

# 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 35

Wien, 27. August 1933

51. Jahrgang

## Eine neue Ableitung der Gleichstrom-Ankerwicklungen.

Von Prof. Ing. Dr. Heinrich Sequenz, Wien\*).

**Inhaltsübersicht:** Bei der Erklärung der Schleifen- und Wellenwicklungen halten sich die meisten Lehrbücher an den Entwicklungsgang der Gleichstrom-Ankerwicklungen und leiten die Trommelwicklungen aus der Ringwicklung ab. Andere Bücher stellen die Schleifenwicklungen und Wellenwicklungen einfach als die Wicklungen hin, die für Gleichstromanker verwendet werden. Die letzte Art hinterläßt in dem Belehrung Suchenden den Eindruck, daß diese Schaltungen willkürlich sind oder durch Probieren gefunden wurden, während die erste Art durch die Anlehnung an den Werdegang der Ankerwicklungen eher befriedigt. Doch hat die erste Art der Darstellung der Wicklungen den Nachteil, daß man auf eine in der Praxis nicht mehr verwendete Wicklung eingehen muß. In der folgenden Arbeit wird gezeigt werden, wie sich die gebräuchlichen eingängigen und mehrgängigen Schleifen- und Wellenwicklungen ableiten lassen, ohne einerseits auf die Ringwicklung zurückgreifen zu müssen und ohne andererseits den Schein einer Willkür zu erwecken.

### I. Stellung der Aufgabe.

Es liegt zum Beispiel die Aufgabe vor, einen Anker einer vierpoligen Gleichstrommaschine zu bewickeln. In  $N = 23$  Nuten sollen  $s = 46$  Stäbe untergebracht werden, so daß also  $s_n = 2$  Stäbe in eine Nut zu liegen kommen. Diese zwei Stäbe sollen übereinander angeordnet werden.

Die Bezifferung der Stäbe wird so gewählt, daß die Stäbe mit ungeraden Zahlen stets in der Nut oben, die Stäbe mit den geraden Zahlen stets in der Nut unten liegen.

Die EMKe, die bei einer Drehung des Ankers in den Stäben der einzelnen Ankernuten erzeugt werden, sind proportional den Normalkomponenten der Induktion an jenen Stellen des Ankerrumfanges, wo die Nuten liegen. Wird die Feldkurve durch ihre Grundwelle ersetzt, so ist die Normalkomponente der Induktion am Ankerrumfang sinusförmig verteilt. Daher werden in den Stäben der Ankernuten EMKe induziert, die sich sinusförmig ändern und die in der Phase um

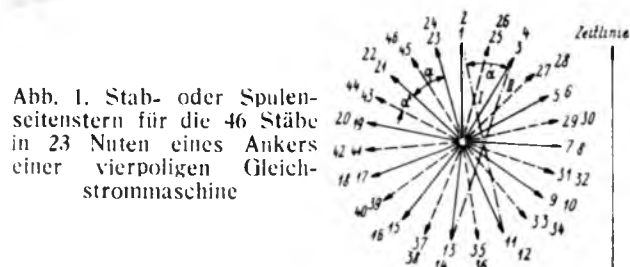
$$\alpha = \frac{p}{N} \cdot 360$$

Perioden gegeneinander verschoben sind. Die EMKe in den beiden Stäben ein und derselben Nut sind selbstverständlich phasengleich. Die Amplituden der in den Stäben induzierten EMKe lassen sich mithin durch das Vektordiagramm in Abb. 1 darstellen (Stabstern oder Spulenseitenstern). Die Vektoren, die den EMKen in den Stäben oder Spulenseiten benachbarter Nuten entsprechen, sind so beziffert wie die Stäbe. Sie sind gegeneinander um  $\alpha^\circ$  verdreht. Wir erkennen, daß zweimal der

Stabstern umgangen werden muß, um zum Ausgangsstrahl (1, 2) zurückzukehren. Die Strahlen des zweiten Umganges sind, der besseren Deutlichkeit wegen, gestrichelt gezeichnet worden. Die im Stabstern benachbarten Strahlen sind gegeneinander um

$$\alpha' = \alpha/2 = \alpha \cdot t/p$$

Grad verdreht.  $t$  ist der größte Teiler, den die Nutenzahl  $N$  und die Polpaarzahl  $p$  gemeinsam haben<sup>1)</sup>.



Die Augenblickswerte der EMKe in den einzelnen Stäben oder Spulenseiten sind den Projektionen der Strahlen oder Amplituden auf eine Zeitlinie gleich, die gegenüber dem Stabstern mit der Winkelgeschwindigkeit

$$\omega = 2\pi f = p \cdot \pi n/30$$

umläuft.  $f$  stellt die Frequenz der Wechselspannung und  $n$  die Drehzahl des Ankers dar.

### II. Schaltung der Stäbe zu Spulen.

Die erste Frage, die bei der Suche nach den möglichen Wicklungen für unseren Anker beantwortet werden muß, ist die nach der Vereinigung der Stäbe oder Spulenseiten zu Spulen. Bei der Beantwortung dieser Frage kommt uns der Stabstern zu Hilfe.

Wenn die Wicklung gut ausgenutzt werden soll, das heißt wenn die Spannungen zwischen den Enden der Spulen möglichst groß sein sollen, dann müssen solche Stäbe zu Spulen vereinigt werden, deren Strahlen im Stabstern um möglichst  $180^\circ$  in der Phase verschoben sind.

Weiters sollen die Wicklungen, die abgeleitet werden, Zweischichtwicklungen sein, das heißt Wicklungen, bei denen die eine Seite oder der eine Stab der Spule in der einen Nut oben, die andere Seite oder der andere Stab in der ent-

\*) Antrittsvorlesung des Verfassers als Privatdozent an der Technischen Hochschule in Wien.

<sup>1)</sup> R. Richter, Ankerwicklungen für Gleich- und Wechselstrommaschinen, S. 45 bis 58. Verlag von J. Springer, Berlin 1920.

sprechenden zweiten Nut unten liegen. Nach unserer Bezifferungsweise muß dann für solche Zweischichtwicklungen immer ein Stab mit ungerader Bezifferung mit einem Stab zu einer Spule vereinigt werden, der eine gerade Bezifferung aufweist. Stab 1 kann mithin entweder mit Stab 12 oder 36 oder 14 oder 38 zu einer Ankerspule zusammengeschlossen werden. Wir wollen für unser Beispiel gleich die erste Schaltungsmöglichkeit ausführen, also Stab 1 mit dem Stab 12 zu einer Spule vereinigen.

Wir bezeichnen den Schritt von Stab 1 nach Stab 12, der die Spulenweite angibt, mit  $y_1$  und nennen ihn den ersten Teilschritt. Es ist also

$$y_1 = 11.$$

Will man den ersten Teilschritt oder die Spulenweite durch die Zahl der Nuten ausdrücken, die die Spule umschließt, so läßt sich dieser „Nutenschritt“ aus der Beziehung berechnen

$$y_n \geq \frac{180^\circ}{\frac{p}{N} \cdot 360^\circ},$$

die besagt, daß Stäbe zu einer Spule verbunden werden, die in Nuten liegen, die gegeneinander in der Phase um möglichst  $180^\circ$  verschoben sind. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Phasenverschiebung zweier benachbarter Nuten

$$\alpha = \frac{p}{N} \cdot 360^\circ$$

beträgt, wie schon betont wurde. Aus der Gleichung, die oben für den „Nutenschritt“  $y_n$  angeschrieben wurde, folgt

$$y_n \geq \frac{N}{2p}.$$

In unserem Beispiele wurde der Nutenschritt  $y_n = 5 (N/p = 23/4)$  angenommen.

Der Zusammenhang zwischen dem ersten Teilschritt  $y_1$  und dem Nutenschritt  $y_n$  ergibt sich leicht zu  $y_1 = y_n \cdot s_n + 1^*)$ .

Die Wahl des Nutenschrittes  $y_n$  ist entscheidend dafür, ob die Wicklung eine Durchmesser- oder Sehnwicklung, eine Rahmenspulen- oder Treppenwicklung ist. Und zwar gilt:

$$y_n = \text{ganze Zahl} \dots \text{Rahmenspulenwicklung}^3) \quad \left\{ \begin{array}{l} y_n = \frac{N}{2p} \dots \text{Durchmesserwicklung,} \\ y_n > \frac{N}{2p} \dots \text{Sehnwicklung.} \end{array} \right.$$

$$y_n = \text{gebrochene Zahl} = \text{ganze Zahl} + x/s_n \dots \text{Treppenwicklung}^4).$$

Wir können jetzt auch die Spannungen der Spulen angeben. Stab 1 wird mit Stab 12 zu einer Spule I zusammengeschlossen, deren Spannung durch den Vektor I (strichpunktiert gezeichnet) in Abb. 1 dargestellt werden kann. Stab 3 und Stab 14 geben die Spule II. Der Vektor ihrer Spannung ist in Abb. 1 mit II bezeichnet. Die  $s = 46$  Stäbe oder Spulenseiten geben insgesamt

$K = s/2 = 23$  Spulen. Die Vektoren ihrer Spannungen sind, wie aus Abb. 1 zu ersehen ist, wieder um  $\alpha^\circ$  gegeneinander in der Phase verschoben. Wir vereinigen diese  $K = 23$  Spannungsstrahlen wieder in einem Sterne, der in Abb. 2 dargestellt ist.

Wie beim Stern der in den einzelnen Stäben induzierten EMKe sind die ungleichphasigen Strahlen im Stern der Spulenspannungen um  $\alpha^\circ$  gegeneinander in der Phase verschoben. Der Phasenverschiebungswinkel zwischen den Strahlen zweier am Ankerumfang nebeneinander liegenden Spulen ist aber, wie schon betont wurde,  $\alpha^\circ$ . Die Spulenanfänge sind stets jene ungeradzahlgigen Stäbe, die im Stabstern bei den

Zeitlinie

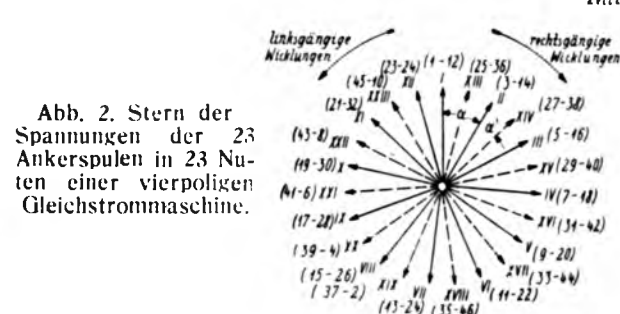


Abb. 2. Stern der Spannungen der 23 Ankerspulen in 23 Nuten einer vierpoligen Gleichstrommaschine.

einzelnen Strahlen eingetragen sind. Die Spulenden sind von den Spulenanfängen um den ersten Teilschritt  $y_1$  entfernt. Im Stern der Spulenspannungen sind über den römischen Ziffern, die die Spulen benennen, in der Klammer mit arabischen Ziffern Anfangs- und Endstab der betreffenden Spule angeschrieben.

### III. Schaltung der Spulen.

Die zweite Frage, die sich bei der gestellten Aufgabe erhebt, ist die Frage nach den Möglichkeiten, wie die  $K = 23$  Spulen geschaltet werden können. Bei der Beantwortung dieser Frage wollen wir nach folgendem einfachen Plane vorgehen. Wir schalten zuerst die Spulen so hintereinander, wie ihre Spannungsstrahlen im Stern der Spulenspannungen rechts herum aufeinanderfolgen. Auf

diese Weise werden wir die erste Wicklung erhalten. Dann werden wir jene Spulen hintereinanderschalten, die zu Spannungsstrahlen gehören, zwischen denen im Stern der Spulenspannungen ein Spannungsstrahl ausbleibt. Wieder soll die Aneinanderreihung dieser Spulen so erfolgen, daß die Strahlen im Stern der Spulenspannungen rechts herum durchlaufen werden. So ergibt sich dann die zweite Wicklung. Dann sollen Spulen hintereinander geschaltet werden, denen Spannungsstrahlen entsprechen, zwischen denen im Spulenspannungsstern zwei Strahlen ausbleiben. Die dritte Wicklung entsteht. Endlich sollen jene Strahlen im Spannungsstern, zwischen denen drei Strahlen ausbleiben, die Spulen angeben, die zu einer vierten Wicklung vereinigt werden. Bei allen diesen vier Wicklungen soll der Stern der

<sup>3)</sup> Arnold-la Cour, Die Gleichstrommaschine, Erster Band, S. 35 und 36. Verlag von Julius Springer, Berlin 1919.

<sup>4)</sup> Arnold-la Cour, S. 34.

<sup>5)</sup> R. Richter, a. a. o., S. 41.

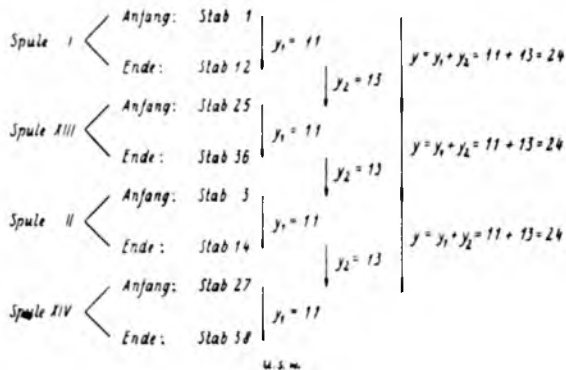
Spulenspannungen rechts herum durchlaufen werden. Wir werden sehen, daß diese Wicklungen rechtsgängige Wicklungen genannt werden müssen.

Die gleiche Aneinanderreihung der Spulen werden wir bei einem Durchlaufen des Sternes der Spulenspannungen links herum untersuchen. Die Wicklungen, die auf diese Art sich ergeben werden, werden linksgängige Wicklungen sein.

### 1. Rechtsgängige Wicklungen.

a) Hintereinanderschaltung von Spulen, denen im Stern aufeinanderfolgende Strahlen entsprechen: eingängige Wellenwicklung.

Wir schalten also nun zuerst die einzelnen Ankerspulen so hintereinander, wie ihre zugehörigen Strahlen im Stern der Spulenspannungen rechts herum aufeinander folgen, und erhalten folgende Schaltanordnung:



Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, daß bei der Hintereinanderschaltung der Spulen stets Stäbe miteinander verbunden werden, die um 13 Spulenseiten oder Stäbe voneinander entfernt sind, zum Beispiel Stab 12 mit Stab 25, Stab 36 mit Stab 3, Stab 14 mit Stab 27 usw. Wir nennen diesen Schritt 13 den zweiten Teilschritt oder Schaltschritt und bezeichnen ihn mit  $y_2$ .

Die Anfänge jener Spulen, die hintereinandergeschaltet werden, sind, wie aus der vorstehenden Aufschreibung zu ersehen ist, um 24 Stäbe oder Spulenseiten voneinander entfernt, zum Beispiel Stab 1 der Spule I vom Stab 25 der Spule XIII, Stab 25 der Spule XIII vom Stab 3 der Spule II, Stab 3 der Spule II vom Stab 27 der Spule XIV usw. Diesen Schritt 24 nennen wir den resultierenden Wicklungsschritt und bezeichnen ihn mit  $y$ .

Aus der Schaltanordnung ist sofort zu erkennen, daß der resultierende Wicklungsschritt  $y$  gleich der Summe der beiden Teilschritte  $y_1$  und  $y_2$  ist, daß also gilt

$$y = y_1 + y_2.$$

Setzen wir die Strahlen der Spulenspannungen so wie die Spulen zusammen, so erhalten wir das Spannungsvieleck dieser Wicklung, das in Abb. 3a gezeichnet ist. Wie aus dieser Abbildung zu ersehen ist, liefert die Wicklung  $2a = 2$  parallele Ankerstromzweige. Die Lage der Verbindungslinie der auf dem Stromwender schleichenden Bürsten ist  $AB$ ; sie ist gegen die Zeitlinie unveränderlich, während das Spannungsvieleck selbst mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega = 2\pi f$  gegenüber der Zeitlinie umläuft.

Die Spannung, die die auf die geschilderte Weise entstandene Wicklung hervorbringt, entspricht ungefähr dem Durchmesser des dem Spannungsvieleck umschriebenen Kreises.

Zeichnet man nun in gewohnter Weise diese Wicklung auf, so sieht man, daß diese Wicklung eine rechtsgängige Wellenwicklung ist.

b) Hintereinanderschaltung von Spulen, denen Strahlen entsprechen, zwischen denen im Stern ein Strahl ausbleibt: eingängige Schleifenwicklung.

Schalten wir Spulen hintereinander, denen im Stern der Spulenspannungen (Abb. 2) Strahlen entsprechen, zwischen denen ein Strahl liegt, so

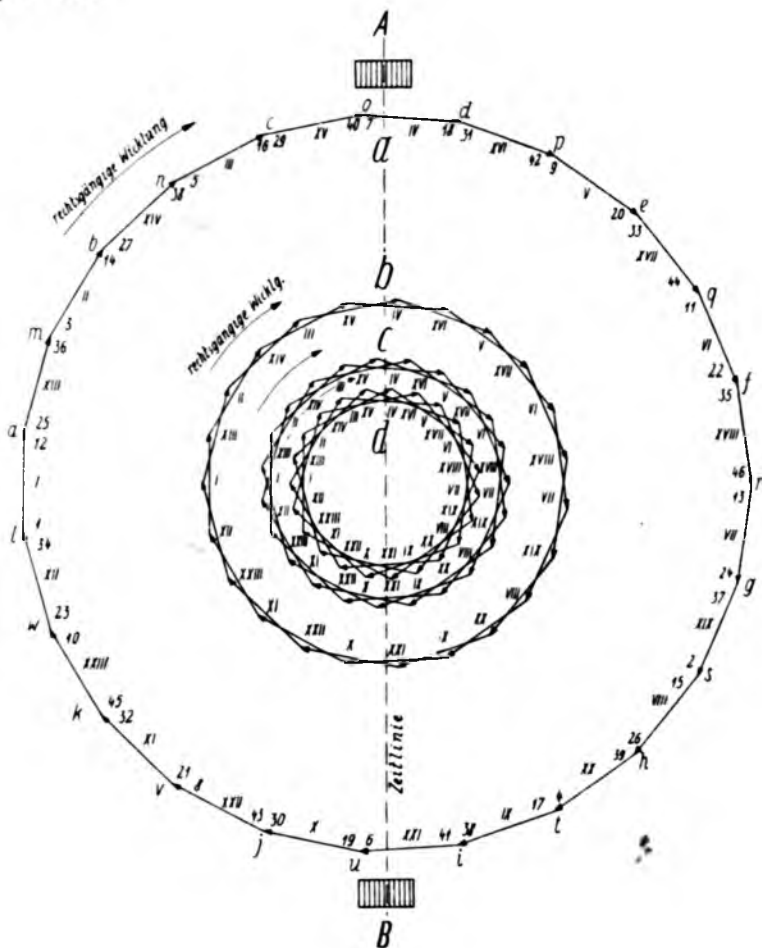
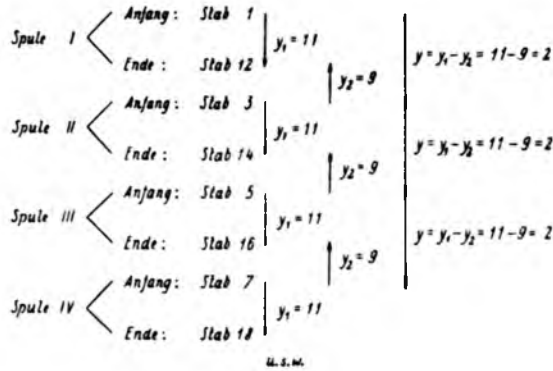


Abb. 3. Spannungsvieleck der a) eingängigen Wellenwicklung, b) eingängigen Schleifenwicklung, c) dreigängigen Wellenwicklung, d) zweigängigen Schleifenwicklung.

vereinigen sich diese Spulen nach folgender Schaltanordnung:



Aus dieser Zusammenstellung ist der Zusammenhang zwischen dem resultierenden Wicklungsschritten und den zwei Teilschritten herauszulesen:

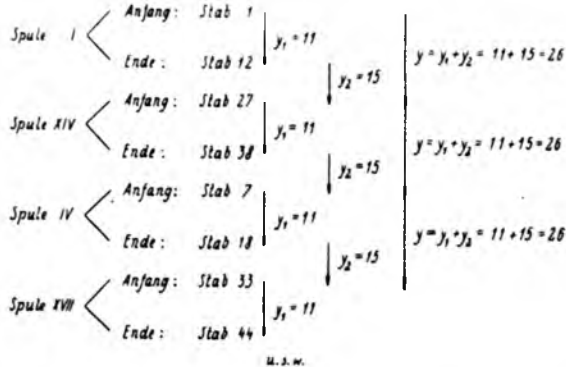
$$y = y_1 - y_2.$$

Abb. 3b gibt das Spannungsvieleck für diese neue Wicklung an, das durch Aneinandersetzen der Strahlen I, II, III usw. des Spulenspannungsternes entsteht. Die Wicklung zerfällt in vier parallele Ankerstromzweige, wie Abb. 3b zeigt. Die Spannung des Ankers hier ist nur die Hälfte der Ankerspannung bei der zuerst abgeleiteten Wicklung.

Zeichnet man die neue Wicklung nach den soeben gefundenen Schaltregeln auf, so entsteht eine eingängige rechtsgängige Schleifenwicklung.

c) Hintereinanderschaltung von Spulen, denen Strahlen entsprechen, zwischen denen im Stern zwei Strahlen ausbleiben: dreigängige Wellenwicklung.

Die Schaltanordnung für diese neue Wicklung ist die folgende:



Ohne die Wicklung aufzuzeichnen, erkennt man schon aus dieser Aufschreibung, daß das Wicklungsgesetz

$$y = y_1 + y_2$$

gilt, daß wir es also mit einer Wellenwicklung zu tun haben. Aus dem Spannungsvieleck für diese Wicklung in Abb. 3c entnimmt man, daß einerseits die Wicklung in sechs parallelgeschaltete Ankerstromzweige zerfällt, und daß andererseits die Spannung des Ankers nur ein Drittel jener Spannung ist, die auftritt, wenn der Anker mit

der ersten Wicklung, der eingängigen Wellenwicklung, ausgerüstet wird. Da das Spannungsvieleck der neuen Wicklung rechtsherum durchlaufen wird, haben wir eine rechtsgängige Wicklung vor uns; und da die Zahl der Ankerstromzweigpaare drei ist, müssen wir die Wicklung eine dreigängige Wellenwicklung heißen.

d) Hintereinanderschaltung von Spulen, denen Strahlen entsprechen, zwischen denen im Stern drei Strahlen ausbleiben: zweigängige Schleifenwicklung.

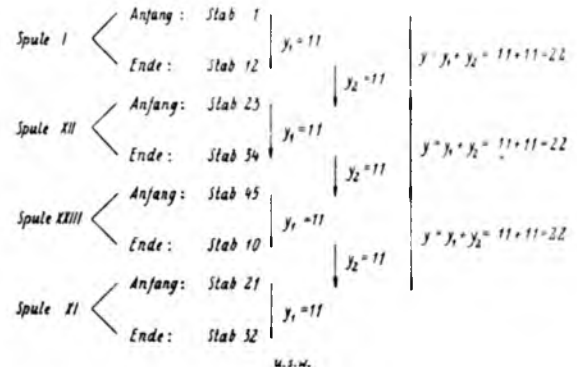
Nach der in der Überschrift angegebenen Vorschrift sind folgende Spulen hintereinander zu schalten:



Aus dieser Zusammenstellung folgt das Wicklungsgesetz  $y = y_1 - y_2$ , mithin die Kennzeichnung dieser Wicklung als Schleifenwicklung. Aus dem Spannungsvieleck in Abb. 3d folgt die Zahl der parallelen Ankerstromzweige zu  $2a = 8$ , die Größe der Ankerspannung zu ein Viertel der Spannung der ersten Wicklung und die Rechtsgängigkeit der Wicklung. Diese neue Wicklung wird eine zweigängige Schleifenwicklung genannt.

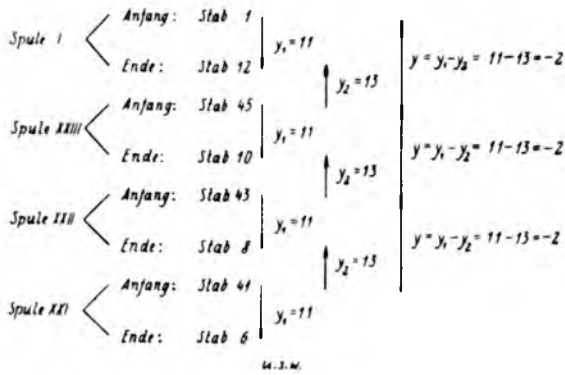
## 2. Linksgängige Wicklungen!

a) Die Aneinanderreihung von Spulen, deren Spannungstrahlen im Stern der Spulenspannungen links herum aufeinander folgen, läßt sich folgendermaßen aufschreiben:

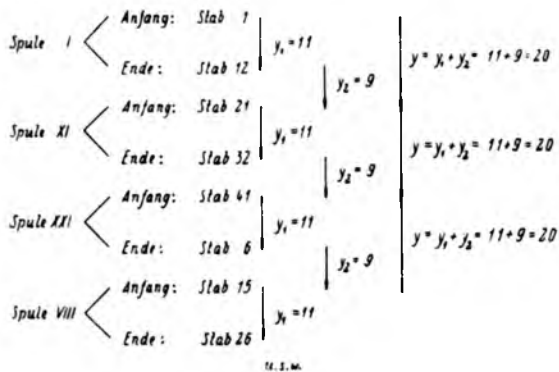


Die Wicklung ist eine eingängige, linksgängige Wellenwicklung.

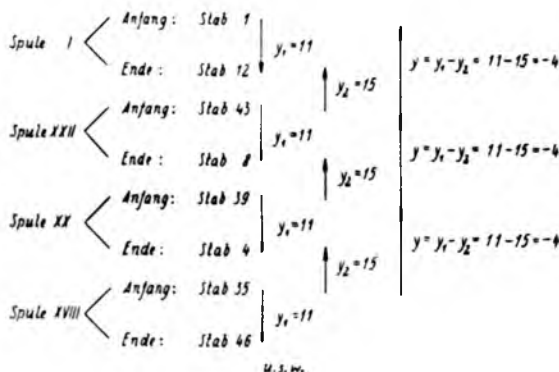
b) Schaltet man Spulen hintereinander, deren Strahlen links herum im Stern der Abb. 2 einen Strahl überspringen, so erhält man eine eingängige, linksgängige Schleifenwicklung nach



c) Lassen wir zwischen den Strahlen links-herum im Stern der Abb. 2, denen aufeinanderfolgende Spulen in der neuen Wicklung entsprechen sollen, stets zwei Strahlen aus, so ergibt sich eine dreigängige, linksgängige Wellenwicklung durch folgende Anordnung:



d) Eine zweigängige, linksgängige Schleifenwicklung ist schließlich das Ergebnis einer Zusammenschaltung von Spulen, zu denen Spannungsstrahlen gehören, die einerseits im Stern der Spulenspannungen links herum aufeinanderfolgen und zwischen denen andererseits je drei Strahlen ausbleiben:



Die Spannungsvielecke dieser Wicklungen würden, da die Wicklungen linksgängig sind, linksherum durchlaufen werden.

#### IV. Herleitung der Wicklungsformeln.

Der resultierende Wicklungsschritt  $y$  gibt an, um wieviele Stäbe oder Spulenseiten zwei in der Wicklung hintereinander geschaltete Spulen auseinander liegen. Zählt man diesen Schritt nicht durch die Zahl der Stäbe oder Spulenseiten,

sondern durch die Zahl der Spulen, so nennt man den neuen Schritt Stegschritt oder Kommutator-schritt, und bezeichnet ihn mit  $y_K$ . Da jede Spule zwei Spulenseiten oder Stäbe hat, so wird der Stegschritt  $y_K$  die Hälfte des resultierenden Wicklungsschrittes  $y$  sein:

$$y_K = y/2.$$

Zwei am Ankerumfang nebeneinander liegende Spulen (zum Beispiel I und II in Abb. 2) sind gegeneinander in der Phase um den Winkel  $\alpha$  verschoben. Statt den Stegschritt durch die Zahl der nebeneinander liegenden Spulen zu zählen, kann man ihn daher auch durch die Zahl der Winkel  $\alpha$  angeben, die zwischen zwei in der Wicklung hintereinander geschalteten Spulen liegen.

Bei den eingängigen Schleifenwicklungen liegt zwischen den hintereinandergeschalteten Spulen I und II bei der rechtsgängigen oder I und XXIII bei der linksgängigen Wicklung je der Winkel  $\alpha$ . Mithin ist

$$y_K = \pm 1,$$

wenn man die positive Zählrichtung für die Winkel rechtsherum annimmt.

Bei den zweigängigen Schleifenwicklungen liegt zwischen den in der Wicklung hintereinander geschalteten Spulen I und III bei der rechtsgängigen oder I und XXII bei der linksgängigen Wicklung zweimal der Winkel  $\alpha$  so daß

$$y_K = \pm 2.$$

Allgemein liegt zwischen hintereinandergeschalteten Spulen bei  $m$ -gängigen Schleifenwicklungen der  $m$ -fache Winkel  $\alpha$ . Der Stegschritt für eine  $m$ -gängige Schleifenwicklung wird somit

$$y_K = \pm m$$

und der resultierende Wicklungsschritt

$$y = 2y_K = \pm 2m.$$

Das positive Vorzeichen gilt für rechtsgängige, das negative für linksgängige Wicklungen.

Bei der eingängigen Wellenwicklung liegen zwischen zwei in der Wicklung hintereinander geschalteten Spulen (zum Beispiel I und XIII bei der rechtsgängigen oder I und XII bei der linksgängigen Wicklung) ein ganzer Gang um den Spannungsstern in Abb. 2, vermehrt oder vermindert um den Winkel  $\alpha'$ . Der Spannungsstern ist zweipolig, die Wicklung  $2p$  = polig. Aus diesem Grunde wird jeder Spannungsstern beim Zählen der  $K$  am Ankerumfang nebeneinanderliegender Spulen (I, II, III, IV usw.)  $p$ -mal durchlaufen. Auf einen Gang um den Spannungsstern kommt daher  $K/p$ -mal der Winkel  $\alpha$ . Der Winkel  $\alpha'$  ist in unserem Beispiele der  $p$ -te Teil des Winkels  $\alpha$ . Aus diesen Überlegungen ergibt sich der Stegschritt für die eingängige Wellenwicklung, für die  $a = 1$  ist, zu

$$y_K = \frac{K}{p} \pm \frac{1}{p} = \frac{K \pm 1}{p}.$$

Bei der dreigängigen Wellenwicklung, für die die Paarzahl der Ankerstromzweige  $a = 3$  ist, liegen zwischen zwei in der Wicklung hintereinander geschalteten Spulen (zum Beispiel I und

XIV bei der rechtsgängigen oder I und XI bei der linksgängigen Wicklung) ein ganzer Umgang um den Spannungstern, vermehrt oder vermindert um den 3fachen Winkel  $\alpha'$ . Mithin gilt für dreigängige Wellenwicklungen

$$y_K = \frac{K}{p} \pm \frac{3}{p} = \frac{K \pm 3}{p}$$

Allgemein gilt somit für  $m$ -gängige Wellenwicklungen, bei denen  $a = m$  ist,

$$y_K = \frac{K \pm a}{p}$$

für den Stegschritt und

$$y = \frac{2K \pm 2a}{p} = \frac{s \pm 2a}{p}$$

für den resultierenden Wicklungsschritt. Das positive Vorzeichen kommt für rechtsgängige, das negative Vorzeichen für linksgängige Wicklungen in Frage.

## Otto Titus Blathy.

### Zum 50 jährigen Arbeitsjubiläum.

Von Dr. techn. Milan Vidmar, ord. Professor an der jugoslawischen Universität in Ljubljana.

Am 1. Juli feierte der bekannte Großmeister der Elektrotechnik Otto Titus Blathy in Budapest sein 50jähriges Arbeitsjubiläum. Eigentlich sind es 52 Jahre. Blathy trat nämlich am 1. Juli 1883 als junger Ingenieur bei der Firma Ganz & Co. ein, diente aber vorher bereits zwei Jahre bei einer Budapester Maschinenfabrik. Aber diese erste Beschäftigung zählt nur als Einschaltvorgang. Der wahre Blathy beginnt im Jahre 1883.

Es ist nicht dasselbe, ob man einen Strom aufwärts oder abwärts schwimmt. Das gilt auch für den Zeitstrom. Ein Rückblick über die 50 Jahre einer ungewöhnlich glänzenden und erfolgreichen Tätigkeit gibt deshalb nicht mehr das wahre Bild dieser Tätigkeit. So manches, was seinerzeit viel Scharfsinn und viel Mühe verursachte, erscheint uns heute selbstverständlich. Trotzdem zeigt auch der Rückblick ein ungemein fesselndes Bild.

In den allerersten Jahren seiner Tätigkeit beschäftigte sich Blathy hauptsächlich mit zwei physikalischen Fragen, von denen die erste heute längst erledigt ist, während die zweite noch heute immer wieder fesselt. Wie ein Magnetfeld entsteht, war im Jahre 1883 den Physikern wohl bekannt. Die Ingenieure dagegen hatten große Schwierigkeiten mit der Formung und Erregung der Magnetgestelle. Blathy verschaffte sich schon im Jahre 1883 einen klaren Einblick. Es gelang ihm deshalb rasch, die Maschinen erheblich zu verbilligen. Einfach dadurch, daß er den magnetischen Widerstand der Maschinengestelle richtig zu formen begann. Die Beschäftigung mit dem magnetischen Kraftfluß brachte jedoch Blathy einen anderen schicksalschweren Erfolg. Auf der Turiner Ausstellung im Jahre 1884 fiel sein scharfes Auge auf einen Induktionsapparat mit offenem Eisenkern, der von Gaulard und Gibbs konstruiert wurde. Sofort war es ihm klar, daß man den magnetischen Kreis im Eisen schließen müsse. Die Idee beschäftigte ihn in höchstem Ausmaße. Seine Mitarbeiter Zipernowsky und Deri steuerten das ihrige bei. Im Jahre 1885 ist der Transformator erfunden worden. Der Name wurde damals das erste Mal gebraucht. Der Wechselstromtechnik war der Weg geöffnet.

Das Transformatorenpatent von Blathy, Deri Zipernowsky enthält auch die Idee der Parallelschaltung von Transformatoren. Sehr bald nach der Erfindung des Transformators führt Blathy die Parallelschaltung von Wechselstromgeneratoren ein. Damals erdachte er eine eigene Schaltmaschine für diesen Parallelgang. Bereits im Jahre 1887 verwirklicht er in der ersten römischen Zentrale den Parallelbetrieb mit 2 Stück 150 PS- und 2 Stück 600 PS-Maschinen. Zu jener Zeit wurde in maßgebenden Kreisen die Möglichkeit der Parallelschaltung elektrischer Maschinen noch vielfach bezweifelt. Es ist bezeichnend für Blathys sicheren Blick, daß er sich um die theoretischen Debatten nicht kümmerte, sondern einfach zur Tat schritt.

Die großen einleitenden Arbeiten Blathys wurden natürlich von zahlreichen kleineren Erfolgen begleitet. Schon im Jahre 1885 hat Blathy für seine Messungen

ein eigenes elektrodynamisches Wattmeter zur Verfügung. Aus dem Jahre 1884 stammt Blathys erste Erfindung, der automatische Quecksilberspannungsregler. Er war der erste selbsttätige Regler und bewährte sich durch Jahrzehnte. Im Jahre 1889 bringt Blathy den Wechselstromzähler, der sofort mit ungeteilter Anerkennung von der Elektrotechnik aufgenommen wurde. Dem Zähler ist er übrigens sein ganzes Leben lang treu geblieben.

Nachdem der Wechselstromtechnik die Grundlagen gesichert waren, setzte Blathy seine Tatkraft in den Kampf mit dem Gleichstrom ein. Als im Jahre 1889 die Stadt Frankfurt die Einrichtungen für die elektrische Beleuchtung ausschrieb, beteiligte er sich durch Vermittlung der Kölner Firma „Helios“ an dem Wettbewerb. Die Entscheidung wurde bis zur berühmten Frankfurter Ausstellung v. J. 1891 aufgeschoben. Gegen Blathys Wechselstromsystem kämpfte man mit dem Einwand, es hätte keinen Motor, keinen Zähler und keine Bogenlampe. Das Zählerproblem wurde rasch erledigt. Blathy führte ferner schlagfertig den Sachverständigen der Stadt einen sich selbst erregenden Synchronmotor vor. Gleichzeitig bewies er, daß die Bogenlampe auch mit Wechselstrom betrieben werden könne. Frankfurt entschied sich daraufhin für den Wechselstrom.

Es ist wenig bekannt, daß i. J. 1891 Blathy auch einen Wechselstromkommutatormotor herausbrachte. Man konnte ihn bei der Jubiläumfeier in Budapest sehen. Er überrascht mit seinen Kompensationswicklungen. Noch mehr überrascht er vielleicht mit den Widerständen in den Verbindungen zu den Kollektorsegmenten.

Blathy hat immer viel experimentiert und gemessen. Er kennt bereits i. J. 1884 die Ummagnetisierungsverluste im Eisen, die er „magnetische Reibung“ nennt. Zu Beginn der neunziger Jahre findet er die zusätzlichen Verluste im Kupfer. Er schreibt sogar darüber, und zwar im „Electrician“ und in der ETZ, obwohl er immer der literarischen Tätigkeit abhold war.

Noch aus dem Jahre 1891 stammt sein automatischer Turbinenregler, der zuerst in Innsbruck eingebaut wurde. Die erste Anlage in Tivoli mit einer Gesamtleistung von 2500 PS zeigt ebenfalls Blathys Turbinenregler. Zu Beginn der neunziger Jahre liefert Blathy für die elektrische Bahn in Rom Wechselstromumformer. Die zweite Tivoli-Anlage bringt Blathy den Weltrekord mit den dort aufgestellten 3000 PS-Generatoreinheiten. Kurz darauf überrascht er die Welt auf der Pariser Weltausstellung mit eigentümlichen Bewicklungen von Generatoren. Eine vierzigpolige Maschine mit 72 Nuten je Pol mußte in der Tat damals Aufsehen erregen. Sie brachte ihm den „Grand Prix“.

Mit dem Beginn des neuen Jahrhunderts stellt sich Blathy auf den Großmaschinenbau um. Sein ganzes Wesen war immer auf das Große gerichtet, er liebte immer Geradlinigkeit und Größe. Es ist kein Zufall, daß er mit den Jahren immer mehr und mehr in den Großmaschinenbau hineinwuchs. Im Jahre 1900 baut er Karbidmaschinen für 50 V und 24 000 A. Im Jahre 1905 bringt er Generatoren für 30 000 V heraus, die



lange Zeit eine phantastische Leistung darstellten. Im Jahre 1908 erhält er ein Patent auf eine eigenartige Polbefestigung für vierpolige Turbogeneratoren. Kurz darauf kommt er mit kühnen Neuerungen für zweipolige Turbogeneratoren.

Um das Jahr 1911 widmet sich Blathy dem Großtransformator. Der Verfasser hat diese Arbeiten miterlebt und kennt deshalb den großen Eindruck der gewaltigen konstruktiven Taten im Großtransformatorenbau aus eigener Erfahrung. Das Abkühlungsproblem wurde damals so gründlich gelöst, daß Blathy scherzweise sagen konnte, er fürchte sich vor zu großer Kälte in seinen großen Transformatoren. Im Jahre 1911 bringt Blathy einen Transformator für 21 000 kVA Dauerleistung heraus und erringt damit einen Weltrekord.

Der Weltkrieg legte selbstverständlich auf lange Jahre den technischen Fortschritt nieder. Nach dem Weltkrieg nahm aber Blathy seine Arbeit mit ungeschmälerter Tatkraft im vollen Umfange wieder auf. Das Erwärmungsproblem großer Maschinen blieb ihm bis heute ein wichtiges Problem, obwohl es vielfach schon als erledigt angesehen wird. In der Tat konnte er in allerletzter Zeit noch einmal die Welt mit neuen großen Ideen im Großmaschinenbau überraschen. Die Ölkühlung der Ständer großer Turbogeneratoren und die Wasserkühlung der Läufer ist in der Tat ein neuer Abschnitt im Großmaschinenbau.

Noch aus dem Jahre 1912 stammt Blathys Patent auf das stroboskopische Eichungsverfahren für Zähler. In den schweren Zeiten des Weltkrieges und der Nachkriegszeit flüchtete sich Blathy zu seinen geliebten Zählern. Er machte sie auch für große Überlastungen verläßlich und wurde damit bahnbrechend im Zählerbau.

Der Jubilar hat nie äußere Ehrungen gesucht. Er fand die volle Befriedigung in seiner Arbeit, die ihm eigentlich nie Arbeit war, sondern ein reizvolles Vergnügen. Äußere Ehrungen sind natürlich trotzdem nicht ausgeblieben. Blathy ist Ehrenmitglied des Elektrotechnischen Vereins in Wien und des ungarischen Elektrotechnischen Vereins in Budapest. Im Jahre 1907 erhielt

er das Offizierskreuz „Corona d'Italia“, 1908 den königlich ungarischen Hofrattstitel. Während des Weltkrieges wurde er im Jahre 1917 Ehrendoktor sowohl der Budapest als auch der Wiener Technischen Hochschule. Im Jahre 1927 ernannte ihn die ungarische Akademie der Wissenschaften zum Ehrenmitglied.

Blathys Arbeit ist durch eine ganz außerordentliche Gedankenökonomie ausgezeichnet. Ein ungewöhnlicher Blick für die Wirklichkeiten führte ihn immer unfehlbar zum Erfolg. Er hatte immer einen besonderen Sinn für die Betriebsicherheit seiner Konstruktionen und für die wirtschaftlichen Probleme, die in die Elektrotechnik hineinspielen.

Der große Meister der Elektrotechnik war immer ein Meister des Lebens. Er gab sich nie der Elektrotechnik restlos hin, er blieb immer ihr Herr und Gebieter. Viel Zeit opferte er dem Sport. Sehr viel Zeit opferte er sogar dem Schachspiel, dem er ebenfalls ein großer Meister wurde. Seine Schachprobleme sind gewaltige Konstruktionen, die in ihrer Art von niemanden erreicht wurden. Auch in seinen Schachkonstruktionen zeigt sich die Vorliebe für Einfachheit, Geradlinigkeit und Größe.

Die ungewöhnliche Lebenskunst, die man an Blathy bewundern muß, brachte ihm nach fünfzigjähriger Arbeit eine nicht gewöhnliche körperliche und geistige Frische. Er ist heute tatkräftiger und unternehmender denn je. Wir haben noch viel, sehr viel von dem Meister zu erwarten, der mit der Jugend, ja mit den Kinderjahren der Elektrotechnik anfang und der heute noch im reifen den Elektromaschinenbau führend ist.

Es ist lediglich der Abneigung Blathys, literarisch zu arbeiten, zuzuschreiben, daß die Welt nicht alles weiß, was sie von ihm eigentlich wissen müßte. Das gut zu machen ist Pflicht seiner Jünger. Der Verfasser zählt sich zu den treuesten und dankbarsten unter seinen Schülern. Deshalb war er wohl berechtigt, anlässlich eines so seltenen Jubiläums über seinen Lehrmeister einiges zu berichten.

## Rundschau.

### *Stromverteilung, Kraftübertragung.*

**Eisengleichrichter bei 250 V Gleichspannung.** C. A. Butcher vergleicht Eisengleichrichter und Einankerumformer für 250 V. Der Gleichrichter ist als Stromapparat mit konstantem Spannungsabfall bei niedrigen Spannungen hinsichtlich Anschaffungskosten und Wirkungsgrad im Nachteil. Bei 250 V ist ein Eisengleichrichter um 50 vH teurer als ein Einankerumformer. Der Gesamtwirkungsgrad eines Eisengleichrichters für 300 kW, 250 V unter Berücksichtigung der Verluste im Transformator und in den Hilfseinrichtungen übersteigt 90 vH bei Vollast. Dieser Gleichrichter hat unterhalb von 60 vH der Nennleistung einen besseren Wirkungsgrad als der Einankerumformer gleicher Leistung und Spannung. Während es bei Unterstationen mit Einankerumformern üblich ist, drei Maschinen aufzustellen, wovon eine ständig in Betrieb ist, während bei Maximalast zwei Maschinen laufen und die dritte in Reserve steht, werden Gleichrichter wegen des guten Teillastwirkungsgrades für die Maximalast der Station bemessen. Der Verfasser empfiehlt die Verwendung von Eisengleichrichtern, bei denen jede Gleichrichtereinheit aus mehreren Gefäßen besteht (sectional type). Gra. (Electr. Engg. 52 (1933) S. 119.)

### *Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.*

**Ein dieselelektrischer Triebwagen mit neuartiger Steuerung.** H. Conrad beschreibt einen für die Stendaltangermünder Eisenbahngesellschaft gelieferten vierachsigen dieselelektrischen Triebwagen für Normalspur mit 160 PS-Dieselmotor und 30 t Dienstgewicht. Die Steuerung des Wagens erfolgt durch selbsttätige Spannungsregelung des mit dem Dieselmotor direkt gekuppelten Hauptgenerators. Die Erregung des letzteren wird von einer Batterie in Parallelarbeit mit einer Erreger-

maschine, die durch einen automatischen Spannungsgeregler geregelt wird, geliefert und die Stärke des Erregerstromes wird durch Vorschaltwiderstände derart eingeregelt, daß das Produkt aus abgegebenem Strom und Spannung des Hauptgenerators konstant bleibt. Dieser Vorgang wird mit Hilfe eines Leistungsrelais durchgeführt, das aus einer feststehenden Strom- und einer beweglichen Spannungspule besteht und einen nach beiden Richtungen laufenden Hilfsmotor steuert. Letzterer schaltet die Widerstände vor dem Feld des Hauptgenerators aus und ein. Mit Hilfe von Steuerkontrollern können verschiedene Betriebsdrehzahlen des Dieselmotors eingestellt werden. Gleichzeitig wird auch das Leistungsrelais entsprechend der bei dieser Drehzahl vorhandenen Dieselmotorleistung umgestellt.

B. G.

(BBC-Nachr. 20 (1933) S. 58.)

### *Fernmeldetechnik.*

**Über Neuerungen an Abtastmispulen** berichtet H. Voigt. Als Kernmaterial für die in der Hochfrequenz- und in der Meßtechnik Verwendung findenden Spulen dient Ferrocart, das aus isolierten Magnetpartikeln besteht, die in einer dünnen Lage auf einem Papierstreifen durch ein wärmflüssiges Bindemittel verfestigt sind: durch Zusammenpressen solcher Streifen erhält man Platten, durch Aufwickeln Zylinder, Rohre oder Ringe. Das Ferrocart läßt sich leicht sägen (zwischen Sperrholzplatten) und bei Verwendung von Schnittm mit Gegenstempel stanzen, weiter lassen sich einzelne Teile durch Druck und Wärme verbinden. Ferrocart hat eine Permeabilität von  $\mu = 10$  bis 12. Die Windungszahl solcher Spulen ist geringer als bei Luftspulen, damit sinken die Kupferverluste; die Magnetisierungsverluste im Ferrocartkern sind vernachlässigbar

klein. Durch geschickte Formgebung des Kernes (üblich sind Mantel-, Topf- und Toroidform) kann man Streuflüsse in Luft und damit eventuell notwendige Abschirmungen vielfach vermeiden. Die Resonanzkurven von Ferrocartspulen weisen höhere und schärfer ausgeprägte Maxima auf als die entsprechender Luftspulen. Ebenso ist der Wert des Dämpfungsdekrementes im Mittelwellenbereich bei Ferrocartspulen kaum  $\frac{2}{3}$  des Wertes von Luftspulen (beide für 2 mH). O. b.

(Wireless World 31 (1932) S. 272.)

### Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

#### Ein neuer Funkenoszillator für Dezimeterwellen.

Von L. Rohde und H. Schwarz. Werden zwei konzentrische Röhre gegeneinander aufgeladen und durch eine Funkenstrecke entladen, so stellen sich Schwingungen ein, deren Frequenz im Gegensatz zu den üblichen Schwingungskreisen nicht von der Systemkapazität, sondern nur von der Länge der Röhre und der Lage der Funkenstrecke an den Röhren abhängig ist. Befindet sich etwa die Funkenstrecke in der Mitte der Röhre, so entsteht eine Frequenz  $c/2l$  ( $c$  Lichtgeschwindigkeit,  $l$  Rohrlänge), bei anderen Lagen entstehen Frequenzgemische. Die Aufladung der Röhre erfolgt in ihrer Mitte über einen Transformator mit 5000 V: die aufgenommene Leistung ist der Systemkapazität proportional, die hier verhältnismäßig groß gehalten werden kann (bei 80 cm Wellenlänge 125 cm gegen 2 cm bei normalem Schwingungskreis), dementsprechend werden die Schwingungsenergien weitaus größer (10 bis 20 mal) als bei den früheren Anordnungen. Die Funkenstrecke wird zweckmäßig mit einem Luftstrahl angeblasen, da diese Kühlung höhere Funkenzahlen und -spannungen erlaubt. Die günstigste Funkenlänge lag mit Gebläse bei 0,8 mm, ohne Gebläse bei 0,4 mm. Die Röhre müssen verhältnismäßig dünn sein: beim untersuchten System von 80 cm Wellenlänge betrug die Rohrlänge 40 cm, der Durchmesser des Außenrohres 3 cm. Soll die Energie des Oszillators ausgestrahlt werden, so verlängert man das Innenrohr: die überstehenden Enden strahlen dann stark. Zur Leistungsmessung wurde ein mit Heizdraht und Thermoelement versehener Schwingungskreis verwendet; die gemessenen Leistungen betrugen 3 bis 5 W. Die kürzeste Welle die hergestellt werden konnte, war 14 cm lang. H. S.

(Z. Hochfrequenztechn. u. Elektroakustik 41 (1933) S. 207.)

### Literaturberichte.

<sup>4714</sup> Einführung in die theoretische Physik. Von Dr. Clemens Schaefer. 3 Bde., I. Teil: Elektrodynamik und Optik, VIII und 918 S., mit 235 Abb., in Text. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1932. Preis geh. RM. 37.50, geb. RM. 40.—.

Das Werk Schaefer's nimmt unter den Einführungen in die theoretische Physik einen besonderen Rang ein. Die Aufgabe ist heute nicht leicht: in einer Zeit, da alle physikalischen Anschauungen im Flusse, alle Grundlagen einschließlich der Kausalität einer Revision unterzogen werden müssen, drohen einer Einführung in die theoretische Physik besondere Schwierigkeiten sachlicher und didaktischer Art. Legt man dennoch die einzelnen Bände mit der Überzeugung aus der Hand, daß diese Schwierigkeiten überwunden wurden, so ist dies der Kunst des Verfassers zu danken, der die Darstellung des Stoffes nach Art und Ausmaß dem Bedürfnis des Studierenden in glücklichster Weise anzupassen wußte. Der vorliegende erste Teil des dritten Bandes ist der Elektrodynamik einschließlich der Optik, gewidmet und daher — nach dem Satz, daß zu wenig weiß, wer nur gerade das Notwendige weiß — auch für den Elektro-Ingenieur von Interesse. Von den 14 Kapiteln sind sechs der engeren Maxwell'schen Theorie, fünf der Optik, je eines der Elektronentheorie und Dispersion, der Theorie der Strahlung und der Relativität gewidmet. Bei der Darstellung der Maxwell-

schen Theorie werden die Maxwell'schen Gleichungen ungefähr in der Mitte der Ausführungen gebracht, die demnach teilweise induktiv, teilweise deduktiv gehalten sind; ein Weg, der „aus Gründen der Didaktik und der Anschaulichkeit“ (Seite 265) sicherlich der beste ist. Sehr knapp gehalten sind die mit der materiellen Bewegung verknüpften elektromagnetischen Erscheinungen; hier trennt sich offenbar das Interesse des Physikers von dem des Technikers. Dankenswert wäre auch eine stärkere, explizite Verwendung des ersten und zweiten Hauptsatzes, sowie der Prinzipie überhaupt, die eine Durchleuchtung der Vorgänge von anderen Gesichtspunkten aus gestatten. Von besonderem Interesse für den Elektrotechniker ist auch das Kapitel über die Elektronentheorie. Die theoretische Elektrotechnik beruht heute in der Hauptsache, aus triftigen Gründen, auf der Maxwell'schen Theorie: die Physik ist schon längst über sie hinausgewachsen. „Ihre Charakterisierung der Materie durch  $\epsilon$ ,  $\mu$ ,  $\sigma$  ist zu grob“, sagt der Verfasser auf Seite 666, und kennzeichnet damit schlagartig die ganze Lage. Solange die Elektrotechnik nur Felder betrachtete, genügte die Maxwell'sche Theorie vollständig. Heute, da in den Gleichrichtern, Glühkathodenröhren usw. eine schärfere Erfassung der Vorgänge erforderlich ist, rückt die Elektronentheorie auch in den Gesichtskreis des Elektrotechnikers. Das letzte Kapitel des Bandes bildet eine ungemein klare Einführung in die Theorie der Relativität. Eine geradezu vollkommene Klarheit ist überhaupt ein besonderer Vorzug des Buches, das nicht nur jede Einzelheit bis ans Ende durchdacht bringt, sondern auch weite Umblicke mit wenigen Worten treffend zu beleuchten vermag: eine Kunst, die nur dem Meister gegeben ist. Kneissler-Maixdorf.

<sup>4787</sup> Dampfspeicheranlagen. Von W. Goldstern, 150 S., mit 115 Abb., Verlag von J. Springer, Berlin 1933, Preis geb. RM. 18.—.

Das Buch bringt eine Übersicht über das gesamte Gebiet der Dampfspeicherung. Behandelt sind die bauliche Ausgestaltung der Gefälle- und Gleichdruckspeicher samt Zubehör, der Einbau in die Dampfanlage und die Berechnung der Speichergöße, ferner die Anwendungen und die Wirtschaftlichkeit. Da die Anwendungsmöglichkeit der Speicher, wenn sie auch in letzter Zeit für einzelne Zwecke gegenüber den stark überlastbaren Kesseln etwas in den Hintergrund getreten sind, noch lange nicht erschöpft ist und eine zusammenfassende Darstellung aus der letzten Zeit fehlt, wird das Buch sowohl bei den Dampftechnikern als auch bei den Kraftwerksbauern — die Verwendung von Speichern in Kraftwerken ist ziemlich ausführlich besprochen — Interesse finden. Am wertvollsten sind wohl die vielen Berechnungsdiagramme und die Einbauschaltungen, und auch das über 50 deutschsprachige Bücher und Zeitschriften umfassende Verzeichnis wird gute Dienste leisten. Hingegen wird man das Fehlen eines Sachverzeichnisses unangenehm empfinden, ebenso die wiederholt zu knappe Beschreibung der einzelnen Abbildungen und die unvollständige Angabe über die Hersteller der einzelnen Apparate. Für die Schaltungen sind die sehr zweckmäßigen Schaltzeichen nach Stender verwendet worden, leider ohne die heute notwendige Erläuterung. Die gar nichts sagenden photographischen Wiedergaben verschiedener Apparate könnten ohne weiteres wegbleiben. Jellinek.

### Metallmarkt.

Berlin (Nach N. Fr. Presse) Mk. je 100 kg.					
Kupfer	16. VIII.	17. VIII.	18. VIII.	19. VIII.	21. VIII.
Electrolytic	56	56	56	56 $\frac{1}{4}$	56 $\frac{1}{4}$
London (Nach „Mining Journal“ v. 18. VIII.) je t (1016 kg)					
Kupfer:	Pf.	sh	d	Pf.	sh
Electrolytic	40	5	0	40	15
Wire bars	40	15	0	—	—
Blei:					
Engl. pig common	13	10	0	—	—