die zu den Ordinaten  $\frac{\nu}{n} F$  (worin  $\nu = 0, 1 \dots n$ ) gehörigen Abszissen die Punkte der Induk-

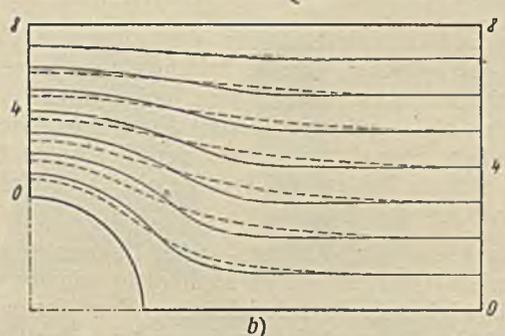
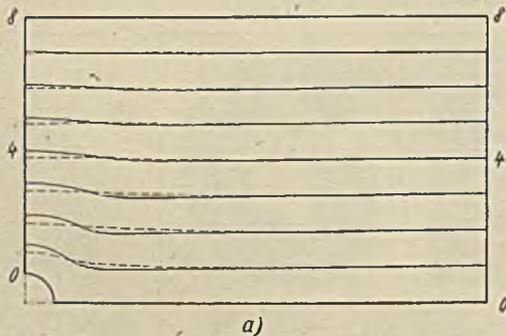


Abb. 7 a und b. Vergleich der Induktionslinien bei veränderlicher (voll ausgezogen) und bei konst. Permeabilität (gestrichelt). a)  $d/b = 0.1$ ,  $B_0 = 13000$  Gauß, b)  $d/b = 0.4$ ,  $B_0 = 11000$  Gauß.

sie in der Nähe des Randes kleiner. Zwischen diesen Grenzlagen muß es also eine Stelle geben, die in der Nähe von  $x = d/2$  liegt, wo die Induktion unverändert bleibt.

Die Tangente an die Feldlinien wird sich nur in der Gegend  $x = d/2$  etwas ändern, während sie für  $x = 0$  und in großer Entfernung vom Loch unverändert, nämlich parallel zur  $x$ -Achse bleibt (Abb. 7 a und b). Der Verlauf einer Niveau-

Induktionslinien 0 bis  $n$  im Schnitt durch die Lochmitte. In genügend großer Entfernung vom Loch haben alle Röhren gleiche Breite. Wir wissen ferner, daß sich benachbarte Kurven, die die Induktion längs der einzelnen Linien darstellen, schneiden müssen, und zwar in einem Punkte, der ungefähr in der Entfernung  $d/2$  vom Anfangspunkt  $x = 0$  liegt (Abb. 6 a und b). Mit diesen Angaben ist es leicht, die Induktion längs der Feldlinien bei Be-

rücksichtigung der Veränderlichkeit der Permeabilität mit praktisch hinreichender Annäherung zwischen die Induktionskurven bei konstanter Permeabilität einzuzeichnen. In Abb. 9 sind bei-

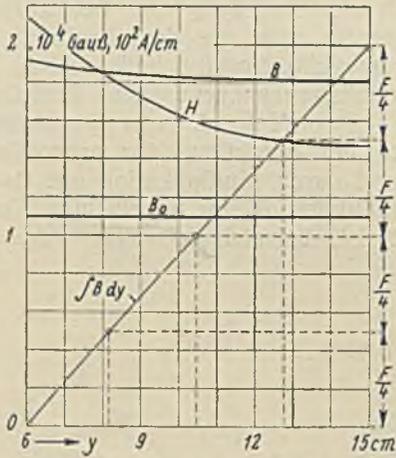


Abb. 8. Bestimmung der Schnittpunkte der Induktionslinien mit der  $y$ -Achse.

spielsweise solche Kurven für  $B_0 = 11\,000$  Gauß und  $d/b = 0.4$  aufgetragen. Unsicher ist nur der Verlauf der Induktion längs der mit 0 bezeichneten Feldlinie. Entnehmen wir jetzt der Magnetisierungskurve die zugehörigen Werte der Feld-

das Netz der Feld- und Niveaulinien in seiner feinsten Unterteilung nicht mehr quadratisch, sondern muß rechteckig sein. In Abb. 10 a und b sind solche Feldbilder gezeichnet. Die Auswertung der Feldbilder ergibt die in die letzte Spalte der Zahlentafel 1 eingetragenen magnetischen

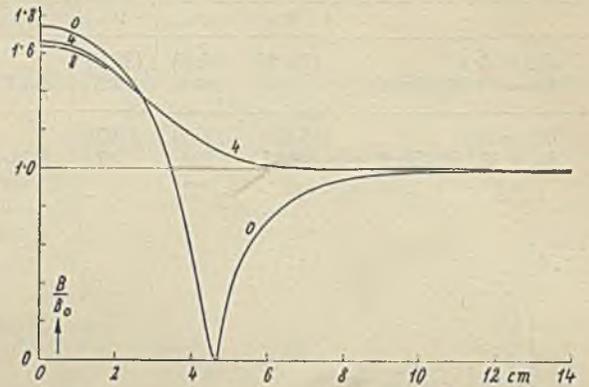


Abb. 9. Wie Abb. 6 b, aber mit Berücksichtigung der Veränderlichkeit der Permeabilität;  $B_0 = 11\,000$  Gauß.

Spannungen  $V_F$  die für praktische Zwecke hinreichend mit den nicht eingeklammerten Werten  $V_4$  übereinstimmen.

Ziehen wir von der magnetischen Spannung  $V'$  längs eines einfach gelochten Blech-

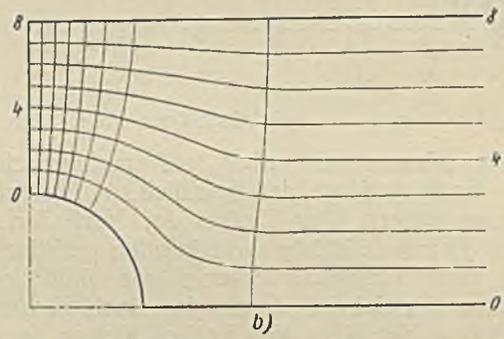
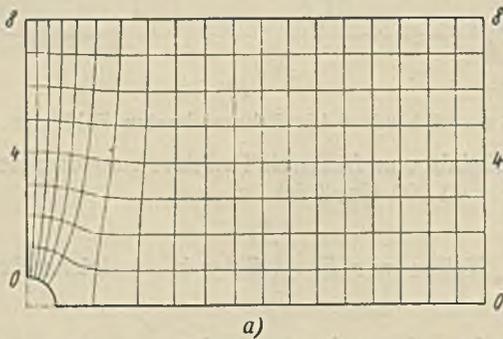


Abb. 10 a und b. Netz der Feld- und Niveaulinien bei veränderlicher Permeabilität; hochlegiertes Blech. a)  $d/b = 0.1$ ,  $B_0 = 13\,000$  Gauß, Unterschiede benachbarter Niveaulinien 5 A. b)  $d/b = 0.4$ ,  $B_0 = 11\,000$  Gauß, Unterschiede benachbarter Niveaulinien 50 A.

stärke und integrieren über die einzelnen Feldlinien, so weichen die erhaltenen magnetischen Spannungen nicht mehr in dem hohen Maße voneinander ab wie in der ersten Rechnung. Die so erhaltenen Spannungen längs der Feldlinien 0, 4 und 8 sind in Zahlentafel 1 eingeschrieben (Zahlen ohne Klammern).

Nachdem die Anfangs- und Endpunkte der Feldlinien festliegen, ist es auch nicht schwer, das Feldbild mit Berücksichtigung der Veränderlichkeit der Permeabilität aufzuzeichnen (voll ausgezogene Linien in Abb. 7 a und b). Die  $y$ -Achse ist eine Niveaulinie. Auf dieser liegen die Punkte der Induktionslinien, von denen aus wir das Feldbild aufzeichnen, fest. Die Induktionslinien sind nun so fortzuführen und die benachbarten Niveaulinien so zu zeichnen, daß das Produkt aus der mittleren Induktion einer Röhre entsprechenden Feldstärke und dem mittleren Abstand benachbarter Niveaulinien für alle Röhren gleich groß wird. Wenn die Potentialdifferenz aller benachbarten Niveaulinien dieselbe sein soll, kann

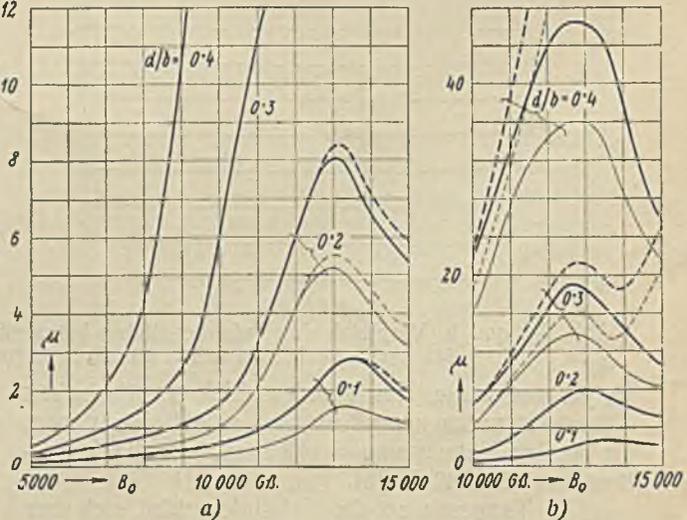
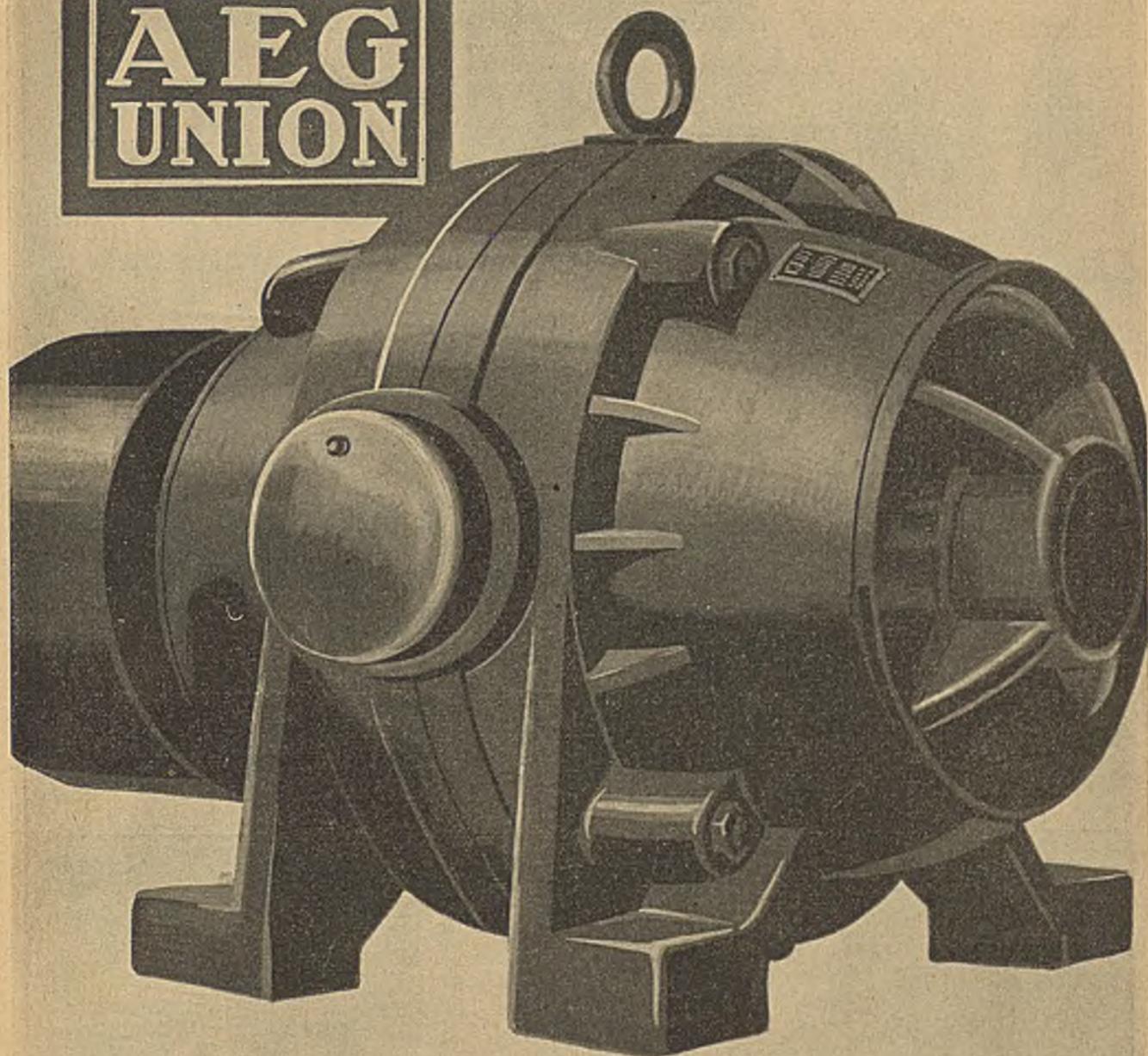


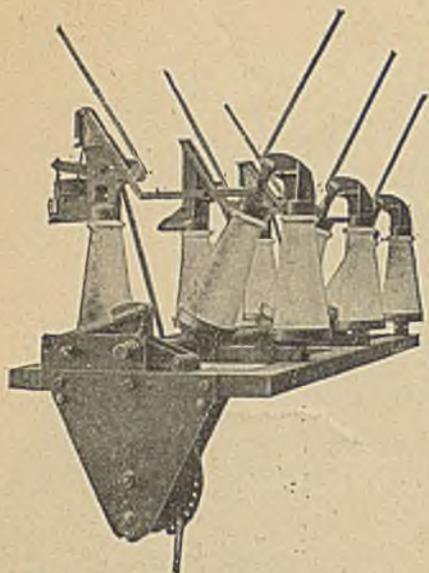
Abb. 11 a und b. Wie Abb. 3, aber bei veränderlicher Permeabilität. Starke Kurven nach genauerem, dünne nach primitivem Verfahren; gestrichelte Äste ohne Berücksichtigung der Entlastung durch die Nebenwege. Hochlegiertes Blech.

**AEG  
UNION**



# GEAL MOTOR

**A. E. G.-UNION Elektrizitäts-Gesellschaft**  
WIEN - LINZ - SALZBURG - INNSBRUCK - GRAZ - KLAGENFURT



# HÖRNERSCHALTER

mit direkter Auslösung für

**Klein-Transformatoren-Stationen**

**Hörnerschalter** mit selbsttätiger Wiedereinschaltung

Verlangen Sie Spezialoffert von

**Dr. Paul**

# HOLITSCHER

**& Co.**

**Wien IV, Starhembergasse 4-6**

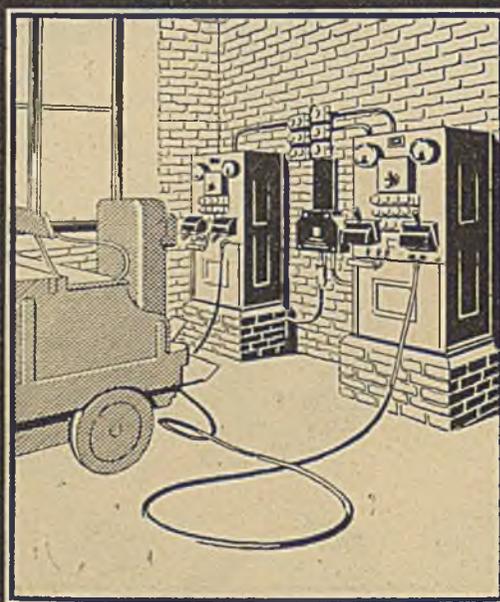
**Fernsprecher: U-47-5-50 Serie**

**Telegr.: Elektromaterial Wien**

**Vollautomatische  
AFA**

**Gleichrichter-Anlagen  
AFA-3-Röhren-System  
unerreicht betriebssicher  
wirtschaftlich/einfach  
seit Jahren bewährt**

**AFA**



## ACCUMULATOREN - FABRIK

**AKTIENGESELLSCHAFT**

**WIEN 1 WIPPLINGERSTRASSE 23**

streifens (vgl. Abb. 1) von genügend großer Länge die magnetische Spannung  $V$  des ungelochten Blechstreifens ab, so erhalten wir den durch die Lochung hervorgerufenen Zuwachs

$$\Delta V = V' - l H_0 \dots (5a)$$

der magnetischen Spannung, womit wir das bereits in Gl. (4b) eingeführte Verhältnis

$$\mu = \frac{\Delta V}{d \cdot H_0} = \frac{V'}{d \cdot H_0} - \frac{l}{d} \dots (5b)$$

erhalten. Das nach dieser Gleichung mit  $V' = 2V_4$  berechnete  $\mu$ , wobei  $V_4$  nach dem zuletzt entwickelten Verfahren ermittelt wurde, ist in Abb. 11a und b als Funktion der Induktion  $B_0$  im ungelochten Blechteil für verschiedene Verhältnisse  $d/b$  aufgetragen (starke Kurven mit den gestrichelten Ästen).

**c) Berücksichtigung der Permeabilität der Luft; Vergleich mit der Messung.**

Durch die parallel geschalteten Nebenwege aus unmagnetischen Stoffen wird das Eisen entlastet und der Zuwachs der magnetischen Spannung durch die Lochung verringert. Um diesen Einfluß beurteilen zu können, wurde an einem Modell die Entlastung des Eisens durch die Nebenwege experimentell ermittelt. Zu diesem Zweck wurde das Eisen der vier Blechpakete eines Epsteinischen Eisenprüfapparates in der Mitte durchbohrt. Die Erregerspule dieses Blechpaketes wurde auf einen Kreiszyylinder mit 66 mm Durchmesser gewickelt.

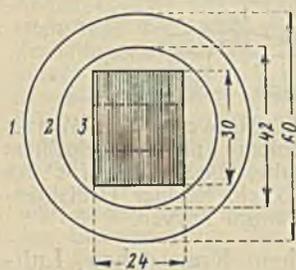


Abb. 12.1 p  
Lage der Probenspulen beim Versuch;  $d/b = 0.4$ .

Probenspulen zur Messung der Flüsse wurden angeordnet, und zwar zwei auf Kreiszyindern mit 60 mm (Spule 1 in Abb. 12) und 42 mm (Spule 2), je eine um das ganze Blechpaket (Spule 3) und um die Eisenteile im Schnitt durch Lochmitte. Bei höheren Kerninduktionen streuen die Induktionslinien in der Nähe des Loches, so daß der mit einer Windung der Erregerwicklung verkettete Fluß am Loch kleiner ist als im ungelochten Teil.

Die Auswertung der Versuchsergebnisse, die hier im einzelnen nicht wiedergegeben werden können, ergab, daß im Schnitt durch Lochmitte die mittlere Feldstärke im Querschnitt der Nebenwege praktisch gleich der Feldstärke der wirklichen mittleren Eiseninduktion gesetzt werden darf, die wieder praktisch gleich der Induktion längs der Feldlinie 4 ist (Abb. 9, worin die Kurve 4 jetzt die scheinbare Induktion darstellt). Man erhält also die Feldstärke im Schnitt durch Lochmitte, indem man das Verhältnis  $k_N$  des Gesamtquerschnittes der Nebenwege zum reinen Eisenquerschnitt bildet (zum Beispiel 6.15 für Spule 1 und 2.5 für Spule 2) und alsdann die Feldstärke aus der scheinbaren Induktion ebenso ermittelt, wie es bei den Ankerzähnen üblich ist<sup>6)</sup>.

<sup>6)</sup> Vgl. Richter, Elektrische Maschinen, Bd. I, S. 187 ff.

Das Verhältnis  $k_N$ , wie es für Lochmitte bestimmt ist, kann zur Vereinfachung der Rechnung auch für die anderen Stellen des Bleches beibehalten werden, weil mit abnehmendem Verhältnis  $k_N$  der Einfluß der Entlastung sehr schnell verschwindet.

Die starken voll ausgezogenen Kurven in Abb. 11a und b sind auf diese Weise ermittelt, wobei für die Verhältnisse  $d/b$  gleich 0.1, 0.2, 0.3 und 0.4 die Durchschnittswerte  $k_N$  gleich 1.4, 1.7, 2.1 und 2.6 gesetzt sind.

Es wurde auch versucht, das Verhältnis  $\mu$  experimentell zu ermitteln. Zu diesem Zweck wurde ein magnetischer Spannungsmesser von  $l = 10$  cm Länge angefertigt und parallel zu den hohen Kanten der Bleche unmittelbar an das Blechpaket gelegt, so daß seine Mitte in die Mittellinie des Loches fiel. Von der gemessenen Spannung  $V'$  wurde die Spannung  $V = d \cdot H_0$  bei ungelochtem Blech und demselben Fluß abgezogen und mit dem so erhaltenen Wert  $\Delta V$  das Verhältnis  $\mu$  nach Gl. (5b) berechnet. Diese Ermittlung von  $\mu$  ist dann sehr ungenau, wenn  $V'$  nur wenig größer ist als  $V$  (kleine Werte von  $d/b$  oder niedrige Induktionen) oder wenn bei hohen Induktionen die Streuung der Induktionslinien in der Nähe des Loches nicht gestattet, die Induktion bei ungelochtem Blech genau genug anzugeben (große Werte von  $d/b$ ). Einigermaßen zuverlässig war deshalb nur die Messung bei  $d/b = 0.3$  (Lochdurchmesser  $d = 9$  mm). Es ergaben sich hierbei bis zu  $B_0 = 12000$  Gauß nur geringe Unterschiede zwischen Messung und Rechnung. Bei  $12000 \text{ Gauß} \leq B_0 \leq 15000 \text{ Gauß}$  lagen die gemessenen Werte bis zu etwa 20 vH höher als die berechneten.

Es wurde auch untersucht, welchen Einfluß ein isolierter Bolzen im Loch auf das Verhältnis  $\mu$  hat. Bei einem Lochdurchmesser  $d = 9$  mm und einem Bolzendurchmesser  $d = 7$  mm ergaben sich bei  $d/b = 0.3$  und bis  $B_0 = 12000$  Gauß praktisch dieselben, bei  $12000 \text{ Gauß} \leq B_0 \leq 15000 \text{ Gauß}$  bis zu etwa 12 vH kleinere Werte für  $\mu$  als ohne Bolzen. Die Werte wurden ballistisch gemessen; bei Wechselstrommagnetisierung müßte sich wegen der Rückwirkung der Wirbelströme ein noch geringerer Unterschied ergeben.

**d) Primitives Verfahren.**

Die bisher behandelte Berechnung des Faktors  $\mu$  ist sehr zeitraubend. Eine große Vereinfachung erfährt seine Ermittlung, wenn man, wie es bei der Berechnung der magnetischen Spannung der Ankerzähne üblich ist, die mittlere scheinbare Induktion berechnet, wie sie sich als Quotient von Nutzfluß und Eisenquerschnitt senkrecht zur Mittellinie des Bleches ergibt, die Feldstärke unter Berücksichtigung der Entlastung der Nebenwege ermittelt und das Integral über das Loch bildet. Um zu zeigen, wie weit die Ergebnisse dieses physikalisch nicht gerechtfertigten Verfahrens von denen des genaueren abweichen, ist in Abb. 11a und b der nach dem primitiven Verfahren ermittelte Faktor  $\mu$  durch dünne Kurven dargestellt, wobei die gestrichelten Teile

wieder ohne Berücksichtigung der Entlastung durch die Nebenwege gelten. Die Integration der Feldstärke längs des Lochdurchmessers wurde nach der Simpsonschen Rechenregel<sup>10)</sup> ausgeführt mit  $2n=4$  Abschnitten längs des Lochradius. Wir erkennen aus der Darstellung in Abb. 11 a und b, daß das primitive Verfahren der Größenordnung nach brauchbare Werte für  $\mu$  ergibt, und zwar liegen sie etwas unter den nach dem genaueren Verfahren gewonnenen Werten.

Auch der charakteristische Verlauf der Kurven stimmt bei beiden Verfahren überein. Die bei den gestrichelten Kurven für  $d/b=0.3$  in Abb. 11 b deutlich erkennbare Sattelbildung wurde schon in Band II der „Elektrischen Maschinen“ (Abb. 62) gefunden, wo die Ankerspannung für gelochte, unlegierte Bleche nach dem primitiven Verfahren ohne Berücksichtigung der Entlastung durch die Nebenwege berechnet wurde. Zwischen  $\mu$  und dem dort eingeführten Verhältnis  $\zeta$  besteht die Beziehung  $\zeta = (\mu + 1) H_0 / H_{max}$ , worin  $H_{max}$  die der mittleren Eiseninduktion im Schnitt durch Lochmitte entsprechende Feldstärke ist.

e) Der Magnetisierungsstrom.

Wir bezeichnen mit  $V_L$  die magnetische Spannung längs sämtlicher Luftspalte im magnetischen Kreis, die bei demselben Fluß von der Lochung unabhängig ist, und nehmen an, daß außer den Luftspalten verschiedenartige Eisenwege in Reihe geschaltet sind, wobei in jedem dieser Teile die Länge mit  $L$ , die Zahl der hintereinander liegenden Löcher mit  $Z$  bezeichnet werde. Setzen wir dann noch voraus, daß die Lochteilung so groß ist, daß in der Mitte zwischen benachbarten Löchern die Verteilung der Induktion über den Querschnitt gleichmäßig angenommen werden darf, so erhalten wir das Verhältnis der magnetischen Spannungen bei gelochtem und ungelochtem Eisen zu

$$\frac{V'}{V} = \frac{V_L + \sum(L + Z\mu d) H_0}{V_L + \sum L H_0} = 1 + \frac{\sum Z\mu d \cdot H_0}{V_L + \sum L H_0} \quad (6).$$

Besteht der Eisenweg nicht aus verschiedenartigen Teilen, so fällt das Summenzeichen weg. Enthält der Kreis auch keine Luftspalte, so ist  $V_L=0$ , und mit der mittleren Lochteilung

$$l = \frac{L}{Z} \dots \dots \dots (7a)$$

vereinfacht sich Gl. (6) zu

$$\frac{V'}{V} = 1 + \mu \frac{d}{l} \dots \dots \dots (7).$$

Die Gl. (6) und (7) gelten für das Verhältnis der Spannungsamplituden, sofern  $\mu$  für den Höchstwert  $B_0$  der Abb. 11 a oder b entnommen wird. In demselben Verhältnis stehen auch die Amplituden der Magnetisierungsströme. Das Verhältnis der Effektivwerte der Magnetisierungsströme ist gleich dem Verhältnis

$$J = \frac{V'_{eff}}{V_{eff}} = \sqrt{\frac{\int_0^{T/4} v'^2 dt}{\int_0^{T/4} v^2 dt}} = \sqrt{\frac{\int_0^{T/4} [v_L + \sum(L + Z\mu d) h_0]^2 dt}{\int_0^{T/4} [v_L + \sum L h_0]^2 dt}} \quad (8),$$

worin die kleinen Buchstaben  $v, v', v_L$  bzw.  $h_0$  die Augenblickswerte der Spannungen bzw. der Feldstärke bezeichnen.

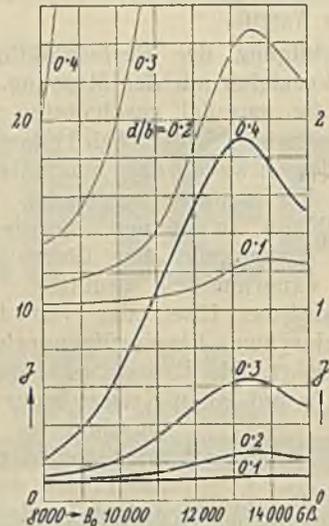


Abb. 13. Verhältnis  $J$  der Effektivwerte der Magnetisierungsströme bei gelochtem und ungelochtem magnet. Kreis, ohne Luftspalte, Lochteilung  $l$  gleich Blechbreite  $b$ . Hochlegiertes Blech. Rechter Ordinatenmaßstab für die dünnen Kurven.

Für einen magnetischen Kreis ohne Luftspalte mit gleichartigen Eisenteilen und einer Lochteilung  $l=b$  vereinfacht sich Gl. (8) zu

$$J = \sqrt{\frac{\int_0^{T/4} v^2 \left(1 + \mu \frac{d}{b}\right) dt}{\int_0^{T/4} v^2 dt}} \dots \dots \dots (9).$$

Setzen wir zeitlich sinusförmigen Verlauf der Induktion voraus ( $B_0 \sin \omega t$ ), entnehmen wir mit diesen Augenblickswerten der Induktion die Werte  $\mu$  den starken voll ausgezogenen Kurven in Abb. 11 a und b und berechnen die Integrale nach der Simpsonschen Regel mit  $2n=4$  Zeitabschnitten, so erhalten wir das Verhältnis  $J$  der Effektivwerte der Magnetisierungsströme bei gelochtem und ungelochtem hochlegiertem Blech, wie es in Abb. 13 veranschaulicht ist. Die Vergrößerung des Effektivwertes der Magnetisierungsströme wird bei Kerninduktionen in der Gegend von  $B_0 = 13500$  Gauß am größten, um dann wieder abzunehmen.

# Die Elektrotechnik in Österreich.

(Fortsetzung aus Heft 18, S. 268.)

## III. Die Elektrifizierung der österreichischen Industrie.

Die Industrie Österreichs war auch nach dem Weltkrieg in den ihr nunmehr eng gezogenen Grenzen bestrebt, ihre Betriebe dem jeweiligen Stand der Technik anzupassen. Es galt vor allem, sich der Vorteile zu bedienen, die die Elektrotechnik darbietet, um dadurch eine Verbilligung und Verbesserung der Erzeugnisse zu erzielen.

Für die Stromversorgung ihrer Betriebe verwendet die österreichische Industrie außer dem Anschluß an öffentliche Netze in ausgedehntem Maße werkeigene Anlagen. Die Ausnützung der Wasserkräfte und die Verbundwirtschaft im eigenen Betrieb oder im Zusammenhang mit werkfremden Netzen ergab manche technisch und wirtschaftlich bemerkenswerte Ausführungen, namentlich bei der Verwendung von Hochdruckdampf. Bedienungslos arbeitende Zubringerwerke mit selbsttätigen Meldeeinrichtungen sollen hier ebenso erwähnt werden, wie eine Industrieanlage, die sowohl durch mehrere eigene Stromerzeuger als auch durch ein fremdes Netz versorgt werden kann; sie verwendet ein Leistungsmeßwerk mit einer Steuereinrichtung, die bei steigendem Strombedarf zunächst selbsttätig die stufenweise Zuschaltung der eigenen Stromerzeugersätze und schließlich den Anschluß an die Fremdstromquelle bewirkt. Eine zusätzliche Selbstschalteinrichtung stellt den Netzanschluß schon bei Einschalten des letzten Eigensatzes in Bereitschaft.

Ein großzügiges Beispiel planmäßiger Strom- und Wärmewirtschaft, die der Österr. Alpenen Montangesellschaft, darf hier als bekannt angesehen werden<sup>1)</sup>. Ihre drei Haupt-Kraftwerke in Eisenerz, Dona- witz und Fohnsdorf, teils mit Gichtgas und Dampf aus Abhitzekeßeln von Gasmaschinen und metallurgischen Öfen, teils mit Abfallkohle betrieben, sind durch 35 kV-Freileitungen von etwa 70 km Gesamtlänge zusammengefaßt und stehen in Verbundwirtschaft mit den großen Stromlieferungsunternehmungen Steiermarks. Ein kurzes Stück dieser Leitungen, das über Geländeänderungen ausgesetztes Rutschgebiet führt, ist durch eine ungewöhnliche Ausbildung der Maste und Leitungsträger bemerkenswert, die in gewissem Ausmaß Mastverschiebungen ohne unzulässige Änderung der Lage und der Beanspruchung der Leitungseile zuläßt.

Der Quecksilberdampf-Großgleichrichter hat sich auch in Hüttenwerksbetrieben einen Platz erobert, wo er sowohl für die Speisung von Haupt- als auch Hilfsantrieben verwendet wird. Für den Motor einer größeren Eisenstrecke mit 700 kW Dauer- und 1400 kW Stoßleistung wird zum Beispiel ein Gleichrichter für 700 V, 2000 A verwendet, der binnen kurzem auch Strom für einen zweiten Walzmotor von 880/1760 kW zu liefern haben wird.

Die elektrischen Ausrüstungen der österreichischen Berg- und Hüttenwerke gehören seit den Anfängen der Elektrifizierung zu den größten und ältesten unseres Landes. Bemerkenswert sind hier vor allem die umfangreichen elektrischen Einrichtungen im Tagbau und Förderbetrieb des steirischen Erzberges, wo 45 Fahrdracht-Lokomotiven mit Leistungen bis zu 77 kW (auch im Sprengbereich), 4 Elektrobagger auf Raupenbändern mit je  $2\frac{1}{4}$  m<sup>3</sup> Löffelinhalt für Fördermengen bis zu 160 t/h (Drehwerksmotor 31 kW, Vorschubmotor 40 kW, Hub- und Fahrmotor 105 kW für Drehstrom mit 500 V mit Zuleitung durch Vollgummischleppkabel), 4 elektrische Fördermaschinen der zwei Hauptschrägschächte für je 60...140 t/h Förderleistung und ein elektrisch betriebener Personenaufzug für 630 Personen/h im 4-Wagensystem nach Seefehlner<sup>2)</sup> (Standseilbahn mit 484 m Höhenunterschied) in Betrieb sind. Die ausgedehnte Elektrifizierung der Erzbergbetriebe, bei der auch die Verwendung elektromagnetischer Scheider erwähnt werden soll, ergab mit der

Vermeidung der großen Schwierigkeiten, die früher die kostspielige Kohle- und Wasserversorgung bereitete, bedeutende Vorteile. Die eben genannten elektromagnetischen Scheider werden in größerer Zahl auch im Magnesitbergbau Österreichs verwendet, für dessen Betriebe im übrigen die Anwendung von Elektrofiltern erwähnenswert ist.

Schon vor etwa 30 Jahren war in einem steirischen Kohlenbergwerk, als erstem der damaligen Monarchie, eine Fördermaschine mit Schwungrad-uniformer und Leonardsteuerung in Betrieb, die mit 1 Hunt je Zug aus etwa 50 m Tiefe förderte. In der Nähe ihres Betriebsortes ist heute eine der größten Fördermaschinen Österreichs mit Drehstrommotorantrieb für 700 kW Spitzenleistung mit im Förderturm unmittelbar über dem Schacht eingebautem Maschinenhaus aufgestellt, die rund 2000 Hunte (6 je Zug) in der Schicht aus 175 m Teufe zieht<sup>3)</sup>. Die Anwendung dieser einfachen und billigen Antriebsart war durch das benachbarte leistungsfähige Hüttenkraftwerk mit Gichtgasmaschinenantrieb begünstigt, das in Verbundwirtschaft mit dem Abfallkohle verarbeitenden Zechenkraftwerk der Gewerkschaft billigen Strom zu liefern vermag. In den Grubenbetrieben wird der Druckluftantrieb mehr und mehr zurückgedrängt; für größere und kleinere Haspel und Schüttelrutschen, Förderbahnen und -bänder, für Dreh- und Stoßbohrmaschinen übernimmt der elektrische Antrieb die Herrschaft, die er in Hüttenbetrieben besonders für Hilfsantriebe schon nahezu ausschließlich innehat. Für manche dieser Antriebe, bei denen kurze Steuerzeiten von großer Bedeutung sind, werden Schützensteuerungen mit selbsttätiger Stufenschaltung verwendet, die unabhängig von der Geschicklichkeit des Steuerannes innerhalb der zulässigen Lastgrenzen stets die kürzestzulässigen Steuerzeiten einstellen.

Daß bei den modernen Einrichtungen in den Werken der Urindustrie Krane, Gichtaufzüge, Rollgänge, Einsetzmaschinen, Gießwagen u. a. m. in weitem Umfang elektrische Antriebe selbst für die schwierigsten Betriebsverhältnisse erhielten, versteht sich von selbst. Krane mit hohen Katzenfahrgeschwindigkeiten von 120 m/min sind nicht selten. Der erforderlichen großen Schaltheufigkeit, bis zu 600 je Stunde, mußten im besonderen die Steuergeräte für Hebezeuge und ähnliche Arbeitsmaschinen angepaßt werden. In Sonderfällen ist Zahl und Größe der auf einer Maschine zusammenzufassenden Motoren ungewöhnlich groß; so ist eine Kohlenverladebrücke mit 14 Motoren von etwa 750 kW Gesamtleistung zu erwähnen. In einer Gasanstalt wurde ein Kippkübelaufzug mit selbsttätig aufeinanderfolgendem kontinuierlichem Auffahren, Kippen, Rückfahren und Wiederbeschicken, also für kontinuierlich selbsttätigen Betrieb eingerichtet.

Die Bauindustrie beginnt auch in Österreich sich des Zeit und Handarbeit ersparenden elektrischen Antriebes zu bedienen. Für Schnellaufzüge, die in Amerika mit der teureren Leonardsteuerung betrieben werden, wurden praktisch gleichwertige Ausrüstungen mit polumschaltbaren Drehstrommotoren oder auch gekuppelten Drehstrommotoren verschiedener Polzahl in Verbindung mit einer stufenlosen Aufahren und Stillsetzen und größte Betriebssicherheit ermöglichenden Steuerung entwickelt. Eine Steuerung dieser Art wurde zum Beispiel für einen als „Selbstfahrer“ ausgebildeten Schnellaufzug mit 13 Haltestellen des Hochhauses in der Herrngasse in Wien verwendet, der Kabinen für vier Personen mit 15 m/s zieht; eine selbsttätige Geschwindigkeitsperre begrenzt dabei die Fahrgeschwindigkeit auf etwa 0,5 m/s für Fahrten zwischen benachbarten Haltestellen. Für die Schottergewinnung aus einem Flußlauf ist ein Baggerseilkran mit einem 225 m langen

<sup>1)</sup> Vgl. E. u. M. 50 (1932) S. 189.

<sup>2)</sup> Vgl. E. u. M. 43 (1925) S. 546.

<sup>3)</sup> Ein eingehender Aufsatz über diese Maschine wird demnächst in der Zeitschrift erscheinen.

Tragseil in Betrieb, der für das Senken, Schürfen, Heben und die Lastfahrt einen Drehstromkaskadenmotor von 52/32 kW mit 480 U/min, für das Leerfahren mit 1435 U/min verwendet.

In den Anlagen der verarbeitenden Industrien haben sich die Arbeitsmaschinen den Eigentümlichkeiten des elektrischen Antriebes weitgehend angepaßt. Nennenswerte Fortschritte wurden so zum Beispiel durch die Verwendung sogenannter Getriebemotoren erzielt. Beim Übergang auf den Einzelantrieb waren die Zement-, Papier-, Textil-, Metall- und Holzindustrie in Österreich führend.

Die österreichische Zementindustrie verwendet schon vielfach raumsparende Flanschgetriebemotoren: hochwertige Getriebe mit Motoren hoher Drehzahl, günstigem Leistungsfaktor und Wirkungsgrad verwendet die Zementindustrie auch für ihre langsam laufenden Mühlen. Hier sei auch die Verwendung von Elektrofiltern in mehreren großen Zementwerken erwähnt, durch die bis zu 98 vH des Staubgehaltes der Abgase ausgeschieden werden. Die Abgaswärme wird in Abhitzeesseln der Eigenkraftwerke ausgenützt.

Die österreichische Papierindustrie hat schon 1894 die ersten elektrischen Papiermaschinenantriebe der Welt aufgestellt, Gleichstrommotoren mit Ankervorwiderstand für die Drehzahlregelung. Als kennzeichnendes Beispiel einer zeitgemäßen Ausführung sei eine Papiermaschine mit 2700 mm Siebbreite, 30...200 m Arbeitsgeschwindigkeit je min, mit Mehrmotorenantrieb erwähnt, der aus 13 Teilantrieben für zusammen 325 kW mit selbsttätiger Gleichlaufsicherung und der zugehörigen Umformeranlage für Zu- und Gegen-schaltung besteht. Beim Kalandrantrieb erfolgt bekanntlich das Einziehen des Papiers (Stoffes) durch einen Hilfsmotor kleiner Leistung über eine hohe Übersetzung und ein Überholungsgetriebe, worauf der Hauptmotor ohne Abstellen des Hilfsmotors angelassen wird. Da mit einem normalen Überholungsgetriebe nicht zurückgefahren werden kann, was beim fehlerhaften Aufwickeln notwendig ist, wurde bei einer Anlage das Überholungsgetriebe durch eine Kupplung überbrückt; dabei tritt eine elektrische Sperrung ein, so daß nur mit dem Hilfsmotor und nur rückläufig gearbeitet werden kann.

Die Textilindustrie Österreichs begann auch schon im Jahre 1894 mit der Aufstellung elektrischer Einzelantriebe. Für Ringspinnmaschinen und Spannrahmen wurde manchenorts der einfache und praktisch verlustlos regelbare Drehstromkollektormotor gewählt. Bei den Antrieben von Zeugdruckmaschinen fand das Gleichstromfünffleiter-System Anwendung. Webstühle wurden in steigendem Maß mit Einzelantrieben ausgerüstet. In einer großen Weberei haben zum Beispiel 400 Webstühle Einzel-Spannrollenantrieb. Für Großdruckereibetriebe sind Rotationsdruckmaschinen mit Mehrmotorenantrieb und Druckknopfsteuerung zu erwähnen.

Die Werke der österr. Zuckerindustrie haben die Umstellung vom Gruppen- zum Einzelantrieb, der für manche ihrer Arbeitsmaschinen besondere Vorzüge bietet, gleichfalls schon in weitem Umfang vorgenommen, wobei in besonderen für Zentrifugenantriebe zusätzliche Vorteile durch Selbstschaltungen erreicht wurden. Hier findet wie auch in allen anderen Industrien der Kurzschlußläufermotor in seinen verschiedenen Ausführungen steigende Beachtung. Raffinerien, Brauereien und andere Werke der Lebensmittelindustrie hofen so wie die der Papierindustrie besonders günstige Gelegenheiten für die Kupplung der Strom- mit der Wärmewirtschaft und für die Verbundwirtschaft im Zusammenschluß mit öffentlichen Netzen. Kühlanlagen verwenden wegen des mit der Jahreszeit wechselnden Kältebedarfes mitunter Zusammenfassungen der Antriebsmaschine mit dem Kompressor und einem Synchronstromerzeuger in der Art, daß dieser zu Zeiten größeren Kältebedarfes aus dem Netz gespeist als Motor den Presserantrieb unterstützt.

Für neuere Mühlen- und Getreidespeicheranlagen ist die weitgehend durchgeführte Zusammenfassung der Motorenbedienung durch Fernsteuerung von einer Steuerstelle aus bemerkenswert.

Die elektrischen Antriebe dienen vorwiegend für den Antrieb pneumatischer und mechanischer Fördereinrichtungen, von Verteilung- und Mischeinrichtungen für die verschiedenen Getreidesorten oberhalb der Silozellen und dgl. In der Mühle selbst ist der Gruppenantrieb bisher noch nicht verdrängt worden, wenn auch schon Versuche mit Einzelantrieben, zum Beispiel von Walzenstühlen gemacht worden sind. Der große Gruppenmotor bietet in solchen Betrieben immerhin die Möglichkeit besseren Belastungsausgleiches. Mitunter findet sich hierfür ein Synchronmotor, der bei Netzstörungen, von einem Bereitschaft-Dieselmotor über die Transmission angetrieben, als Stromerzeuger für das Kraft- und Lichtnetz dient.

In Molkereien sind Einzelantriebe in einer gegen Nässe und Säureangriff besonders geschützten Sonderausführung (Flanschmotoren) mit der Arbeitsmaschine zusammengebaut. Die sinnreichen Maschinen der Tabakindustrie bieten weitgehende Anwendungsmöglichkeiten für Einzelantriebe, für die gleichfalls Druckknopf-Fernsteuerung von einer Steuerwelle aus für selbsttätige Beeinflussung bei Störungen verwendet wird. Nicht unerwähnt sollen die elektrischen und selbsttätig elektrisch gesteuerten Antriebe von Pumpen, Klappen, Ventilen usw. bleiben, die der sogenannten Klimatisierung der Luft in den Arbeitsräumen von Tabakfabriken dienen.

Der elektrische Strom als Wärmequelle findet ausgedehnte Anwendung, namentlich in den österreichischen Eisenhütten und Metallwerken<sup>1)</sup>. Als größter elektrischer Schmelzofen ist ein 15 t-Lichtbogenofen mit Drehstrom-Öltransformator für 4000 kVA Dauerleistung zu erwähnen; so wie bei vielen Öfen seiner Art bedient man sich auch in unserem größten Stahlwerk bei seinem Betrieb hoher Leistung und Arbeitsspannung für das Einschmelzen, wodurch die Wirtschaftlichkeit des Lichtbogenofenbetriebes bedeutend verbessert wurde.

Die Metallhütten bevorzugen für das Schmelzen von Messing, Kupfer und Neusilber den Niederfrequenz-Induktionsofen mit Eisenkern. Den eisenlosen Induktionstiegelofen, der als betriebsmäßige elektrische Schmelzeinrichtung erst wenige Jahre alt ist, verwendet sowohl die österreichische Metall-, als auch die Stahlindustrie, diese für das Einschmelzen hochwertiger Legierungen.

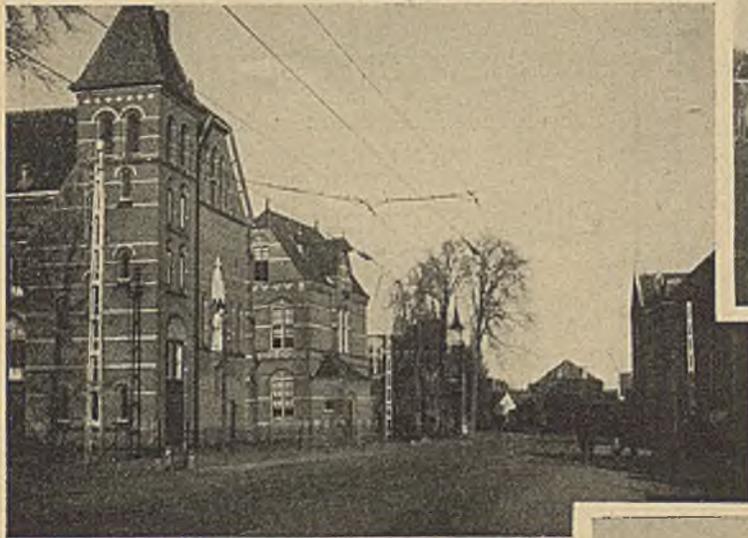
Elektrische Widerstandsöfen (mit eisenfreien Chromnickelbändern als Widerstand) sind nicht zuletzt in den durch eigene Wasserkraftwerke begünstigten Hütten zu finden. Ein Stahlwerk hat in seiner Glüherei 12 elektrische Öfen mit einem Gesamtanschlußwert von 1600 kW in Betrieb. Ein anderes Stahlwerk hat unter seinen elektrischen Öfen auch einen insgesamt 15 m langen Tunnelofen für das Glühen von Stabstahl und einen als Wagen ausgebildeten Blankglühofen für 350 kW Anschlußwert in Verwendung. Ein Drahtwerk verwendet elektrische Öfen für seine Glüherei und Vergütereie, für das Verzinnen und Verzinken von Draht in gleichfalls ausgedehnterem Maß. Ähnliche Ofenbauarten stehen auch im Metallwerkbetrieb. Elektrische Glüh- und Salzbadöfen werden in ansehnlicher Zahl auch in österreichischen Stanz- und Emaillierwerken und in Härtereien verwendet. Für Glühraumtemperaturen im Bereich von etwa 1000 bis 1400° C, für die Chromnickel nicht mehr geeignet ist, werden Heizwiderstände aus Siliziumkarbid mit Spannungsregleinrichtungen verwendet, die der Veränderlichkeit dieser Widerstände zu entsprechen haben. Öfen mit Siliziumabheizung werden vielfach für das Härten von Schnelldrehstählen benutzt. Ein größerer Ofen (140 kW Anschlußwert) mit dieser Heizung dient in einem Stahlwerk der Vergütung legierter Bleche. Die weiteren Verwendungsgebiete der Elektrowärme mit ihren mannigfaltigen Einrichtungen in Industriebetrieben — zumeist mit Widerstandsheizung — wie Elektrodendampfkessel für größere Leistungen bis 3000 kW und Anschlußspannungen bis 15 kV in Verbindung mit Speichern, elektrische Luftheritzer, Elektrodendurchlaufheritzer, Heißwasserspeicher u. a. m. sind zu umfang-

<sup>1)</sup> Vgl. E. u. M. 50 (1932) S. 475.

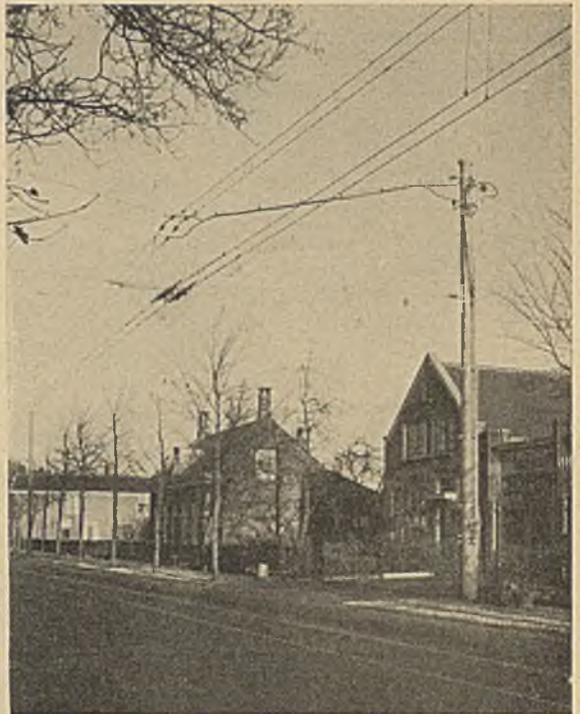
# STRECKENAUSRÜSTUNGEN

## STRASSENBAHN HAARLEM — LEIDEN DER NOORD-ZUID-HOLLANDSCHE TRAMWEG-MAATSCHAPPIJ

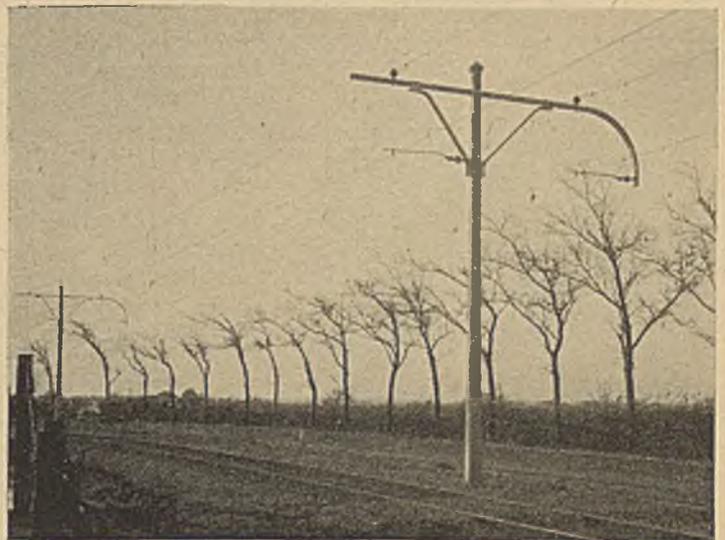
ERRICHTET VON DER ELIN A. G.  
IN ZUSAMMENARBEIT MIT GEBR. VAN SWAAY



STRASSE IN LISSE  
Querdrahtaufhängung mit Streckentrenner und  
Mastschalter



STRASSE IN OEGSTGEEST  
Streckentrenner und Mastschalter



Doppelgleisige freie Strecke  
Maste zwischen den Gleisen

# „ELIN“

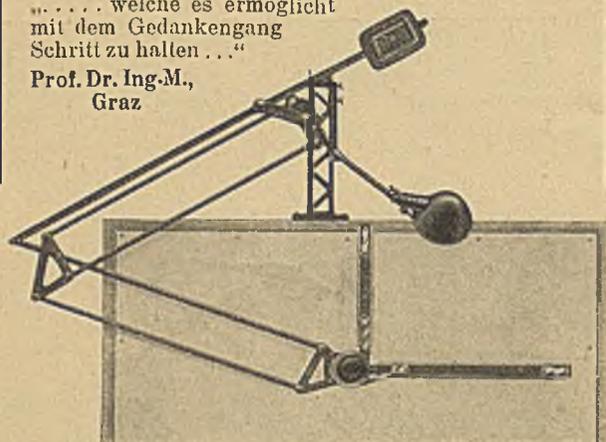
AKTIENGESELLSCHAFT  
FÜR ELEKTR. INDUSTRIE



## Zeichenmaschine „RUHMANN“

„... welche es ermöglicht  
mit dem Gedankengang  
Schrift zu halten...“

Prof. Dr. Ing.-M.,  
Graz



Ausführliche Broschüre kostenlos erhältlich

**Neuheit:** Ausstattung der Zeichenmaschine mit Zelluloidmaßstäben mit Metalleinlage. — Absolut maßgetreu und unveränderlich. — Kein Abstoßen. Kein Beschmutzen. — Ideale Vervollkommnung der Zeichenmaschine.

**JAHODA & BERGMANN**

WIEN III, RADEZKYSTRASSE 11  
TELEPHON SERIE U-12-5-70

**AUSTRIA DANUBIA A. G. WIEN**  
XIX, Krottenbachstrasse 82-88  
ÖSTERREICHISCHES ERZEUGNIS Drahtanschrift: DANUBIAZÄHLER  
Fernruf B 12-5-50 Serie

## Elektrizitätszähler

Für jede Stromart und alle Spannungen  
Für Einfach-, Mehrfach- und Spezialtarife

Rascheste Instandsetzung und Nach-  
eichung aller Systeme

## Registrierinstrumente

Schreibende Meßgeräte: Einfach- und Mehr-  
fach-Farbenschreiber

Elektr. Temperatur-Meßein-  
richtungen

Anfragen und Prospekte kostenlos

# NORMA Einheits-Dekaden

Abgleichgenauigkeit  $\pm 0.1\%$

Anwendungsgebiet: Betriebs-Laboratorien, Prüffelder, Forschungstätten  
Arbeitsräume für Studierende.

Als Bausteine für Meßschaltungen der verschiedensten Art gedacht, sind diese Einheits-Dekaden so durchgebildet, daß die Verwendung gleich vorteilhaft einzeln oder gemeinsam erfolgen kann. Bei jedem Stück ist Anfang und Ende der Widerstände wie auch die Schleifbürste der Kurbel an je eine Klemme herausgeführt (Spannungsteiler). Der Gebrauch kann damit einzeln als Regel- oder als Vorwiderstand erfolgen; mehrere Stücke vereint ergeben Dekadenwiderstandssätze und weiteres in Verbindung mit Verzweigungswiderständen, Meßbrücken.

Zur Ausführung kommen:

**Einheits-Dekaden für Gleichstrom**

**Einheits-Dekaden für Gleich- und Wechselstrom**

Die Einheits-Dekaden für Gleich- und Wechselstrom erhalten eine induktions- und kapazitätsarme Wicklung und gute Abschirmung mit besonderer Klemme. Verwendungsbereich bis 3000 Hertz.

Gehäusegröße: 100 × 100 × 82 mm.

Gesamthöhe: 105 mm.

Für Thomson-Brücken und Kompensations-Schaltungen sind Doppel-Einheits-Dekaden lieferbar, derart aufgebaut, daß durch Verdrehen eines Bedienungsknopfes gleichzeitig zwei Dekadenwiderstände eingestellt werden.

**NORMA INSTRUMENTEN-FABRIK BONWITT & CO**  
WIEN XI.

Generalvertretung: Dr. PAUL HOLITSCHER & Co., Wien IV, Starhembergasse 4—6.

reich, als daß sie hier näher als durch Erwähnung einiger der wichtigsten Geräte gekennzeichnet werden könnten. Die Nachtstromverwertung findet hierfür besondere Beachtung.

Elektrowärmegeräte im Haushalt zeigen in Österreich eine immer ansteigende Verwendung. Nach einer Statistik<sup>3)</sup> zählt man heute 7500 Heißwasserspeicher, 2100 Herde, 6700 Einzelkochplatten, 1400 Doppelkochplatten, 250 Einzelbackrohre, 24 Großküchen, 55 Backöfen usw. Der gesamte Anschlußwert der elektrischen Wärmegeräte beläuft sich auf rund 20 000 kW bei einem Stromverbrauch von 5 Mill. kWh/Jahr. Dazu kommen noch ungefähr 1/2 Mill. elektrische Bügeleisen. Besonders hervorgehoben zu werden verdient die Tätigkeit der Städtischen Elektrizitätswerke in Wien auf dem Gebiete der Elektrowärmetechnik. Hier sei vor allem auf die Einrichtungen zur Raumheizung hingewiesen, die die Werke in ihrem Verwaltungsgebäude in Wien geschaffen haben, und zwar die Zentralwärmewasserheizung mit Elektroheizöfen und die Zentral-Luftheizanlagen; ferner die mannigfaltigen Einrichtungen für elektrische Heizung im Kleingewerbe u. a. m. Es wird demnächst Gelegenheit gegeben sein, auf die Leistungen der Städtischen Elektrizitätswerke auf diesem Gebiete in einem besonderen Aufsatz hinzuweisen.

Die Anwendung der elektrischen Lichtbogenschweißung stand während der letzten Jahre auch in Österreich im Zeichen einer überaus stürmischen Entwicklung. Die elektrische Schmelzschweißung wird nicht nur von einer großen Anzahl von Betrieben (Brauereien, Textil-, Papier-, Zucker-, Zement- und Gummifabriken, Stahlwerken usw.) für Ausbesserungsarbeiten benützt, vielmehr ist auch eine stattliche Reihe von Maschinenfabriken, sowie Behälterbau- und Fahrzeugwerken schon seit einigen Jahren dazu übergegangen, elektrisch geschweißte Stahlkonstruktionen an Stelle der bislang üblichen gegossenen oder genieteten Werkstücke mit technischem und wirtschaftlichem Erfolg zu erzeugen. Auch Einrichtungen für selbsttätige Lichtbogenschweißung mit Kohle- und Eisenelektroden stehen sowohl für die Fabrikation von Behältern, Rohren usw., als auch für die Wiederherstellung des Profils abgelaufener Spurkränze von Schienenfahrzeugen in Betrieb.

Einen kurzen Überblick über die hochentwickelte elektrochemische und elektrometallurgische Industrie Österreichs, die über werkseigene Wasserkraftwerke großer Leistung und Umformeranlagen für die Umformung in Gleichstrom verfügt, gibt folgendes Bild<sup>4)</sup>. In der Alkalichlorid-Elektrolyse ist Österreich in der Herstellung von Ätznatron, Ätzkali, Chlor führend gewesen. In den vier Fabriken Österreichs stehen Diaphragmen-Elektrolyseure, System Billiter (bzw. Siemens-Billiter bzw. Billiter-Leykam) in Verwendung<sup>5)</sup>. Das bestehende Verfahren zur Herstellung von Wasserstoffsperoxyd (Elektrolyse mit folgender fraktionierter Destillation und fraktionierter Kondensation im Vakuum) wurde ebenfalls in Österreich in den Großbetrieb übergeführt; das Verfahren ermöglicht die Herstellung von Wasserstoffsperoxyd bis zu einer Konzentration von 40 vH. Cereisen, das Hauptmaterial für die Feuerzeugfabrikation, wird durch Schmelzfluß-Elektrolyse in einer großen Anlage hergestellt; auch dieses Verfahren ist in Österreich ausgebildet worden. Zwei große Anlagen in Österreich dienen der Erzeugung von Aluminium durch Schmelzfluß-Elektrolyse. Kalziumkarbid wird in zwei Anlagen in Elektroofentypen erzeugt, die als erste auf dem Boden des alten Österreich errichtet wurden. Die Erzeugung von Ferrosilizium erfolgt im Elektro-Bosna-Ofen, der ebenfalls in Österreich entstanden ist. Andere Ferrolegierungen (Ferro-wolfram, Edelstahlzuschläge) werden im Heroult-Ofen erzeugt. Die Herstellung von Chlorat erfolgt in einer Anlage in Tirol. — Zu erwähnen ist noch die Erzeugung von Schleifmitteln, die Kupfer-Raffination und die Verarbeitung der vorerwähnten auf elektrochemischem oder elektrothermischem Wege hergestellten

Erstprodukte. Der Elektrostahlerzeugung wurde bereits oben gedacht.

Die elektrotechnischen Maschinen- und Apparatefabriken haben sich, aus kleinen Anfängen hervorgegangen, dem jeweils auftretenden Bedarfe ständig angepaßt, so daß sie die größten beim Ausbau der Wasserkräfte erforderlichen Maschinen und Transformatoren herstellen konnten. Ebenso sind die größten bei uns aufgestellten Turbogeneratoren heimischer Erzeugung. An Apparaten stellen die Fabriken nahezu alles her, was für neuzeitliche Schalt-, Steuer-, Kontroll-, Sicherheits-, Melde- und Meßeinrichtungen erforderlich ist. Daß sie den Bau von Maschinen und Apparaten für die verschiedensten Bedürfnisse der Industrie, des Gewerbes und des Verkehrs pflegen, bedarf kaum einer Erwähnung. In den letzten Jahren wurde die Herstellung von Glasgleichrichtern mit Erfolg aufgenommen. Die Erzeugung von Geräten für die Ausnützung der Elektrowärme nimmt einen immer breiteren Raum ein. Installationsmaterial wird in Groß- und Kleinbetrieben hergestellt. Die Fabriken für Meßeinstrumente sind auf Serienherstellung von Schalttafeln und Präzisionsinstrumenten der verschiedensten Art, Meßbrücken, Kompensationsapparaten eingerichtet; hierher zählen auch Spezialeinrichtungen zur Eichung von Elektrizitätszählern, vollkommene Laboratoriumsmeßtische u. a. m. Die österreichische Kabelfabrikation, die für die Lieferung von Kabeln und Leitungsmaterial aller einschlägigen Typen eingerichtet ist, hat nach dem Krieg auf dem Gebiete der Freileitungen und der großen Kabelnetze nur ein sehr beschränktes Betätigungsfeld. Beim Freileitungsbau sei auf die Leitung, Parthenen bis Lochau besonders verwiesen, die einen Teil der Hochspannungs-Sammelschiene von Vorarlberg in das Ruhrgebiet bildet; es sind in Österreich hergestellte Hohlleiter verwendet, die Leitung ist für eine Spannung von 380 kV ausgelegt. Die erste Hochspannungsanlage für 5000 V wurde bereits 1899 verlegt; sie steht heute noch in Betrieb. Ein Kabelnetz für 20 kV wurde in Graz errichtet. Das größte österreichische Kabelnetz ist das 28 kV-Netz der Städtischen Elektrizitätswerke Wien<sup>6)</sup>; hier ist besonders die Betriebssicherheit des Netzes hervorzuheben, die wesentlich größer ist als die der Netze anderer Großstädte. Zu erinnern wäre noch an ein 10 kV-Kabel für ein altösterreichisches Elektrizitätswerk; die Betriebsspannung wurde nach 20jähriger Verwendung auf 16,5 kV erhöht, wobei nur die Verbindungsmuffen erneuert werden mußten<sup>7)</sup>. Die österreichische Kabelindustrie, die erst verhältnismäßig spät den Bau von pupinisierten Fernsprechkabeln aufnahm, hat alle auf Grund der wissenschaftlichen Forschung erzielten Neuerungen durchgeführt und kann heute, wo über 3000 km Fernkabel in Österreich verlegt sind, in ihren Erfolgen den größten Kabelfabriken des Auslandes ebenbürtig an die Seite gestellt werden. Trotz der ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse hat sich die Kabelindustrie im Export mit Erfolg betätigt. — Die Akkumulatoren-, Porzellan- und Isolierstoff-Industrie ist in Österreich durch mehrere Betriebe vertreten. — Eine überaus große Mannigfaltigkeit zeigt die österreichische Produktion auf dem Gebiete der Schwachstromtechnik, auf dem alle Zweige des Signal-, Sicherungs- und Fernmeldewesens vertreten sind. Österreich besitzt altangeschene Industrie-Werkstätten für den Bau von Telefon- und Telegraphenanlagen, die sich seit langer Zeit und erfolgreich auf dem Felde der automatischen Fernsprechtechnik betätigt und in Zusammenarbeit mit den Postbehörden Vorbildliches bei der Automatisierung des Fernsprekverkehrs geleistet haben; wurde doch in Graz das erste vollautomatische Telephonamt Europas von österreichischen Firmen gebaut. Hochentwickelte Polizei-, Feuermelde- und Zeitdienstanlagen sind heimische Erzeugnisse, ebenso wie die Signal- und Sicherungsanlagen für den Betrieb der Bundesbahnen. Auf dem Gebiete der drahtlosen Nachrichtenübermittlung und des Rundfunks werden nahezu sämtliche für Großsenderanlagen erforderlichen Einzelteile von der

<sup>3)</sup> Vgl. Kotschi, VEW-Nachr. 7 (1933) S. 41.

<sup>4)</sup> Vgl. E. u. M. 42 (1924) S. 700 ff.

<sup>5)</sup> Vgl. E. u. M. 50 (1932) S. 639.

<sup>6)</sup> E. u. M. 43 (1925) S. 723.

<sup>7)</sup> E. u. M. 46 (1928) S. 1037.

österreichischen Industrie geliefert. Die eigentliche Radioindustrie steht auf sehr hoher Stufe und bedeutet durch ihre Geltung im Ausland und ihren nicht unbedeutlichen Export ein nicht zu übersehendes Plus für unsere Handelsbilanz. Einen hohen Rang nimmt die Herstellung der Apparatur für den Tonfilm ein. Die Elektromedizin mit ihren mitten zwischen Stark- und Schwachstromtechnik liegenden Entwicklungslinien bildet das Arbeitsgebiet einer Anzahl von Firmen, die neben Röntgenanlagen für diagnostische und therapeutische Zwecke, Anschluß- und Diathermieapparaten auch nahezu sämtliche in der modernen ärztlichen Technik gebrauchten Zubehörteile herstellen. Der besonders hervorragenden österreichischen Glühlampenindustrie wurde bereits im Kapitel „Elektrische Beleuchtung in Österreich“ im Heft 1 der „Lichttechnik“ gedacht.

Ein Bild des Ausmaßes der Elektrifizierung der österreichischen Industrie und des Gewerbes geben die Resultate der gewerblichen Betriebszählung von 14. Juni 1930, die das Bundesamt für Statistik herausgegeben hat<sup>10)</sup>. Demzufolge zählt man in Österreich 367 652 gewerbliche Betriebe mit 1 438 967 beschäftigten Personen, 56 876 aller Betriebe verwenden Betriebsmaschinen, davon sind in 45 939 Betrieben 155 593 Elektromotoren

<sup>10)</sup> Verlag der Staatsdruckerei, Wien 1932.

mit 989 014 PS (267 912 PS in Wien, 220 425 PS in Niederösterreich, 205 365 PS in Steiermark) eingestellt. Motoren für 295 179 PS für den Antrieb von Arbeitsmaschinen beziehen Strom aus Eigenanlagen, Motoren für 619 887 PS werden mit Fremdstrom betrieben und 73 948 PS stehen in Reserve. 73,5 vH der Motoren werden mit Drehstrom, 5,7 vH mit Wechselstrom und 20,8 vH mit Gleichstrom betrieben. Ein Großteil der Elektromotoren nach Zahl und Leistung, 863 539 PS, entfällt auf die verarbeitenden Industrien und das dazugehörige Gewerbe. Hier sei noch erwähnt, daß die landwirtschaftliche Betriebszählung für Österreich in 67,3 vH aller landwirtschaftlichen Betriebe die Verwendung von 84 166 Maschinen mit zusammen 313 379 PS ergeben hat, davon sind 50 384 Elektromotoren mit 178 138 PS; auf 100 ha Kulturfäche (ohne Wald) entfallen 442 PS Elektromotoren.

Auch die Patentstatistik zeigt die überragende Bedeutung der Elektrotechnik im gesamten Gebiete der Technik. Von 262 056 Patentanmeldungen und 132 500 erteilten Patenten seit dem 1. Jänner 1899 bis Ende 1932 entfallen auf die Elektrotechnik als solche (Klasse 21) insgesamt 25 682 Anmeldungen und 15 257 erteilte Patente. Ende 1932 sind davon noch 4451 Patente auf elektrotechnische Einrichtungen von insgesamt 20 327 Patenten in Kraft gestanden.

(Fortsetzung folgt.)

## Rundschau.

### Schaltanlagen, Schaltgeräte.

**Selbsttätige schlupfunabhängige Parallelschalteneinrichtung.** Von H. Wierer. Heute sind in Großzentralen fast allgemein Generator und Transformator ohne Zwischenschalter verbunden und die Parallelschaltung wird hochvoltseitig vorgenommen. Das richtige Parallelschalten ist deshalb so schwierig, weil die Eigenschaltzeit von Hochspannungsschaltern 0,4 bis 0,8 sek beträgt<sup>1)</sup>, so daß der Einschaltbefehl um diese Zeit vor Phasengleichheit gegeben werden muß. Der Grundgedanke der schlupfunabhängigen Parallelschaltung kann mit Hilfe von Abb. 1 erläutert werden. Die Kurve *a* (Schwunglinie) zeigt den Spannungsunterschied zwischen Maschinen- und Netzspannung, kurz

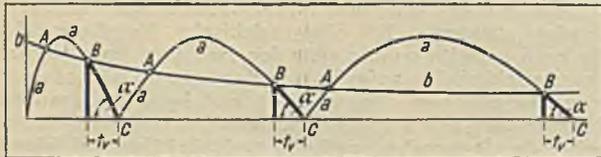


Abb. 1.

*a* Schwunglinie, *b* Schlupflinie, *A* Einschaltzeit der Schlupfüberwachung, *B* Einschaltbefehl, *C* Schließen der Schalterkontakte (Phasengleichheit), *t<sub>v</sub>* Schalter- und Geräte-Eigenzeit.

genannt die Schwung (alle Kurven als Funktionen der Zeit). Kurve *b* (Schlupflinie) den Drehzahlunterschied zwischen Maschinen und synchroner Tourenzahl. Die Schnittpunkte *B* der Schwungs- und der Schlupflinie eilen den Punkten *C* der Phasengleichheit in gewissen Grenzen, um eine konstante Zeit *t<sub>v</sub>*, die Vorgabezeit, vor. Durch richtige Wahl der Amplitude der Schwungkurve und der Ordinate der Schlupflinie kann erreicht werden, daß die Vorgabezeit *t<sub>v</sub>* gleich der Schaltereigenzeit einschließlich der Eigenzeit der Befehlsvorrichtung wird. Erfolgt also in den Schnittpunkten *B* die Befehls-gabe, so berühren sich die Schalterkontakte gerade bei Phasengleichheit.

Das eigentliche Parallelschaltegerät besteht aus: 1. dem Schlupfgeber, einen Asynchronkurzschlußläufer, der mechanisch mit der zuzuschaltenden Maschine gekuppelt und an das parallel zu schaltende Netz angeschlossen ist, 2. dem Parallelschalte-relais, 3. einem Zeitrelais mit Hilfsschutz. Der Schlupfgeber, der von einem Netz-Spannungswandler gespeist wird und dessen

Leistungsaufnahme als Asynchronmotor innerhalb normaler Belastungsgrenzen proportional dem Schlupf ist, liefert die Schlupflinie *b*. Es wird nun in die Stromzuleitung ein dynamometrisches Parallelschalte-relais eingebaut, dessen System ein Drehmoment proportional der Drehzahlabweichung entwickelt und dessen zweites System durch die Schwungspannung, die gleichgerichtet wird, beeinflusst wird. Die beiden Systeme sind nun so geschaltet, daß die Drehmomente entgegenwirken (Punkte *B*). Je nachdem ob das Drehmoment des Schwungsgliedes (zwischen den Punkten *A* und *B*) oder des Leistungsgliedes (zwischen den Punkten *B* und *A*) überwiegt, werden durch das Parallelschalte-relais entsprechende Kontakte geschlossen, durch die in den Punkten *B* der Einschaltimpuls gegeben wird. Das Zeitrelais ist ein Überwachungsrelais und bezweckt, daß der Einschaltvorgang erst dann vonstatten geht, wenn der Frequenzunterschied den zulässigen Wert erreicht hat.

H. u. M.

(Siemens-Z. 12 (1932) S. 381.)

### Leitungen und Leitungsbau.

**Die Wirkung von Lichtbögen auf Freileitungsseile.** F. Guery beschreibt Versuche, die auf Veranlassung der Société électrique de la Sidérurgie lorraine zur Klärung der Vorgänge bei Seilrissen durch Lichtbogeneinwirkung durchgeführt wurden. Es wurden Hartkupferseile von 48 und 74 mm<sup>2</sup> Querschnitt mit den den tatsächlichen Verhältnissen auf der Leitung entsprechenden mechanischen Beanspruchungen gespannt und an denselben Wechselstromlichtbogen erzeugt. Als Gegenelektrode diente eine Bogenlampenkohle, da es nicht gelang, mit einer Kupferelektrode einen hinreichend stabilen Lichtbogen zu erzielen. Es zeigte sich, daß nach dem Durchschmelzen eines Teiles der Drähte das Seil mit den deutlichen Anzeichen des Bruches zufolge mechanischer Überbeanspruchung zerriß. Die Bruchbeanspruchung der vom Lichtbogen nicht direkt beschädigten Drähte entsprach jedoch nur jener von ausgeglühtem Kupfer. Daraus ergibt sich, daß die gerissenen Drähte in der unmittelbaren Nähe des Lichtbogenfußpunktes durch die dort erzeugte Wärmemenge ausgeglüht worden waren. Wenn die Versuche auch zu wenig eingehend und zum Teil unter Verwendung nicht ganz geeigneter Meßapparate durchgeführt wurden, so daß ihre Ergebnisse nicht zur Aufstellung exakter Gesetze benützt werden können, so lassen sich aus

<sup>1)</sup> E. u. M. 49 (1931) S. 392.

ihnen doch einige wichtige Schlußfolgerungen ziehen: Bei gleicher Stromstärke im Lichtbogen reißen die Kupferseile um so früher, je größer ihre mechanische Spannung und je kleiner ihr Querschnitt ist. Man sollte deshalb in Netzen mit hohen Erdschlußstromstärken möglichst keine Seile unter 50 mm<sup>2</sup> Querschnitt verlegen. Es soll auch die Seilbeanspruchung nicht zu hoch gewählt werden. Schutzrichtungen, die beim Auftreten eines Erdschlußlichtbogens eine größere Abschaltverzögerung aufweisen als eine Sekunde, sind unzulässig und sollten entfernt werden. Es wäre wünschenswert, weitere, umfangreichere Versuchsreihen mit geänderten Bedingungen und mit größerer wissenschaftlicher Genauigkeit durchzuführen um bessere Unterlagen für die Bekämpfung der Lichtbogenstörungen in Freileitungsnetzen zu schaffen. K r t t.

(Rev. Gén. Electr. 32 (1932) S. 533.)

#### Elektrische Apparate.

**Ein einfaches Verfahren zur Beobachtung hochfrequenter Spannungen.** Von U. B a b, Berlin. Die Beobachtung von Hochfrequenzkurven gelingt im allgemeinen nur mit Hilfe der Braunschen Röhre, wobei die zu untersuchende Spannung an das eine Plattenpaar derselben, eine gleichfrequente oder in einem ganzahligen Verhältnis dazu stehende Kippspannung oder Sinusspannung an das andere Plattenpaar angelegt wird. Die sich dabei ergebenden Lissajouschen Figuren, lassen dann auf die Kurvenform der zu untersuchenden Hochfrequenzspannung schließen. Doch haftet diesem Verfahren der Nachteil an, daß durch die Frequenzgleichheit die beiden Spannungen oder ihre Harmonischen störenden gegenseitigen Koppelungen ausgesetzt sein können. Dieser Fehlerquelle weicht die folgende neue Methode dadurch aus, daß es zwei verschiedene, unharmonisch zueinanderliegende Frequenzen anwendet. Dabei ist dieses Verfahren sehr einfach und erlaubt die unmittelbare Beobachtung der Kurvenform der Hochfrequenz. Die hochfrequenten Schwingungen werden stroboskopisch in niederfrequente verwandelt, die in einem Drehspiegel aufgelöst werden können. Unter bestimmten Bedingungen gelingt es, im Drehspiegel ein formgetreues Abbild der zu untersuchenden hochfrequenten Kurve zu erhalten. Das Bild zeigt sich dann dem Beobachter schon so, als ob es in kartesischen Koordinaten gezeichnet wäre, was ein Umzeichnen, wie bei den Lissajouschen Figuren, erübrigt. Als Bedingung, welche die Bewegung des Leuchtschirmbildes durch einen Drehspiegel zu erfüllen hat, ist, um ein scharfes stehendes Bild zu erhalten notwendig, daß der Abstand des Spiegels vom Leuchtschirm  $a = \lambda k A$  beträgt ( $A$  die halbe Bildbreite auf dem Leuchtschirm in der  $x$ -Richtung,  $k$  die Flächenzahl des Drehspiegels und  $\lambda$  eine ganze Zahl) und die sekundliche Drehzahl des Spiegels  $n = \frac{A(f_1 - f_2)}{2a}$

ist ( $f_1$  die Frequenz der Zeitablenkung in der  $x$ -Richtung und  $f_2$  die Frequenz der zu untersuchenden Kurve, Ablenkung in der  $y$ -Richtung), wobei  $f_1 - f_2$  im Bereich von Hörfrequenz liegen muß. Für den Praktiker ist es wichtig, daß zum Unterschied von photographischen Aufnahmen für subjektive Beobachtung obige Bedingungen nicht streng eingehalten zu werden brauchen und sich durch einfaches Probieren leicht finden lassen. Da auch die Lichtstärke der heutigen Braunschen Röhren für subjektive Beobachtung vollständig ausreicht, so ist die neue Methode wegen ihrer einfachen experimentellen Handhabung für rasche unmittelbare Orientierung über hochfrequente Spannungskurven für den Praktiker sehr angezeigt.

M. A. Sch.

(Z. techn. Phys. 14 (1933) S. 18.)

#### Elektrochemie und Elektrometallurgie.

Die elektroosmotischen Wasserreinigungsverfahren beruhen auf elektrolytischer Zersetzung der im Wasser gelösten Salze zwischen einer Anode aus Magnesit und einer Kathode aus Eisen, Zink oder Zinn. Den Elektroden ist je ein Diaphragma aus Gewebe, Leder oder keramischer Masse vorgelagert, so daß drei Räume (Zellen) gebildet werden<sup>1)</sup>. Die im Strompotential wandernden Ionen gelangen in die durch die Diaphragmen gebildeten

Elektrodenräume, eine Rückwanderung ist aber verhindert, so daß im Mittelraum entsalztes (bzw. destilliertes) Wasser entsteht. Da die Entsalzung abhängig von der zugeführten Strommenge ist, muß die Spannung mit fortschreitender Reinigung (zunehmendem Widerstand) gesteigert werden. Um die Reinigung stetig durchführen zu können, sind mehrere (meist zehn) derartige Dreizellen-Systeme zu einem Apparat vereinigt, die der Reihe nach von dem zu reinigenden Wasser durchflossen werden und die zum Beispiel so geschaltet sind, daß die ersten vier, sodann drei und zwei Systeme hintereinander und schließlich das letzte System allein an die volle Gleichspannung von 80 ... 110 V gelegt werden. Bei den bisherigen Apparaten zur Erzeugung von 80, 150, 500 l, 2,5 und 5 m<sup>3</sup> destilliertes Wasser in 24 h je Apparat (rund 40 kWh/m<sup>3</sup>) sind die Systeme filterpressenartig mit parallelliegenden Mittelräumen aneinander gereiht. Das zu reinigende Wasser wird von Mittelraum zu Mittelraum durch Heber geleitet. Zur Verhinderung von Konzentration werden die Elektrodenräume gespült, und zwar mit einem Teil des Rohwassers bzw. die letzten Systeme mit destilliertem Wasser, damit nicht durch Elektrolyse des Spülwassers (Ionenwanderung) das Mittelraumwasser verunreinigt wird. Kästen und Trennwände des Apparates bestehen zum Schutz gegen chemische Angriffe aus Hartgummi bzw. aus Eisen mit Gummiüberzug. O. Gerth beschreibt nun einen neuen „Kleintyp“ für 20 ... 40 l Tagesleistung, dem ein anderes Konstruktionsprinzip zugrundeliegt. Ein lang gestreckter Hartgummikasten enthält in der Längsrichtung zwei Stoffdiaphragmen gespannt. Dieser einzige Dreizellenraum wird durch abwechselnd oben und unten durchbohrte Stege in sechs Kanülenen geteilt. Statt Bepflüfung mit Rohwasser läßt man hier das Mittelraumwasser höher stehen, so daß durch Überdruck ein Teil des zu entsalzenden Wassers in die Elektrodenräume tritt und die wandernden Ionen entfernt. Heber und Spülwasserleitungen werden somit überflüssig. Durch Elektroosmose wird das Wasser entkeimt, so daß es wie thermisches Destillat für Apotheken, Spitäler, aber auch zum Akkumulatorenfüllen verwendbar ist. Für Brauereien, die großen Bedarf an nur zum Teil enthartetem Wasser — speziell frei von Magnesia- (Bitter-) Salzen — haben, wird eine Kaskadenapparatur mit stufenförmig ansteigenden 8 innen imprägnierten Betonwannen, enthaltend je 16 starre keramische Diaphragmen (je 8 Mittel- und 8 Elektrodenräume), verwendet. Für die Elektrodenraumspülung wird wieder ein Teil des Mittelraumwassers benützt (hydrostatischer Überdruck). Gegenüber der Filterpressenanordnung ergibt sich durch Aufeinanderfolge Elektrodenraum-Mittelraum-Elektrodenraum-Mittelraum usw. bessere Raumausnützung; ferner Entfall der Heber und günstigere Spülwasserverhältnisse.

(Siemens-Z. 12 (1932) S. 211 u. 241.)

#### Patentbericht.

##### Elektrische Maschinen.

(Fortsetzung aus Heft 19, Seite 284.)

##### Ankerkörper.

Nach einer Erfindung der ÖSSW, Wien (K. Scharfmühlner) erhält der Läufer einer elektrischen Maschine eine Nabe aus miteinander verschweißten, axial angeordneten Platten, die symmetrisch zur Umlaufachse angeordnet und mit bis zur Mitte reichenden Schlitzten derart ineinander gesteckt und verschweißt sind, daß die Schweißnähte weitgehend von Fliehkräften entlastet sind. Zur Lagerung des Rotors dienen Wellenstummel, die an die Enden des geschweißten Nabensternes angeflanscht sind.

(Ö. P. Nr. 125 104.)

Nach einer Erfindung der ÖSSW, Berlin (O. Kieffer), ist ein aus Einzelteilen verschweißter Läufer für elektrische Maschinen durch besondere Organe gekennzeichnet, die die Schweißstellen von den in der Umlaufrichtung auf die Einzelteile wirkenden Kräften entlasten. Hierzu dienen runde oder prismatische Stege, die nebeneinander angeordnete, durch Schweißung verbundene Einzelteile durchdringen.

(Ö. P. Nr. 126 515.)

<sup>1)</sup> Vgl. E. u. M. 42 (1924) S. 439.

Nach einer weiteren Erfindung derselben Firma (H. Richter) werden bei einem radartigen Läufer für elektrische Maschinen die Speichen ohne besondere Naben an die Welle angeschweißt, wodurch an Gewicht gespart und die Herstellung vereinfacht wird.  
(Ö. P. Nr. 130 915.)

**Ankerwicklungen.**

Bei elektrischen Wechselstrommaschinen überlagern sich der Maschinenspannung Wechselspannungen von Nutenfrequenz, die besonders bei Maschinen mit Dämpferwicklung und Bruchlochwicklung störend wirken. Mit der hierfür vorgeschlagenen abwechselnden Polschuhversetzung erreicht man hierbei zwar, daß die auftretenden ungeradzahigen Oberwellen unterdrückt werden, nicht aber die durch die überlagerte Interferenzwelle der Dämpferlochung noch hinzukommenden geradzahigen und gebrochenen Oberwellen. Nach einer Erfindung der SSW, Berlin (J. Tittel), werden zur Unterdrückung der durch die Dämpferwicklung erzeugten Nutzenharmonischen die Pole untereinander abwechselnd in Gruppen von je *a* Polen versetzt, wobei *a* den Nenner der in einen unechten Bruch verwandelten Nutenzahl pro Pol und Phase bedeutet.  
(Ö. P. Nr. 130 542.)

Eine weitere Erfindung derselben Firma (Dipl.-Ing. W. Lohmann, Freiberg) ermöglicht bei einer Wechselstromwicklung für elektrische Maschinen, insbesondere für Turbogeneratoren mit kleiner Polzahl und niedriger Spannung eine weitgehende Parallelschaltung von Wicklungszeigen. Erfindungsgemäß ist die Anzahl der parallelgeschalteten Wicklungszeige je Phase größer als das Produkt aus der Leiterzahl je Nut und der Polzahl. Die einzelnen Wicklungszeige sind derartig ungleichmäßig in der Wicklungszone verteilt, daß die Spannungssumme der einzelnen Zeige in Größe und Phasenlage annähernd übereinstimmt, wobei die Nutenzahl der Maschine ein ganzzahliges Vielfaches des Produktes aus Polzahl, Phasenzahl und der Zahl der parallelgeschalteten Zeige ist.  
(Ö. P. Nr. 131 005.)

Wenn es notwendig ist, vorhandene Blechschnitte mit bestimmter Nutenzahl für eine bestimmte Wicklung zu verwenden, werden einzelne Nuten nicht bewickelt, sondern mit Holzkeilen gefüllt (Leerstäbe). Ein von den SSW, Berlin (J. Tittel), angegebene Verfahren zur Herstellung einer Wicklung mit Leerstäben ist dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung aus mehreren gedachten Teilwicklungen gebildet wird, deren einzelne Leiterzahlen (abgesehen von einer Restwicklung) ein ganzzahliger Bruchteil des Produktes von Nutenzahl und Schichtzahl sind, wobei diese Teilwicklungen derart zusammengelegt werden, daß die Zonenmitten sämtlicher Teilwicklungen zusammenfallen. Dadurch wird der schädliche Einfluß auf die Erregerkurve vermieden.  
(Ö. P. Nr. 129 184.)

(Fortsetzung folgt.)

**Literaturberichte.**

<sup>1112</sup> Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. 11. Aufl. IV. Bd., 2. Teil. Technische Anwendungen der Elektrizitätslehre (Elektrische Maschinen, Kraftübertragung, Telegraphie). Herausgegeben von S. Valentiner, bearbeitet von H. Decker, E. Flegler, G. Möller. XVI und 462 S. mit 441 Abb. im Text. Druck und Verlag von F. Vieweg & Sohn, A.-G., Braunschweig 1932. Preis geb. RM. 33.—.

Wegen der großen praktischen Bedeutung der angewandten Elektrizitätslehre widmen ihr heute die meisten größeren physikalischen Werke eigene Darstellungen: so auch das altbekannte Lehrbuch der Physik von Müller-Pouillet. Einige, keineswegs leicht lösbare Fragen tauchen hierbei auf: die zweckmäßigste Auswahl aus dem ungeheuren Stoff, die geeignetste Form der Darstellung, ihre Tiefe und Einheitlichkeit. Letztere ist nicht nur durch die Mehrzahl der Bearbeiter, sondern auch durch die Spaltung der heutigen Physik in Feld-

und Atomphysik bedroht. In der Tat haben die verschiedenen Teile des Buches verschiedenen Charakter. Die Kapitel über die elektrischen Maschinen, Transformatoren, Gleichrichter und die elektrische Kraftübertragung sind im Stil einer leichtfaßlichen Einführung gehalten. Erfüllen sie als solche auch ihren Zweck, so ist doch nicht zu vermeiden gewesen, daß manches wichtige Spezialgebiet nur eine kümmerliche Behandlung erfährt. Die wichtigen Schaltvorgänge, die Gleichrichter, der elektrische Durchschlag sind keineswegs in dem Maße besprochen, als man es in einem großangelegten Lehrbuch der Physik erwarten müßte. Wäre es nicht eine ungleich dankbarere Aufgabe derartige Grenzgebiete zwischen Physik und Technik eingehend darzustellen, als den zahlreichen leichtfaßlichen Einführungen in einen Teil der Elektrotechnik eine neue hinzuzufügen? Wesentlich höhere Ansprüche an den Leser stellen die Kapitel über Hochfrequenztechnik, sowie leitungsgerichtete Telegraphie und Telephonie. Unter Heranziehung stellenweise nicht unbeträchtlicher Mathematik geben sie ein schönes Fundament des heutigen Wissens. Isoliert zwischen diesen vorwiegend der Feldphysik angehörenden Kapiteln steht der auf elektronentheoretischen Vorstellungen aufgebaute Abschnitt über die Elektronenröhren. Dieses bereits umfangreiche Spezialgebiet hat hier eine gerundete, zusammenfassende Behandlung erfahren. Manche Gebiete der angewandten Elektrizitätslehre fehlen, so die Starkstromfernlleitungen, die Berechnung von Netzen, die industrielle Fernmeßtechnik und manches andere. Die Ausstattung des Buches, das sich würdig in den Rahmen des großen Lehrbuches der Physik einfügt, ist einwandfrei. Kneissler-Maixdorf.

<sup>4650</sup> Kurbelwellen mit kleinsten Massenmomenten für Reihenmotoren. Von Dr.-Ing. Hans Schron, Privatdozent und a. o. Professor an der Technischen Hochschule München. 66 S. (20 × 28 cm) mit 316 Abb. auf 38 Tafeln. Verlag von Julius Springer, Berlin 1932. Preis geh. RM. 16'50.

Das Spiel der Massenkräfte an zwei- bis zwölfkurbeligen Verbrennungsmotoren mit normalem Kurbelgetriebe wird in der vorliegenden Arbeit für den Fall untersucht, daß die einzelnen Zylinder von der Mitte der Welle aus in symmetrischen Abständen verteilt sind. Es wurde hierbei der Weg eingeschlagen, das resultierende Massenkraftmoment der bewegten Massen zu untersuchen. Da bei einem *k*-zylindrigen Motor die Zahl der möglichen Zündfolgen der Zahl der Umstellungen der *k* Kurbeln, also der Zahl  $(k - 1)!$  entspricht, da jedoch die zweite Hälfte all dieser Möglichkeiten als Spiegelbilder außer acht gelassen werden kann, ist die Zahl der interessierenden Zündfolgen durch  $\frac{(k - 1)!}{2}$

gegeben. Bei einem fünfzylindrigen Motor ergeben sich so  $\frac{4!}{2} = 12$  Lösungen, bei einem zwölfzylindrigen Motor aber  $\frac{11!}{2} = 19\,958\,400$  Lösungen. In diese verwirrende Fülle

eine Regel gebracht zu haben, ist das Verdienst des vorliegenden Heftes, das wieder einmal zeigt, wie weit heute Spezialgebiete der Wissenschaft getrieben werden können. Da die vielzylindrigen Motoren im Dieselmotorenbau, ebenso aber auch auf dem Gebiete der leichten Verbrennungsmotoren für Fahr- und Flugzeuge heute mehr denn je vorherrschen, wird das Buch gewiß, und nicht nur bei den Fachleuten des Motorenbaues, begrüßt werden.  
Dr. H. Baudisch.

**Metallmarkt.**

Berlin (Nach N. Fr. Presse) Mk. je 100 kg.									
Kupfer	3. V.	4. V.	5. V.	6. V.	8. V.				
Electrolytic	50 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	51	52 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	53	53				
London (Nach „Mining Journal“ v. 5. V.) je t (1016 kg)									
Kupfer:		Pf.	sh	d	Pf.	sh	d		
Electrolytic		35	10	0	36	12	6		
Wire bars		36	12	6	—	—	—		
Blei:									
Engl. pig common		13	5	0	—	—	—		

**AUTOMATISIERUNG DES  
WIENER TELEPHONS**



**Umgestaltung bestehender Anlagen auf Vollaut. Ing.-Besuch u. Voranschläge kostenlos**

**KAPSCH & SÖHNE A. G.**

WIEN XII. Tel. R-39-5-29  
JOH.-HOFFMANNPL. 9

Käufer oder Lizenznehmer gesucht für das österr. Patent Nr. 117 694 <sup>4465</sup>

„Lichtsignalvorrichtung, insbesondere für Eisenbahnen u. dgl.“

Gefl. Zuschriften erbeten an das Patentanwaltsbüro V. TISCHLER, Wien, VII/2

Käufer oder Lizenznehmer gesucht für das österr. Patent Nr. 119 669 <sup>4468</sup>

„Elektrischer Vielfachkondensator, dessen Elektroden an einem Gestell reihenweise befestigt sind“

Gefl. Zuschriften erbeten an das Patentanwaltsbüro V. Tischler, Wien, VII/2.

Käufer oder Lizenznehmer für das österr. Patent Nr. 113 924 betreffend: <sup>4463</sup>

„Schutzsystem für elektr. Anlagen gegen Überspannungen“ gesucht. Gefl. Anträge erbeten an: Patentanwaltskanzlei THEODOROVIC & Cie., Wien VII, Stebensterng. 39.

**SIE**

*erhöhen Ihren Umsatz, wenn Sie in der E. und M. inserieren.*

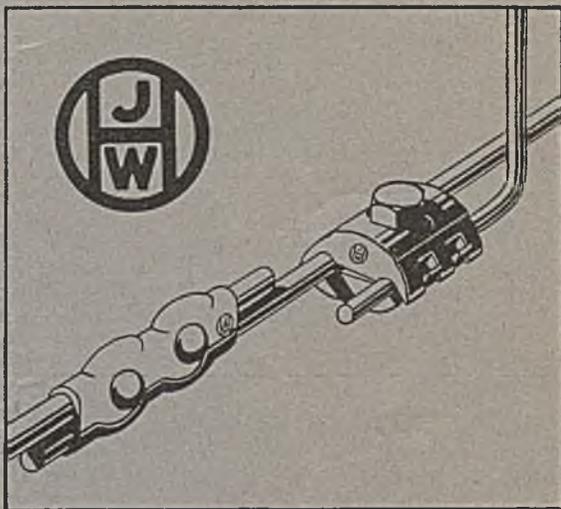
**ELEKTRO-INGENIEUR**

Absolvent der Techn. Hochschule in Wien, mit Sprachkenntnissen (Engl., Franz. u. Spanisch)

**sucht Anfangsstellung**  
im In- oder Ausland.

Zuschr. erb. unter „4467“ a. d. „E. und M.“ Wien VI.

**J. WILHELM HOFMANN  
RÖTZSCHENBRODA-DRESDEN**



**Sämtliches Verbindungs-Material in erstklassiger Ausführung.**

Generalvertretung für Österreich:  
**Dr. PAUL HOLITSCHER & Co.**  
Wien IV. Starhembergasse 4-6

**Fayence \* Majolika**

**Beleuchtungskörper für Wand und Decke**

mit Schraubgläsern bis 198 mm Gewinde, auch farbig

Wasserdichte Pendel



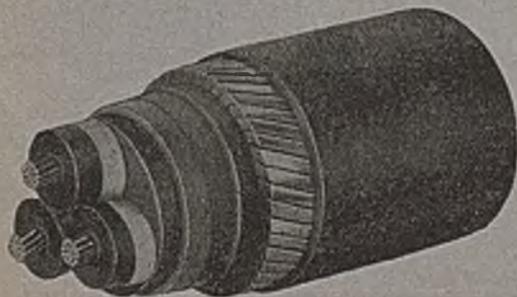
**Julius Dressler, Biela-Bodenbach (Böhmen)**

Beleuchtungskörper- und Majolikafabrik

**Felten & Guilleaume**

Fabrik elektrischer Kabel, Stahl- und Kupferwerke Actien-Gesellschaft

**Wien X, Gudrunstraße Nr. 11**



Elektrische Licht- und Kraftübertragungs-Kabel für Hoch- und Niederspannung mit reiner Papierisolation. Telephon- und Telegraphen-Kabel.

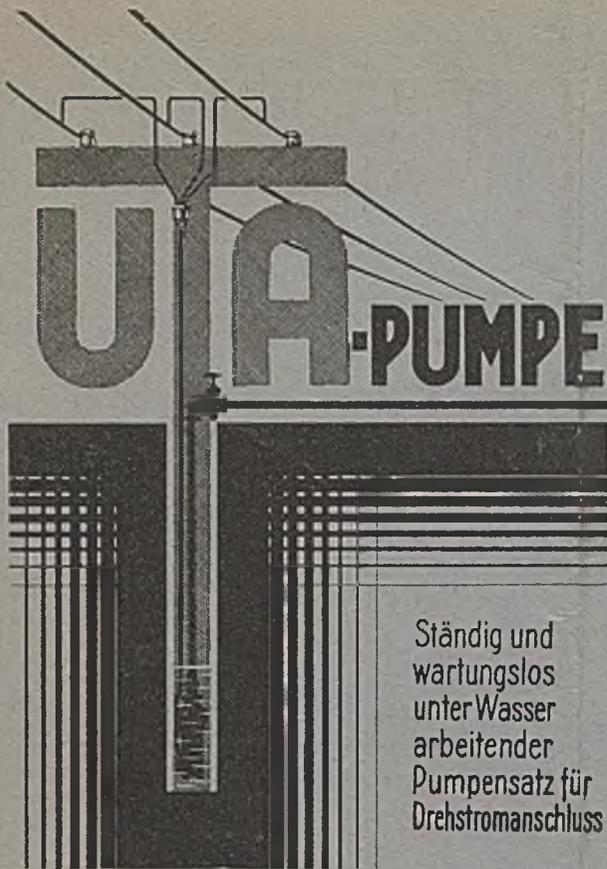
Leitungsdraht nach verschiedenster Art isoliert.

Kupfer-, Bronze-, Eisen- und Stahldraht.

Isolierrohre samt Zubehör.

Runde und flache Drahtseile jeder Konstruktion und Qualität für alle Verwendungszwecke.

Alleinige Lizenzträger in Österreich für vorgeformte drallfreie Tru-Lay Drahtseile.



Ständig und  
wartungslos  
unter Wasser  
arbeitender  
Pumpensatz für  
Drehstromanschluss

**GARVENSWERKE WIEN**

Zentrale: II. Handelskai 130/22. Stadtbüro: I. Schwarzenbergstr. 6/22



## **Verkaufsgesellschaft m. b. H. für Isolierte Leitungen**

**Zentralverkauf  
von isolierten Normalleitungen (ohne  
Bleimantel) der Firmen:**

„Ariadne“, Draht- und Kabelwerke Aktien-Gesellschaft  
Josef Feller, Fabrik isolierter Drähte und Kabel  
Felten & Guillaume, Fabrik elektrischer Kabel, Stahl-  
und Kupferwerke Aktiengesellschaft  
Kabelfabrik und Drahtindustrie Aktiengesellschaft  
Kruger & Co., Kabel- u. Drahtfabrikation—Kommandit-  
Gesellschaft  
Joh. Pengg, Thörl bei Aflenz  
Gummi- und Kabelwerke Josef Reithoffer's Söhne A. G.  
Schwechater Kabelwerke Gesellschaft m. b. H.  
Österreichische Siemens-Schuckert-Werke, Kabelwerk

## **Isolierrohrvertriebs- Gesellschaft m. b. H.**

**Zentralverkauf  
von schwarzen und verbleiten Rohren  
sowie von Zubehör der Firmen:**

Felten & Guillaume, Fabrik elektrischer Kabel, Stahl-  
und Kupferwerke Aktiengesellschaft  
Kabelfabrik und Drahtindustrie Aktiengesellschaft  
Wiener Isolierrohr- und Batteriefabrik Gesell-  
schaft m. b. H.

**Zentrale und Zentrallager in Wien, I., Wipplingerstraße 31**

Telephon Serie U-21-5-75

**Vertretung Graz:**

Max Berthold, Burggasse 4 / Telephon 52-33

**Vertretung Salzburg:**

Franz Theisinger, Schallmooser Hauptstr. 40, Tel. 1274/VIII

**Vertretung Innsbruck:**

Ing. Ernst Preidel, Grassmayrstraße 3 / Tel. 20-26/II