

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw. ~~26~~

oschen
chnik
die
Starkstromtechnik

Von

Prof. J. Herrmann

III

Die Wechselstromtechnik

Mit 154 Figuren im Text und
16 Tafeln mit 47 Abbildungen



Sammlung

Götschen

Unser heutiges Wissen
in kurzen klaren,
allgemeinverständlichen
Einzeldarstellungen

Jede Nummer in Leinwand gebunden 90 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung
G. m. b. H. Berlin W. 35 und Leipzig

Zweck und Ziel der „Sammlung Götschen“ ist, in Einzeldarstellungen eine klare, leichtverständliche und übersichtliche Einführung in sämtliche Gebiete der Wissenschaft und Technik zu geben; in engem Rahmen, auf streng wissenschaftlicher Grundlage und unter Berücksichtigung des neuesten Standes der Forschung bearbeitet, soll jedes Bändchen zuverlässige Belehrung bieten. Jedes einzelne Gebiet ist in sich geschlossen dargestellt, aber dennoch stehen alle Bändchen in innerem Zusammenhange. Die ganze, wenn es vollen systematische Darstellungen den dürfte.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298037

Ein ausführliche
Nummer

erschiedenen
Bändchens

Elektrotechnische Bibliothek

aus der Sammlung Göschen

Jedes Bändchen in Leinwand gebunden 90 Pfennige

Radioaktivität von Dipl.-Ing. Wilhelm Frommel. Mit 21 Abbild. Nr. 317.

Elektrotechnik. Einführung in die Starkstromtechnik von J. Herrmann, Professor an der Königl. Technischen Hochschule Stuttgart.

I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 95 Fig. und 16 Taf. Nr. 196.

— **II:** Die Gleichstromtechnik. Mit 118 Fig. und 16 Tafeln Nr. 197.

— **III:** Die Wechselstromtechnik. Mit 154 Fig. und 16 Tafeln. Nr. 198.

Die Materialien des Maschinenbaues und der Elektrotechnik von Ing. Prof. Herm. Wilda in Bremen. Mit 3 Abbildung. Nr. 476.

Einführung in die moderne Hochspannungstechnik von Dr.-Ing. K. Fischer in Hamburg. Mit 92 Figuren. Nr. 609.

Die Gleichstrommaschine von C. Kinzbrunner, Ingenieur und Dozent für Elektrotechnik an der Municipal School of Technology in Manchester. Mit 81 Figuren. Nr. 257.

Wechselstromerzeuger von Ing. Karl Pichelmayer, Professor an der k. k. Technischen Hochschule in Wien. Mit 40 Fig. Nr. 547.

Ströme und Spannungen in Starkstromnetzen von Diplom-Elektroing. Josef Herzog in Budapest und Prof. Feldmann in Delft. Mit 68 Figuren. Nr. 456.

Die Akkumulatoren für Elektrizität v. Kaiserl. Regierungsrat Dr.-Ing. Richard Albrecht in Zehlendorf b. Berlin. Mit 52 Figuren. Nr. 620.

Das Fernsprechwesen von Dr. Ludwig Rellstab in Berlin. Mit 47 Figuren und 1 Tafel. Nr. 155.

Die elektrische Telegraphie von Dr. Ludwig Rellstab. Mit 19 Figuren. Nr. 172.

Die elektrischen Meßinstrumente. Darstellung der Wirkungsweise der gebräuchlichsten Meßinstrumente der Elektrotechnik und kurze Beschreibung ihres Aufbaues von J. Herrmann, Professor an der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. Mit 195 Figuren. Nr. 477.

Technisches Wörterbuch, enthaltend die wichtigsten Ausdrücke des Maschinenbaues, Schiffbaues und der Elektrotechnik von Erich Krebs in Berlin. I. Teil: Deutsch-Englisch. Nr. 395.

— II. Teil: Englisch-Deutsch. Nr. 396.

— III. Teil: Deutsch-Französisch. Nr. 453.

— IV. Teil: Französisch-Deutsch. Nr. 454.

Weitere Bände erscheinen in rascher Folge.

Ernst Mülhaupt

Sammlung Göschen

Elektrotechnik

Einführung in die Starkstromtechnik

Von

J. Herrmann

Prof. der Elektrotechnik a. d. K. Technischen Hochschule Stuttgart

Dritter Teil

Die Wechselstromtechnik

Kurze Beschreibung der Generatoren, Transformatoren, Motoren und Umformer für ein- und mehrphasigen Wechselstrom

Mit 154 Figuren im Text und 16 Tafeln mit 47 Abbild.

Dritte, erweiterte Auflage



Berlin und Leipzig

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung G. m. b. H.

1912

522/
4d

I. Die Wechselstromgeneratoren.

- E. Arnold, Die Wechselstromtechnik. Berlin. I. Band: J. L. la Cour und O. S. Bragstad, Theorie der Wechselströme. 2. Aufl. 1910. M. 24. III. Band: E. Arnold, Die Wicklungen der Wechselstrommaschinen. 1904. M. 12. IV. Band: E. Arnold & J. L. la Cour, Die synchronen Wechselstrommaschinen (in Vorbereitung). 2. Aufl.
- Biscan, Der Wechselstrom u. d. Wechselstrommaschinen. 2. Aufl. 1910. M. 3.
- J. Bradwell, Dynamomaschinen, ihre Berechnung und Konstruktion durch praktische Beispiele erläutert. Potsdam 1902. M. 8.
- Cl. P. Feldmann, Asynchrongeneratoren für ein- und mehrphasige Wechselströme, ihre Theorie und Wirkungsweise. 1903. M. 3.
- G. Huldshiner, Über das Pendeln parallel geschalteter Drehstromgeneratoren. 1906. M. 2,40.
- Gisbert Kapp, Dynamomaschinen für Gleich- und Wechselstrom und Transformatoren. Berlin 1903. M. 12.
- E. Kittler, Allgemeine Elektrotechnik. III. Band: W. Petersen, Wechselstrommaschinen, Synchron- und Asynchronmaschinen, Einankerumformer, Kollektormotoren. Stuttgart 1910. M. 21,40.
- K. Pichelmaier, Dynamobau (Handb. d. Elektrotechnik). 1908. M. 36. — Wechselstromerzeuger (Göschel). M. —,80.
- S. P. Thompson, Die dynamoelektrischen Maschinen. Band II. 7. Aufl. 1907. M. 28.
- W. Winkelmann, Wirkungsweise, Berechnung und Konstruktion der Synchronmaschinen f. Wechsel- u. Drehstrom. Hannover 1905. M. 4.
- M. T. Zsakula, Wechselstromgeneratoren. 1904. M. 5.

II. Die Wechselstromtransformatoren.

- E. Arnold, Transformatoren. Berlin 1910. 2. Aufl. M. 16.
- V. Bondi, Ruhende Umformer (Transformatoren). Hannover 1908. M. 2,40.
- G. Kapp, Transformatoren für Wechselstrom und Drehstrom. 3. Aufl. Berlin 1907. M. 8.
- W. Winkelmann, Wirkungsweise, Berechnung und Konstruktion der Transformatoren und Asynchronmotoren. Hannover 1906. M. 4,80.
- M. T. Zsakula, Wechselstromtransformatoren und Wechselstrommotoren. 1904. M. 5.

III. Die Wechselstrommotoren.

- E. Arnold, J. L. la Cour und Fränckel, Die asynchronen Wechselstrommaschinen. Berlin 1909. M. 18.
- G. Benischke, Die asynchronen Drehstrommotoren. 1904. M. 6.
- M. Breslauer, Das Kreisdiagramm des Drehstrommotors und seine Anwendung auf die Kaskadenschaltung. 1903. M. 3,60.
- Jul. Heubach, Der Drehstrommotor. Ein Handbuch für Studium und Praxis. 1903. M. 10.
- A. Linker, Der Einphasenwechselstrommotor, Bauart, Wirkungsweise und Eigenschaften der bisher angegebenen Konstruktionen. 1907. M. 3.
- F. Niethammer, Wechselstrom-Kommutatormotoren. Zürich 1905. M. 24.
- G. Rößler, Elektromotoren für Wechselstrom und Drehstrom. 2. Aufl. (in Bearbeitung).

IV. Die rotierenden Umformer.

- E. Arnold, s. oben. — E. Kittler, s. oben. — K. Pichelmaier, s. oben.

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig.

Akc. Nr.

~~3717~~ 149
BRN - B 563/2016

Inhaltsverzeichnis.

Die Wechselstromtechnik.

I. Die Wechselstromerzeuger.

	Seite
1. Der allgemeine Aufbau der Wechselstromerzeuger	5
2. Die Wirkungsweise des Wechselstromerzeugers	6
3. Der zweiphasige Wechselstrom	9
4. Der dreiphasige Wechselstrom oder der Drehstrom	11
5. Die Verkettung des mehrphasigen Wechselstroms	15
6. Die Größe der EMK eines Wechselstromerzeugers	17
7. Der Strom und die Spannung bei Sternschaltung	22
8. Der Strom und die Spannung bei Dreieckschaltung	23
9. Die Leistung des verketteten Drehstroms	24
10. Der Anker der Wechselstrommaschine	26
11. Die Feldmagnete der Wechselstrommaschine	28
12. Die Wechselstromerzeuger mit rotierendem Anker	33
13. Die Zusammensetzung von Feldern und Amperewindungen ohne Streuung	35
14. Das Felddiagramm des stromlosen Wechselstromerzeugers.	38
15. Das Felddiagramm des belasteten Wechselstromerzeugers	39
16. Die Ankerrückwirkung im Wechselstromerzeuger	41
17. Das Parallelschalten der Wechselstromerzeuger.	44
18. Die selbsttätige Aufrechterhaltung des Synchronismus und das Pendeln	48
19. Die Regulierung der parallelarbeitenden Wechselstromerzeuger	52
20. Die Leistung und der Wirkungsgrad der Wechselstromerzeuger	55

II. Die Transformatoren.

21. Der einfachste Transformator	57
22. Der Aufbau der Transformatoren	58
23. Das Felddiagramm des Transformators ohne Streuung	61
24. Der Einfluß der Streuung auf das Transformatoridiagramm	63
25. Das Betriebsdiagramm des Transformators mit konstanter Span- nung	64
26. Das Übersetzungsverhältnis des Transformators	67
27. Die Kurzschlußspannung des Transformators	69
28. Das Kappsche Spannungsdiagramm	70
29. Das Parallelarbeiten der Transformatoren	73
30. Die Leistung und der Wirkungsgrad der Transformatoren	74
31. Der Autotransformator	75
32. Der Reguliertransformator	76
33. Die Eisenverluste im Transformatoridiagramm	77
34. Die Drosselpule	79

III. Die Wechselstrommotoren.

35. Die verschiedenen Arten von Wechselstrommotoren	80
---	----

A. Die Synchronmotoren.		Seite
36. Das Drehfeld		81
37. Der Synchronmotor für Drehstrom		84
38. Das Felddiagramm des Synchronmotors		86
39. Der Betrieb des Synchronmotors		87
40. Der einphasige Synchronmotor		90
41. Der Synchronmotor mit rotierendem Anker		91
B. Die Asynchronmotoren.		
42. Der Asynchronmotor für Drehstrom		92
43. Die Wicklung des Rotors		94
44. Das Felddiagramm des Asynchronmotors ohne Streuung		93
45. Das Felddiagramm des Asynchronmotors mit Streuung		99
46. Das Stromdreieck des Asynchronmotors		100
47. Das Drehmoment und die Umdrehungszahl des Asynchronmotors		102
48. Das Heylandsche Kreisdiagramm		105
49. Das Anlassen des Drehstrom-Asynchronmotors		108
50. Die Regulierung des Drehstrom-Asynchronmotors		111
51. Der asynchrone Drehstromgenerator		113
52. Der einphasige Asynchronmotor		115
53. Der Induktionsregler für Drehstrom		119
C. Die Wechselstromkommutatormotoren.		
54. Die einphasigen Kommutatormotoren		123
55. Der Serien-Kommutator-Einphasenmotor.		124
56. Der Repulsionsmotor		126
57. Der Wechselstromkommutatormotor von Latour, Winter und Eichberg		127
58. Der Wechselstromkommutatormotor von Déri		128
59. Der Drehstromkommutatormotor		129
60. Die Verwendbarkeit der verschiedenen Wechselstrommotoren		130
IV. Die rotierenden Umformer.		
61. Die verschiedenen Arten von Umformern		132
A. Der Einankerumformer.		
62. Die Wirkungsweise des Einankerumformers		133
63. Die Leistung und der Wirkungsgrad des Einankerumformers		136
64. Der Betrieb und die Regulierung des Einankerumformers.		138
B. Der Kaskadenumformer.		
65. Die Wirkungsweise des Kaskadenumformers		139
66. Die Leistungsverhältnisse des Kaskadenumformers		141
67. Der Betrieb und die Regulierung des Kaskadenumformers		142
68. Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Umformer		144
69. Die üblichen magnetischen Sättigungen in den Maschinen und Transformatoren für Wechselstrom		144
Die Bedeutung der benutzten Buchstaben		146
Literaturverzeichnis		2
Alphabetisches Register		148
Verzeichnis der Abbildungen auf den Tafeln		151

Die Wechselstromtechnik.

I. Die Wechselstromerzeuger.

1. Der allgemeine Aufbau der Wechselstromerzeuger.

Wie die Gleichstromerzeuger, bestehen auch die Wechselstromerzeuger (häufig Wechselstrommaschinen schlechtweg, Wechselstromgeneratoren, Wechselstromdynamos, seltener auch Alternatoren genannt) aus zwei Hauptbestandteilen: der Ankerwicklung, in welcher durch die Wirkung von Kraftlinienfeldern die wechselnde EMK induziert wird, und der Magnetwicklung, welche von Gleichstrom durchflossen wird und die induzierenden Kraftlinien hervorruft. Beide Wicklungen sind, wie bei der Gleichstrommaschine, auf Eisenkörper aufgebracht, so daß die in der Maschine wirksamen Kraftlinienfelder zum größten Teile im Eisen sich befinden.

Bei den Gleichstrommaschinen steht in der Regel das Magnetgestell still, und der Anker läuft innerhalb der Magnetpole um. Bei den Wechselstrommaschinen ist die Anordnung meist umgekehrt. Das Magnetgestell ist als Polrad ausgebildet und dreht sich. Der Anker, welcher die induzierten Drähte trägt, bleibt in Ruhe.

Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau der üblichen Wechselstrommaschinen: innen ein drehbar angeordnetes Pol- oder Magnetrad mit abwechselnden Nord- und Südpolen, die Ankerdrähte den Polen gegenüber auf dem äußeren feststehenden Teil, dem Anker, der

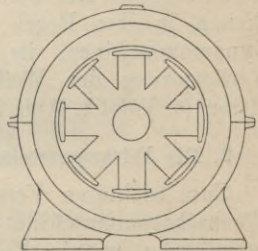


Fig. 1. Schematischer Aufbau einer Wechselstrommaschine.

als Hohlzylinder ausgebildet ist (vgl. Tafel I bis IV, Abb. 7 und Tafel VII, Abb. 13). Die Drähte der Ankerwicklungen sind in Nuten eingebettet, wie es die Abb. 8 auf der Tafel IV deutlich zeigt. Die Zahl der Pole eines Polrades ist stets eine gerade, weil zu einem Nord- immer auch ein Südpol gehört.

Da die Ankerwicklung, in welcher die Wechselspannung erzeugt wird, ruht, so können ihre Enden ohne Benützung von Schleifringen und Bürsten zu Klemmen geführt werden, die irgendwo am Maschinengestell passend angebracht sind. Von ihnen wird der Wechselstrom abgenommen und den Stromverbrauchern zugeführt. Den ruhenden Anker nennt man auch manchmal den Stator, und im Gegensatz dazu das umlaufende Polrad den Rotor.

Als Erregerstrom nimmt man Gleichstrom. Er muß einer besonderen Gleichstromquelle entnommen und der Wicklung der rotierenden Pole mit Hilfe von Schleifringen und Bürsten zugeführt werden. Durch geeignete Formgebung der Polschuhe oder Anordnung der Pole wird dafür gesorgt, daß die in den Anker eintretenden Kraftlinien räumlich möglichst nach einem Sinusgesetz verteilt sind. Als Stromquelle für den Erregerstrom dienen in der Regel besondere kleine Gleichstromdynamomaschinen, die sehr häufig einfach auf einer Verlängerung der Welle der Wechselstrommaschinen sitzen (s. Tafel I, Abb. 2, Tafel II und III).

2. Die Wirkungsweise des Wechselstromerzeugers.

Zum leichteren Verständnis der Wirkungsweise der Wechselstrommaschine denke man sich die Pole nicht kreisförmig, wie in Fig. 1, sondern geradlinig nebeneinander angeordnet, wie Fig. 2 zeigt. Die Pole sollen

sich in der durch den Pfeil angedeuteten Weise von rechts nach links bewegen. Der Anker steht still. Zunächst befindet sich nur ein Draht auf dem Anker, wie in Fig. 2 in Ansicht und Grundriß angedeutet ist. In ihm wird durch die sinusförmig verteilten Kraftlinien der Pole eine sinusförmige EMK induziert (siehe Teil I, S. 32), die in der gezeichneten Stellung, vor der Mitte des Nordpols, ihr positives, durch den Pfeil angedeutetes Maximum besitzt. Die Pfeilrichtung ergibt sich aus der Dreifingerregel der rechten Hand (siehe Teil I, S. 21f.), bei deren Anwendung zu beachten ist, daß der Daumen in die Richtung der Relativbewegung des Leiters zu den Kraftlinien zu

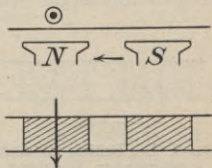


Fig. 2. Ein induzierter Draht vor dem Nordpol.

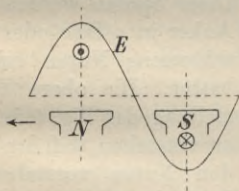


Fig. 3. Die Richtung und Größe der EMK im Draht vor dem Nord- und dem Südpol.

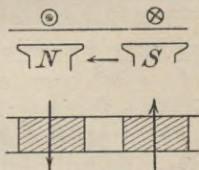


Fig. 4. Vor jedem Pol ein induzierter Draht.

bringen ist. Aus der Kurve der Fig. 3 ist ersichtlich, welche Größe und Richtung die EMK in dem Draht bekommt, während der Nord- und Südpol an ihm vorbeiwandern.

Bringt man vor jedem Pol einen solchen Draht an (Fig. 4), so daß die Drähte gerade um eine Polteilung (Polteilung) voneinander abstehen, so erhalten die

EMKE in ihnen zu gleicher Zeit ihr Maximum. Aber das Maximum hat, entsprechend den abwechselnden Nord- und Südpolen, in den Drähten abwechselnd die entgegengesetzte Richtung. Das ist sehr angenehm.

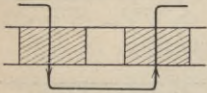


Fig. 5. Die Drähte zu einer fortlaufenden Wicklung verbunden.

Denn man kann bei den vielpoligen Maschinen die auf einanderfolgenden Drähte in einfacher Weise miteinander verbinden, so daß sich die EMKE aller Drähte addieren (Fig. 5). Hat man z Pole und damit z Drähte, so erhält man eine

EMK, die z mal so groß ist als die eines einzigen Drahtes.

Statt vor einen Pol nur einen einzigen Draht zu legen, kann man natürlich auch Drahtbündel anordnen, welche Spulen mit mehreren Windungen bilden, wie dies Fig. 6 andeutet.

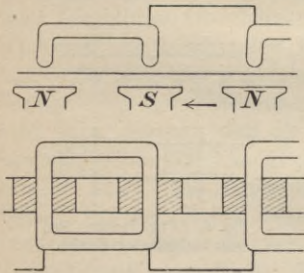


Fig. 6. Eine Spulenwicklung für einphasigen Wechselstrom.

Diese Spulen werden im Anker in offene oder geschlossene Nuten eingebettet. Die obere Darstellung der Fig. 6 ist so zu verstehen, daß der aus den Nuten vorstehende Spulenkopf nach oben hin abgelenkt ist. In Fig. 7 ist dies in einem Schnitt deutlich gezeigt, der durch das Ankereisen geführt ist und die Spule sichtbar macht (vgl. hierzu z. B.

Tafel II, Abb. 3 und Tafel VII, Abb. 13). Die in das Eisen eingebetteten Teile der rechteckigen Spulen nennt man die Spulenseiten. Erhält die Spule so viele Windungen, daß sie in einer Nute nicht bequem untergebracht

werden können, so nimmt man zwei, drei oder mehr Nuten und verteilt die Windungen in ihnen. Eine solche

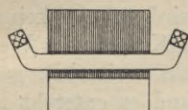


Fig. 7. Eine Spule im Schnitt, von der Seite gesehen.

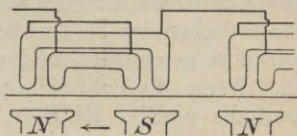


Fig. 8. Eine Zweilochwicklung für Einphasenstrom.

Wicklung nennt man dann Zwei- bzw. Dreilochwicklung (siehe die Zweilochwicklung von Fig. 8; vgl. Tafel IV, Abb. 7 und 8, Tafel VII, Abb. 13).

3. Der zweiphasige Wechselstrom.

Durch die in § 2 beschriebene Anordnung der Wicklung erhält man den gewöhnlichen oder einphasigen Wechselstrom, der auch **Einphasenstrom** genannt wird. Der mehrphasige Wechselstrom entsteht auf folgende Weise.

Bringt man außer dem schon in Fig. 2 angegebenen und in der nebenstehenden Fig. 9 mit *I* bezeichneten Leiter einen zweiten an, der von ihm um die Hälfte des Polabstandes entfernt und mit

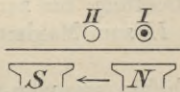


Fig. 9.

Die Erzeugung von zweiphasigem Wechselstrom.

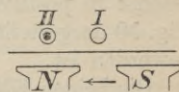


Fig. 10.

II bezeichnet ist, so wird natürlich bei der Bewegung der Pole in der Pfeilrichtung auch in ihm eine sinusförmige EMK induziert. Sie unterscheidet sich von der in *I* induzierten dadurch, daß sie zu einer anderen Zeit ihr Maximum erreicht. In der Fig. 9 steht *I* gerade

vor der Mitte des vorübereilenden Nordpols, die induzierte EMK besitzt also ihr positives Maximum. Im gleichen Moment befindet sich Draht *II* gerade in der Mitte zwischen den beiden Polen, er wird also von keinen Kraftlinien geschnitten und seine EMK hat den Wert Null. Wenn die Pole sich nach links weiterbewegen, nimmt die positive EMK in *I* ab, und es entsteht im

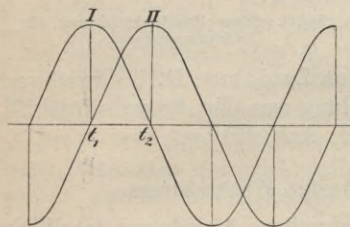


Fig. 11. Die Sinuskurven für zweiphasigen Wechselstrom.

Draht *II*, der jetzt auch von den Kraftlinien des Nordpols geschnitten wird, eine immer größer werdende positive EMK. Die Fig. 10 zeigt den Augenblick, in welchem die EMK in *I* zu Null, die in *II* zum Maximum geworden ist.

In der Fig. 11 sind die Verhältnisse in Schaukurven dargestellt. Zur Zeit t_1 , welche der Stellung in Fig. 9 entspricht, hat die EMK *I* ihr positives Maximum und die in *II* den Wert Null. Nachher nimmt *I* ab und *II* wächst in positiver Richtung, bis zur Zeit t_2 , die von Fig. 10 dargestellt ist, *II* zum Maximum und *I* zu Null geworden ist.

Die beiden EMKe haben, wie man sagt, eine Phasenverschiebung (siehe Teil I, S. 96f.) gegeneinander, und zwar, wie ohne weiteres aus den Kurven ersichtlich ist, eine solche von einer **Viertelperiode**. Drückt man die Länge einer Welle statt durch die Zeit T durch den Winkel von 360° oder 2π aus (siehe Teil I, S. 30), so kann man auch sagen, die Phasenverschiebung betrage 90° oder $\frac{1}{2}\pi$.

Die EMK *II* läuft, wie man sagt, der EMK *I* um eine Viertelperiode oder um 90° oder um $\frac{1}{2}\pi$ hinterdrein. Im Vektordiagramm (siehe Teil I, S. 96f.) würden sich die beiden EMKe so darstellen, wie Fig. 12 zeigt.

Man nimmt nun natürlich auch hier nicht nur einen einzigen Draht, sondern man fügt zu jedem der beiden Drähte weitere hinzu, die zu den anderen vorhandenen Polen in genau derselben Weise liegen. Statt einzelner Drähte kann man auch wieder Drahtbündel nehmen und so zu einer Wicklung kommen, die Fig. 13 andeutet.

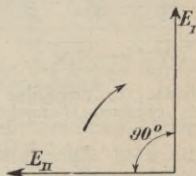


Fig. 12. Das Vektordiagramm für zweiphasigen Wechselstrom.

So erhält man eine Maschine, welche zwei voneinander unabhängige Wicklungen trägt und in ihnen zwei Wechselspannungen und zwei Wechselströme erzeugt, die eine

Phasenverschiebung von einer Viertelperiode gegeneinander haben. Man nennt sie eine

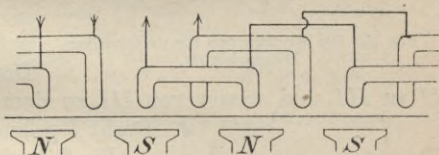


Fig. 13. Eine Spulenwicklung für zweiphasigen Wechselstrom.

zweiphasige Wechselstrommaschine und den erzeugten Wechselstrom zweiphasigen Wechselstrom oder kurz **Zweiphasenstrom**.

4. Der dreiphasige Wechselstrom oder der Drehstrom.

In ganz ähnlicher Weise erhält man dreiphasigen Wechselstrom, den sog. **Drehstrom**. Bringt man zu dem einzelnen Draht der Fig. 2 zwei weitere Drähte, die je

um ein Drittel der Entfernung zweier Nordpole voneinander entfernt sind (Fig. 14), so ist ganz klar, daß die EMKe, welche nacheinander in den drei Drähten

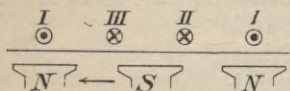


Fig. 14. Die Erzeugung von dreiphasigem Wechselstrom.

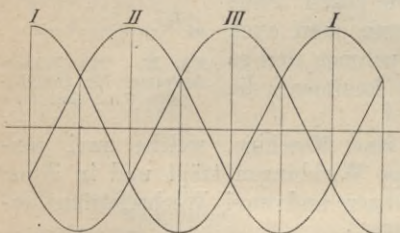


Fig. 15. Die Sinuskurven für dreiphasigen Wechselstrom.

entstehen, eine Phasenverschiebung von einer **Drittelperiode** gegeneinander haben. Denn eine volle Periode verstreicht, während die Pole von Mitte Nordpol über den Südpol bis zur nächsten Nordpolmitte am Draht I vorbeigezogen sind. Es dauert also je eine Drittelperiode, bis die Mitte des Nordpols von dem in Fig. 14 ganz rechts befindlichen Draht I zu II, von II zu III und wieder von III zu dem links sitzenden Draht I gelangt.

Die Schaukurven für diese Verhältnisse zeigt die Fig. 15 und Fig. 16 das Vektordiagramm. Die EMKe und natürlich auch die Ströme des dreiphasigen Wechselstroms sind um eine Drittelperiode oder um 120° oder um $\frac{2}{3}\pi$ gegeneinander versetzt.

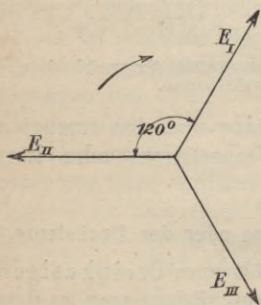


Fig. 16. Das Vektordiagramm für dreiphasigen Wechselstrom.

Wie bei der Einphasenmaschine werden auch hier

die Drähte vor dem Nordpol ergänzt durch gleichliegende Drähte vor dem Südpol. Den beiden Drähten *I* der Fig. 14 wird also ein Draht *I* vor der Mitte des Südpols hinzugefügt (Fig. 17). Ebenso erhalten die Drähte *II* und *III* der Fig. 14 ihre entsprechenden Drähte vor den benachbarten Polen. Vergleicht man die Fig. 17 mit der Fig. 14, so ist bei der ersteren die Reihenfolge der Drähte von rechts nach links *I, III, II*, während sie in Fig. 14 *I, II, III* lautet. Dies rührt

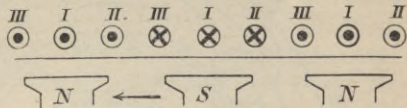


Fig. 17. Die Anordnung der Drähte für dreiphasigen Wechselstrom.

von der Reihenfolge der Polepaare her. In Fig. 14 sind die Polepaare von links nach rechts *S, N, S, N, S* angeordnet, während in Fig. 17 die Polepaare von links nach rechts *N, S, N* angeordnet sind. Dies rührt von der Anordnung der Polepaare her.

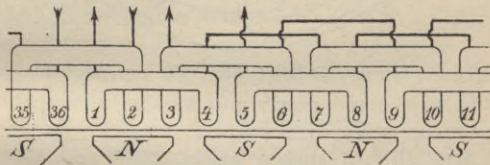


Fig. 18. Eine Spulenwicklung für dreiphasigen Wechselstrom.

natürlich daher, daß zwischen *I* und *II* der Fig. 14 ein neuer, zu dem *III* der Fig. 14 gehöriger Draht *III* eingeschoben wurde.

Außerdem werden selbstverständlich die Drähte vor dem einen Polpaar durch entsprechende vor den anderen Polpaaren ergänzt. Ebenso werden an Stelle der Einzeldrähte erforderlichenfalls Drahtbündel genommen, und man erhält ein System von drei voneinander unabhängigen Wicklungen, wie es durch Fig. 18 schematisch angedeutet ist.

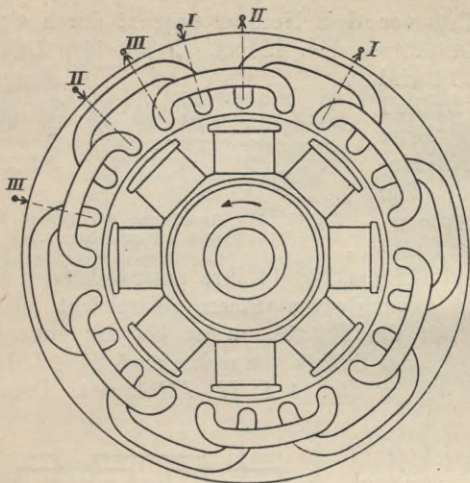


Fig. 19. Eine achtpolige Einlochwicklung für eine Drehstrommaschine.

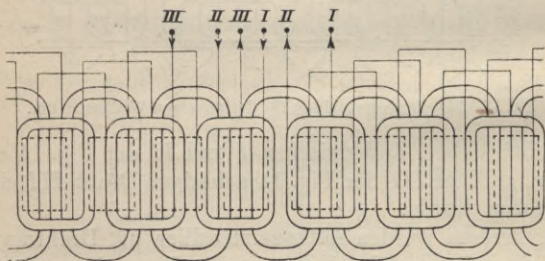


Fig. 20. Die Abwicklung zu Fig. 19.

Sind die Pole kreisförmig angeordnet, so ergibt sich eine Darstellung wie Fig. 19. Diese zeigt das Schema für eine dreiphasige Ankerwicklung mit 8 Polen, Fig. 20 die Abwicklung dazu.

5. Die Verkettung des mehrphasigen Wechselstroms.

Der Anker der Drehstrommaschine, des Erzeugers von dreiphasigem Wechselstrom, ist mit drei voneinander unabhängigen Wicklungen bewickelt. Jede Wicklung entspricht einer der drei Phasen und besitzt naturgemäß zwei Enden. Man erhält also für eine solche Maschine sechs Klemmen und dementsprechend sechs Leitungen zu den Stromverbrauchern (siehe Fig. 21). Durch einen Kunstgriff, die sog. **Verkettung**, lassen sich die sechs Leitungen auf die Hälfte reduzieren. Diese Verkettung besteht einfach darin, daß man gewisse Punkte der drei Wicklungen, die zunächst nichts miteinander zu tun haben, in passender Weise miteinander verbindet.

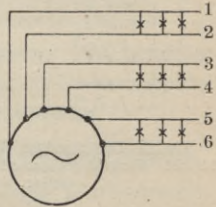


Fig. 21. Unverketteter Dreiphasenstrom.

In den folgenden Figuren sind die drei Wicklungen des Drehstromgenerators mit ihren je um eine Drittelperiode in der Phase verschobenen EMKs schematisch gezeichnet. Die Pfeile sollen jeweils Anfang und Ende jeder Wicklung angeben bzw. andeuten, in welcher Richtung der Strom durch die Wicklung fließt, wenn er positive Richtung hat.

Ohne weiteres ist klar, daß die drei Anfänge der drei Wicklungen einer Drehstrommaschine miteinander verbunden werden können. Tut man dies, so müssen die drei Enden natürlich für sich bleiben. Die drei Wicklungen sind dann verkettet und die Verbindungsstelle nennt man den **Verkettungspunkt**. Man hat dann nur noch vier Klemmen nötig und vier Leitungen gehen von der Maschine aus (Fig. 22). Die Leitungen 1, 3 und 5 der Fig. 21 sind damit in eine einzige zusammengefaßt.

Die vom Verkettungspunkt ausgehende Leitung nennt man den Nulleiter oder den neutralen Leiter. Wenn man will, kann man auf ihn verzichten und die

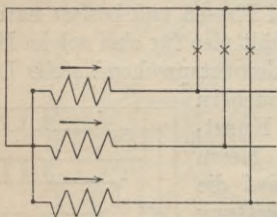


Fig. 22. Dreiphasiger Wechselstrom mit Verkettungspunkt und Nulleiter.

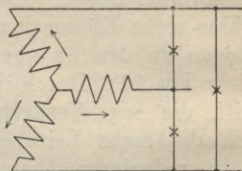


Fig. 23. Die Sternschaltung.

Schaltung mit nur drei Leitungen ausführen. Glühlampen werden dann je zwischen zwei Leitungen geschaltet.

Nach ihrer, aus der Fig. 23 deutlichen Form nennt man die Schaltung die **Sternschaltung**. Die Pfeile der Figur deuten die Richtung vom Anfang der Phasenwicklung zu ihrem Ende an (siehe oben).

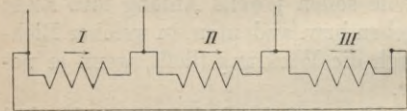


Fig. 24. Dreiphasiger Wechselstrom in Dreieckschaltung.

Eine andere Verkettung erhält man, wenn je der Anfang einer Phasenwicklung mit dem Ende der vorhergehenden verbunden wird. Schematisch ist dies in Fig. 24 dargestellt. Auch hier deuten die Pfeile an, wo Anfang und Ende einer Phasenwicklung sich befinden.

Wegen der Form, in der man diese Art der Verkett-

tung aufzeichnen kann (Fig. 25), nennt man sie die **Dreieckschaltung**.

Die Stromverbraucher sind in der Fig. 25 ebenfalls je zwischen zwei Leitungen, also ebenfalls im Dreieck, geschaltet.

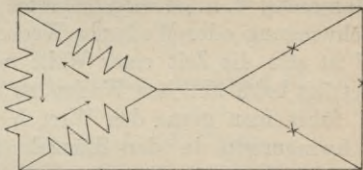


Fig. 25. Die Dreieckschaltung.

Ähnlich ist es bei Zweiphasenstrom. Die zunächst nötigen vier Leitungen lassen sich durch Verkettung der beiden Phasenwicklungen auf drei reduzieren.

6. Die Größe der EMK eines Wechselstromerzeugers.

Für die Berechnung der EMK eines Wechselstromerzeugers geht man von der Beziehung aus, die in Teil I, S. 33 aufgestellt wurde. Dort ist für einen einzelnen Draht, der in der Länge l cm durch ein sinusförmig verteiltes Feld geführt wird, abgeleitet:

$$(1) \quad E_{\text{mom}} = B_{\text{max}} \cdot l \cdot v \cdot \sin x \cdot 10^{-8} \text{ Volt.}$$

Es soll T die Zeit in Sekunden sein, welche verstreicht, bis das Polrad sich von der in Fig. 26 gezeichneten Stellung so weit nach links bewegt hat, daß die nächste Nordpolmitte vor dem Draht steht, also die Zeit, die zu dem Weg $2d$ cm nötig ist. In dieser Zeit T ändert sich die EMK

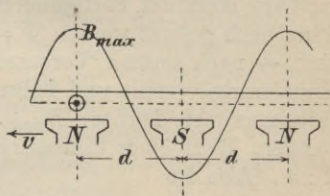


Fig. 26. Die Verteilung der Kraftlinien vor den Polen.

in dem induzierten Draht vom positiven Maximum, das vor dem Nordpol auftritt, über Null, das negative

Maximum und wieder Null bis wieder zum positiven Maximum, d. h. es wird während der Zeit T eine ganze Schwingung oder Welle des Wechselstroms durchlaufen. T ist also die Zeit einer Welle oder einer Periode und beträgt beim üblichen Wechselstrom $\frac{1}{50}$ Sekunde. Statt T führt man gerne den Wert N ein, der die Zahl der Schwingungen in der Sekunde bedeutet, wobei also

$$(2) \quad N = \frac{1}{T}$$

ist. Beim üblichen Wechselstrom ist $N = 50$. Man nennt N die Periodenzahl oder die Frequenz.

Nun läßt sich die Geschwindigkeit v in Gl. (1) anders ausdrücken. Wenn der Weg $2d$ in der Sekunde N mal durchlaufen wird, dann ist eben

$$(3) \quad v = 2d \cdot N \text{ cm/sek.}$$

Also ist

$$(4) \quad E_{\text{mom}} = B_{\text{max}} \cdot l \cdot 2d \cdot N \cdot \sin x \cdot 10^{-8} \text{ Volt.}$$

Nun sei die gesamte Kraftlinienzahl, die aus dem Pol austritt, mit Φ bezeichnet. Die Fläche, durch welche diese Kraftlinien hindurchtreten, ist $l \cdot d$. Wird der mittlere Wert der Sättigung durch B_{mit} bezeichnet, so kann auch gesetzt werden $\Phi = B_{\text{mit}} \cdot l \cdot d$. Tatsächlich sind — nach unserer Voraussetzung — die Kraftlinien sinusförmig verteilt und haben vor der Mitte des Pols ihre maximale Dichte: B_{max} . Nun verhält sich der mittlere Wert einer Sinuskurve zum Maximalwert wie $2 : \pi$. Also ist

$$(5) \quad B_{\text{max}} = \frac{\pi}{2} \cdot B_{\text{mit}} = \frac{\pi \cdot \Phi}{2 \cdot l \cdot d}.$$

Also wird aus Gl. (4) unter Benutzung von Gl. (5)

$$(6) \quad E_{\text{mom}} = \pi \cdot N \cdot \Phi \cdot \sin x \cdot 10^{-8} \text{ Volt.}$$

Hat man z_l Drähte hintereinandergeschaltet, so ist die gesamte EMK in jedem Augenblick:

$$(7) \quad E_{\text{mom}} = \pi \cdot N \cdot z_l \cdot \Phi \cdot \sin x \cdot 10^{-8} \text{ Volt.}$$

Die maximale EMK einer solchen Wicklung ist dann (siehe Teil I, S. 31).

$$(8) \quad E_{\text{max}} = \pi \cdot N \cdot z_l \cdot \Phi \cdot 10^{-8} \text{ Volt}$$

und der Effektivwert, d. h. der Wert, mit dem man rechnet und den man mißt (siehe Teil I, S. 95f.)

$$(9) \quad E_{\text{eff}} = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot \pi \cdot N \cdot z_l \cdot \Phi \cdot 10^{-8} \text{ Volt} \\ = 2,22 \cdot N \cdot z_l \cdot \Phi \cdot 10^{-8} \text{ Volt.}$$

Beispiel: Aus einem Pol treten $\Phi = 318\,000$ Kraftlinien aus. In Hintereinanderschaltung befinden sich $z_l = 100$ Leiter. Die Polwechselzahl $2N$ sei 100, die Frequenz N also 50. Dann ist

$$E_{\text{max}} = \pi \cdot 50 \cdot 100 \cdot 318\,000 \cdot 10^{-8} = 50 \text{ Volt}$$

und

$$E_{\text{eff}} = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot 50 = 35,4 \text{ Volt.}$$

Wenn die Maschine keinen Strom abgibt, ist diese induzierte EMK gleichzeitig ihre Klemmenspannung.

Zieht man statt der Einzelleiter die Windungen in Betracht, so geht man bei der Berechnung in folgender Weise vor. Man denkt sich in eine Ankerwindung hinein, während das Polrad sich dreht. Dann findet man, daß sich die aus den Polen austretenden und von der Windung umfaßten Kraftlinien innerhalb dieser Windung nach einem Sinusgesetz ändern:

$$(10) \quad \Phi_{\text{mom}} = \Phi_{\text{max}} \cdot \sin 2\pi Nt.$$

Die größte Zahl Kraftlinien wird von der Windung umfaßt, wenn ein Pol gerade vor ihr steht (Fig. 27), d. h. wenn Polmitte und Windungsmittle sich decken.

Steht sie vor der Pollücke, so treten gleichviel Kraftlinien vom Nordpol und vom Südpol durch sie. Die Wirkung dieser Kraftlinien hebt sich auf, es ist, als ob keine Kraftlinien durch die Windung treten würden (vgl. Fig. 29).

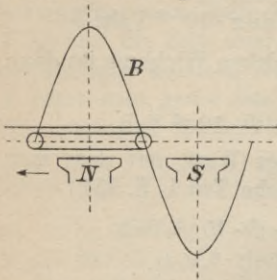


Fig. 27. Die Verteilung der Kraftlinien vor den Polen.

$$(11) \quad E_{\text{mom}} = -\frac{d\Phi}{dt} \cdot 10^{-8} \text{ Volt.}$$

Ändert sich Φ nach dem Sinusgesetz der Gl. (10), so wird aus Gl. (11)

$$(12) \quad E_{\text{mom}} = -2\pi N \Phi_{\text{max}} \cos 2\pi Nt 10^{-8} \text{ Volt.}$$

Die Kurve der Fig. 28 gibt an, wie groß die in der Spule induzierten EMKe in den verschiedenen Stellungen gegenüber den Polen sind. Der Vergleich mit Fig. 27 zeigt, daß die EMK dem Feld um eine Viertelperiode nacheilt.

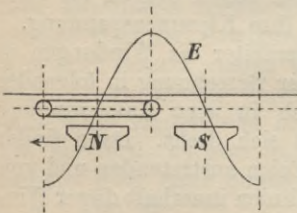


Fig. 28. Die in der Windung induzierte EMK.

Mitte der Windung gerade mit der Mitte der Pollücke sich deckt, das Feld in ihr also gerade durch den Nullwert hindurchgeht (Fig. 29), dann ist die Feldänderung

in folgender Weise deutlich machen. Wenn die

Dies läßt sich auch noch

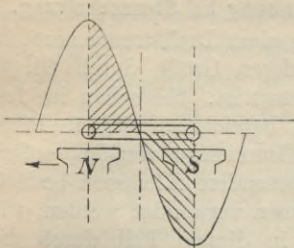


Fig. 29. Die Windung von der Polücke.

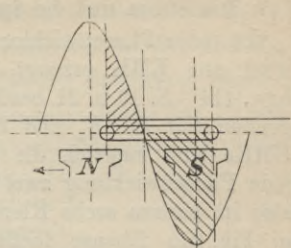


Fig. 30. Die Windung ein wenig gegen Fig. 29 verschoben.

in ihr am größten. Man sieht dies aus der Fig. 30, in der die Windung nur wenig gegenüber Fig. 29 verschoben ist. Steht aber die Windung vor der Polmitte, so bringt die Verschiebung der Windung nur wenig Änderung des umfaßten Feldes hervor (Fig. 31).

Die EMK geht dort durch Null.

Der Maximalwert dieser sinusförmig sich ändernden EMK beträgt für z hintereinandergeschaltete Windungen

$$(13) \quad E_{\max} = 2\pi N \cdot z \cdot \Phi_{\max} \cdot 10^{-8} \text{ Volt}$$

und ihr Effektivwert ist

$$(14) \quad E_{\text{eff}} = 4,44 \cdot N \cdot z \cdot \Phi_{\max} \cdot 10^{-8} \text{ Volt.}$$

Dieser Ausdruck stimmt mit dem von Gl. (9) überein, insofern als hier mit z die Zahl der Windungen gemeint ist, welche halb so groß ist als die Zahl z_1 der induzierten Drähte.

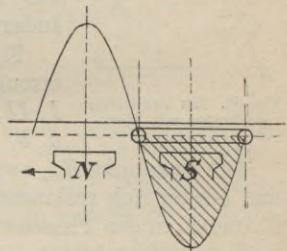


Fig. 31. Die Windung gerade vor dem Pol.

7. Der Strom und die Spannung bei Sternschaltung.

In jeder Phasenwicklung eines Drehstromgenerators wird eine EMK erzeugt, deren Größe durch Gl. (9) bzw. (14), S. 19 u. 21 bestimmt ist. Sie sollen im folgenden mit E_1 , E_2 und E_3 bezeichnet werden. Diese EMKe sind zugleich die Klemmenspannungen, sofern jede Phasenwicklung zwei besondere Klemmen besitzt, also im ganzen sechs Klemmen verwendet werden, wie in Fig. 21. Ebenso fließt in diesem Fall durch die

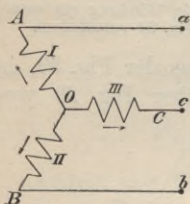


Fig. 32. Ein Drehstromgenerator mit Sternschaltung.

Wicklung und die Netzleitung einer Phase der gleiche Strom. Bei der Verkettung ist dies nicht mehr der Fall, und es bleibt zu untersuchen, wie die Verhältnisse sich hierbei ändern.

Fig. 32 stelle einen Drehstromerzeuger in Sternschaltung dar, I , II , III die Phasenwicklungen, a , b , c die Klemmen der Maschine.

Die Spannung E_{ab} zwischen den beiden Klemmen a und b setzt sich zusammen aus den beiden Spannungen E_1 und E_2 in den Phasenwicklungen I und II . E_1 und E_2 sind gegeneinander um 120° versetzt, wie dies auch in dem Diagramm der Fig. 33 dargestellt ist. Um die Spannung E_{ab} zu finden, müssen also E_1 und E_2 addiert werden. Dies muß natürlich wegen der Phasenverschiebung im Parallelogramm geschehen (siehe Teil I, S. 100). Dabei ist jedoch zu bedenken, daß die beiden Spulen nicht hintereinander, sondern gegeneinander geschaltet sind; es sind ja ihre beiden Anfänge im Verkettungspunkt verbunden. Infolgedessen ist bei der Addition E_1 positiv, E_2 negativ zu nehmen. Man erhält so Spannung E_{ab} (Fig. 33). Ihre Größe ist, wie aus den

geometrischen Beziehungen leicht abzulesen ist: $E_1 \cdot \sqrt{3}$ bzw. $E_2 \cdot \sqrt{3}$. Dasselbe gilt natürlich für E_{bc} und E_{ca} .

Bei Sternschaltung ist also die Spannung zwischen zwei Leitungen oder die Klemmenspannung das $\sqrt{3}$ fache der Spannung in der Phasenwicklung, unter der selbstverständlichen Voraussetzung, daß E_1 , E_2 und E_3 unter sich gleich sind.

Entnimmt man der sterngeschalteten Maschine Strom, so fließen in den Phasenwicklungen die gleichen Ströme wie in den abgehenden Leitungen.

Benutzt man noch den vom Verkettungspunkt ausgehenden Nulleiter (Fig. 22, S. 16), so erhält man vier Leitungen, von denen die drei Haupt- oder Außenleitungen je zwischen sich die oben angegebene Spannung besitzen. Zwischen einem Außenleiter und dem Mittelleiter besteht die Spannung der Phasenwicklung, also eine $\sqrt{3}$ mal kleinere Spannung.

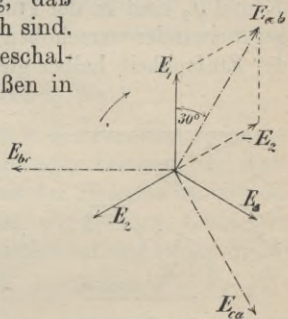


Fig. 33. Diagramm für die Spannungen bei Sternschaltung.

Besitzen z. B. die Außenleiter gegeneinander die Spannung von 220 Volt, so beträgt die Spannung zwischen ihnen und dem Nulleiter 127 Volt.

8. Der Strom und die Spannung bei Dreieckschaltung.

Ist die Wicklung einer Drehstrommaschine in Dreieck geschaltet, so ist, wie Fig. 34 erkennen läßt, die Spannung zwischen den Klemmen die gleiche wie in den Phasenwicklungen. Dagegen unterscheidet sich der

Strom in den abgehenden Leitungen von dem Strom, der in den Phasenwicklungen fließt.

In der Leitung a fließt ein Strom J_a , der sich aus den beiden Phasenströmen J_1 und J_2 zusammensetzt. Dabei ist, wie die Pfeile ohne weiteres deutlich machen, J_1 positiv und J_2 negativ zu nehmen. J_1 und J_2 sind in der Phase um 120° gegeneinander verschoben und sollen der Einfachheit halber gleichgroß ge-

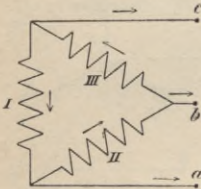


Fig. 34. Ein Drehstromgenerator in Dreieckschaltung.

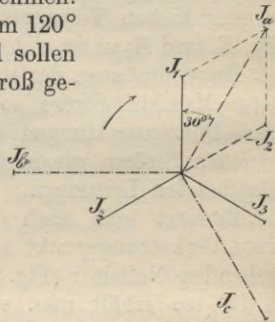


Fig. 35. Diagramm für die Ströme bei Dreieckschaltung.

nommen werden. Es ergibt sich also, Fig. 35, der Strom J_a . Seine Größe ist $J_1 \cdot \sqrt{3}$ bzw. $J_2 \cdot \sqrt{3}$. Dem Sinn nach dasselbe gilt natürlich für J_b und J_c .

Bei Dreieckschaltung ist also der Strom in den abgehenden Leitungen das $\sqrt{3}$ fache des Stroms in den Phasenwicklungen, während die Spannung zwischen den Leitungen ebenso groß ist wie die entsprechende Phasenspannung.

9. Die Leistung des verketteten Drehstroms.

Die gesamte von einem Drehstromgenerator abgegebene Leistung ist natürlich die Summe der von den drei Phasenwicklungen abgegebenen Leistungen.

Für jede Phase gilt der allgemeine Ausdruck für die Wechselstromleistung (siehe Teil I, S. 109, Gl. [106]):

$$(15) \quad A_{s_1} = J_1 \cdot E_1 \cdot \cos \varphi_1 \text{ Watt,}$$

worin der Winkel φ_1 die Phasenverschiebung zwischen E_1 und J_1 , und $\cos \varphi_1$ den Leistungsfaktor bedeutet. Sind Strom, Spannung und Phasenverschiebung in allen drei Phasen gleich, so kann man für die gesamte Leistung schreiben:

$$(16) \quad A_s = 3 \cdot J_1 \cdot E_1 \cdot \cos \varphi_1 \text{ Watt.}$$

Es ist nun zweckmäßig, statt des Stromes J_1 in der Phase den Strom J in der abgehenden Leitung, und statt der Spannung E_1 an den Enden der Phasenwicklung die Spannung E zwischen je zwei abgehenden Leitungen zu benützen. Nun ist bei Dreieckschaltung (siehe S. 24) die Spannung $E = E_1$, jedoch der Strom $J = J_1 \cdot \sqrt{3}$. Man erhält also statt Gl. (16)

$$(17) \quad A_s = 3 \cdot \frac{J}{\sqrt{3}} \cdot E \cdot \cos \varphi_1 = \sqrt{3} \cdot J \cdot E \cdot \cos \varphi \text{ Watt.}$$

Bei Sternschaltung ist $J = J_1$, die Spannung E jedoch $E_1 \cdot \sqrt{3}$. Setzt man dies in Gl. (16) ein, so entsteht

$$(18) \quad A_s = 3 \cdot J \cdot \frac{E}{\sqrt{3}} \cdot \cos \varphi_1 = \sqrt{3} \cdot J \cdot E \cdot \cos \varphi \text{ Watt.}$$

Man erhält also, ganz gleichgültig, ob Stern- oder Dreieckschaltung, für die Drehstromleistung einen Ausdruck, der sich von dem Ausdruck für gewöhnlichen Wechselstrom nur um den Faktor $\sqrt{3}$ unterscheidet.

Aus der Ableitung geht hervor, daß unter dem Winkel φ nicht der zwischen Leitungsstrom J und

Leitungsspannung E gemeint ist, sondern der zwischen Strom J_1 und Spannung E_1 in einer Phase.

In Fig. 36 ist (in Anlehnung an Fig. 35, S. 24) das vollständige Diagramm für Dreieckschaltung gezeichnet.

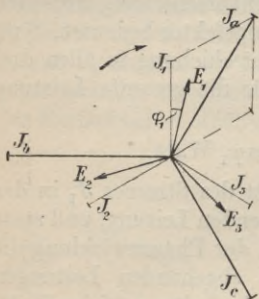


Fig. 36. Vollständiges Diagramm für Dreieckschaltung.

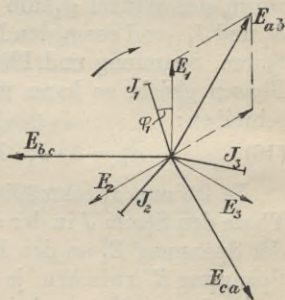


Fig. 37. Vollständiges Diagramm für Sternschaltung.

Man sieht, der Winkel zwischen dem Leitungsstrom J_a und der Leitungsspannung E_1 ist nicht φ , sondern $(30 - \varphi)$.

In Fig. 37 ist dasselbe für Sternschaltung (in Anlehnung an Fig. 33, S. 23) gemacht, der Winkel zwischen dem Leitungsstrom E_{ab} und der Leitungsspannung J_1 beträgt hier $(30 + \varphi)$.

10. Der Anker der Wechselstrommaschine.

Der feststehende Anker einer Wechselstrommaschine ist aus entsprechend gestanzten und geschnittenen Eisenblechen zusammengesetzt. Die Bleche werden mit Papierzwischenlagen aufeinandergelegt, durch Bolzen und Seitenplatten zusammengehalten und von einem kräftigen gußeisernen, gelegentlich auch genieteten Gestell getragen (siehe Tafel I bis IV, Tafel VI, Abb. 11 und

Tafel VII, Abb. 13). Auf dem inneren zylindrischen Mantel trägt der Anker Löcher oder Nuten, welche die Wicklung aufnehmen. Solche Nuten mit eingebrachter Wicklung zeigen die Figg. 38 und 39.

Für niedere Spannungen wird die Wicklung aus Kupferstäben hergestellt; für höhere Spannungen verwendet man gut umspunnenen oder umklöppelten Kupferdraht.

Bei Ankern mit offenen Nuten ist man in der Lage, eine Spule auf der Schablone zu wickeln und als Ganzes in die entsprechenden Nuten

einzusetzen, wie es in Teil II, S. 75 für die Gleichstrom-Trommelanker beschrieben ist. Bei geschlossenen Nuten oder Löchern muß der Draht nacheinander durch die einzelnen Löcher durchgezogen, „genäht“ werden, was eine zeitraubende und deshalb verhältnismäßig teure Arbeit ist.

Die Drähte müssen, insbesondere bei Hochspannungsmaschinen, sehr sorgfältig unter sich und gegen das Ankereisen isoliert werden. Soweit sie im Eisen eingebettet sind, dienen mehr oder weniger starke Isolierrohre aus Glimmer und Mikanit zur Isolation gegen das Eisen. Die aus dem Ankerkörper vorstehenden Wicklungsköpfe werden durch entsprechende Formgebung in der notwendigen Entfernung voneinander und vom Maschinengestell gehalten (siehe Tafel VII, Abb. 13).

Um die in den Eisenblechen frei werdende Wärme, die infolge der Hysterese- und Wirbelstromverluste auftritt, und die in der Kupferwicklung entstehende Strom-

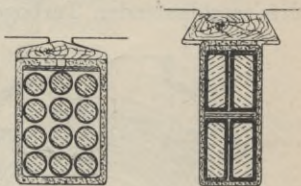


Fig. 38. Nuten mit eingebetteter Wicklung.

Fig. 39.

wärme wirksam abzuführen, werden die Bleche so zusammengelegt, daß etwa 12 mm weite Ventilations-schlitze (Kühlungsschlitze) entstehen (Tafel IV, Abb. 8). Das rotierende Polrad ruft einen kräftigen Luftzug hervor, der den Ankerkörper kühlt.

Ganz besonders notwendig ist eine gute Kühlung bei den raschlaufenden Turbogeneratoren. Wegen der gro-

ßen Umdrehungs-zahl haben sie kleine Dimensio-nen und damit auch kleine Ab-kühlungsflächen.

Durch besondere

Kanäle wird¹ durch die Wir-kung des mit Flü-geln versehenen Polrads von unten her Frischluft an-gesaugt und durch die Maschine hin-durchgeblasen.

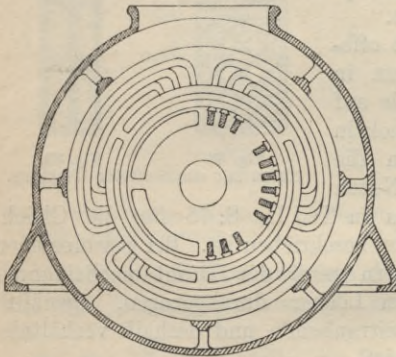


Fig. 40. Schema eines vierpoligen Turbogenerators für Drehstrom.

Die erwärmte Luft entweicht entweder durch eine Öffnung oben am Gehäuse (siehe Fig. 40 und Tafel VII, Abb. 13) oder durch einen unten abgehenden Abzugskanal.

11. Die Feldmagnete der Wechselstrommaschine.

Die gewöhnliche Form für das Polrad der langsam laufenden Wechselstrommaschine geht aus den Abbildungen der Tafeln V und VI hervor. Auf die Welle ist ein Stahlgußkörper aufgesetzt, der mit einer geraden Anzahl von Polen versehen ist. Jeder dieser Pole (siehe

Fig. 41) trägt eine Wicklung, die von Gleichstrom durchflossen wird, und zwar so, daß abwechselnd Nord- und Südpole entstehen. Außen auf den Polkernen sitzt in der Regel noch ein Polschuh, dessen Form dem Bestreben entspricht, die Verteilung der austretenden Kraftlinien möglichst der Sinusform zu nähern. Zu diesem Zweck sind diese Polschuhe gelegentlich schräg angeordnet (siehe Tafel V, Abb. 9) oder abgetreppt (siehe Tafel V, Abb. 10).

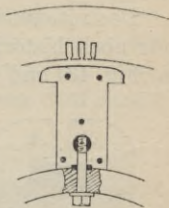


Fig. 41. Ein Pol einer Wechselstrommaschine.

Bei großen Maschinen baut man das Polrad zu einem Schwungrad aus (siehe Tafel I, V und VI).

Ein noch größeres Schwungmoment läßt sich dem Polrad geben, wenn es, im Gegensatz zur normalen Bauart, als Außenpolrad gebaut wird. Die Pole sitzen dann radial nach innen gekehrt auf einem Schwungradkranz (siehe Fig. 42), der Stator sitzt als Trommel innerhalb dieses Außenpolrads (siehe Taf. III, Abb. 5).

Um bei Wasserturbinen mit vertikaler Achse das Kegelrädergetriebe zu vermeiden, wird der Generator ebenfalls vertikal angeordnet (siehe Tafel VI, Abb. 11).

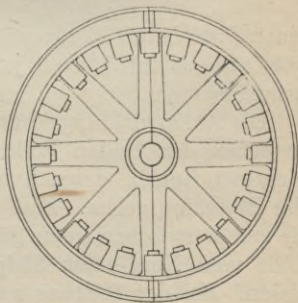


Fig. 42. Schema eines Außenpolrades.

Man hat auch schon versucht, nicht alle einzelnen Pole mit einer Wicklung zu versehen, sondern nur auf einen von je zwei aufeinanderfolgenden eine Spule auf-

zusetzen. Auch so entstehen abwechselnde Nord- und Südpole. Eine Ausführung dieser Art zeigt Abb. 6 auf Tafel III.

Das rotierende Magnetsystem einer älteren Type, die nur noch historisches Interesse besitzt, ist schematisch in Fig. 43, und 44 dargestellt.

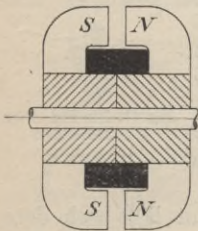


Fig. 43.
Polrad einer älteren Wechselstrommaschine.

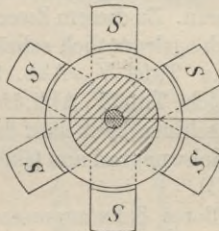


Fig. 44.

haben nur eine einzige gemeinsame Erregerwicklung, die um den inneren zylindrischen Teil des Eisenkörpers gewickelt ist.

Infolgedessen treten auf der

einen Seite lauter Nordpole, auf der anderen lauter Südpole auf, so daß überall je einem Nordpol ein Südpol gegenübersteht.

Die Ankerwicklung steht fest. Sie nimmt den Raum zwischen den beiden Polkränzen ein und besteht aus einzelnen Spulen, deren Achsen parallel zur Hauptwelle der Maschine gehen. Eine solche Spule umfaßt, wenn sie gerade zwischen einem Süd- und Nordpol steht, sämtliche vom Nord- zum Südpol herübergehenden Kraftlinien. Bei der Stellung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Polpaaren ist das umfaßte Kraftlinienfeld annähernd Null. Das Feld in den induzierten Spulen wechselt demnach seine Stärke zwischen einem Maximum und Minimum, nicht aber seine Richtung.

An diesen Typus erinnert die in Fig. 45 dargestellte

Form der Magnete. Nur sind hier die Polhörner nicht nach einwärts gebogen, sondern sehen radial nach außen. Die erregende Wicklung wird ähnlich wie in Fig. 43 untergebracht. Das Kraftlinienfeld geht also in dem zylindrischen Mittelteil des Magnetkörpers von rechts nach links, geht durch die Polhörner links zum feststehenden Anker und tritt rechts wieder aus dem Anker

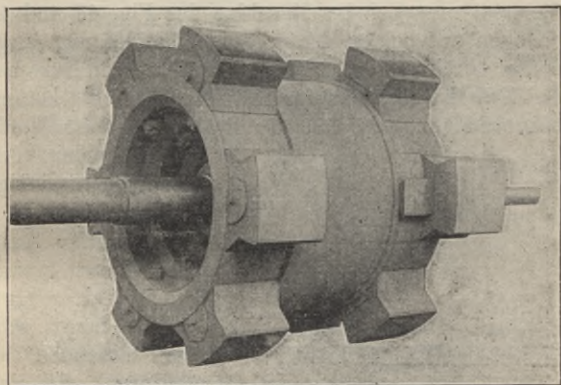


Fig. 45. Polrad einer älteren Wechselstrommaschine (Gleichpoltype).

in die Polhörner herüber. Es sind also zwei Polkränze gleichnamiger Magnete vorhanden, und jedem Kranze entspricht eine besondere Ankerwicklung. Beide sind ähnlich gewickelt, wie S. 13 beschrieben. Man nennt diese Type die Gleichpoltype.

Bei solchen Maschinen braucht sich die Erregerwicklung gar nicht mit zu drehen. Man bringt sie deshalb auch nicht auf dem Eisenkörper mit den Polhörnern an, sondern befestigt sie am inneren Ankerkranz. In dieser

Stellung erzeugt sie die Kraftlinien in dem Magnetkörper ebenso, wie wenn sie mitrotieren würde. Wenn nur der Eisenkern mit seinen zahnartigen Polschuhen sich dreht, so streicht das Kraftlinienfeld in der erforderlichen Weise durch die zu induzierende Ankerwicklung. Sobald aber die Gleichstromwicklung ruht, fallen die Schleifringe mit ihren Bürsten weg. Diese Maschinen werden heute kaum mehr gebaut.

Versetzt man bei der Maschine der Fig. 43 und 44 die Klauen auf beiden Seiten gegeneinander und biegt sie weiter herein, so daß immer eine Klaue von links her in den Zwischenraum zweier Klauen von rechts hereinragt, so erhält man ein Polrad mit abwechselnden Nord-



Fig. 46.
Polräder ohne Wicklung für Turbo-
generatoren.



Fig. 47.

und Südpolen, das aber nur eine einzige magnetisierende Spule besitzt. Auch diese Type wurde früher viel gebaut.

Bei den sehr rasch laufenden Generatoren, die von

Dampfturbinen angetrieben werden, bildet man sehr häufig aus mechanischen Gründen das Polrad als Volltrommel aus. Als Material wird Nickelstahl verwendet, die Nuten werden aus dem Vollen gefräst. Zur Erregerwicklung nimmt man Flachkupfer, das durch Keile in den Nuten festgehalten wird. (Fig. 46 und 47 und Tafel VII, Abb. 15). Die Umdrehungszahl der Turbo-Generatoren ist 3000, 1500 und 1000, seltener 750, sie haben also nur 2, 4 bis höchstens 8 Pole.

12. Die Wechselstromerzeuger mit rotierendem Anker.

In seltenen Fällen werden die Wechsel- und Drehstrommaschinen so gebaut, daß der Anker mit der induzierten Wicklung rotiert und die Pole stillstehen, wie dies allgemein bei den Gleichstrommaschinen der Fall ist. Einphasigen Wechselstrom erhält man, wenn man auf den Anker eine einzige Spule wickelt und ihre beiden Enden zu Schleifringen führt (siehe Fig. 5 in Teil II, S. 10). Zweiphasigen Wechselstrom erhält man durch die Anordnung der Fig. 48, nach der sich auf dem Ring zwei

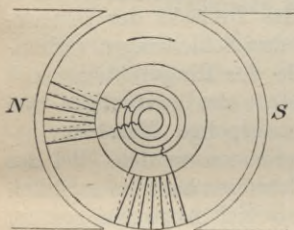


Fig. 48. Zweipolige Maschine für Zweiphasenstrom.

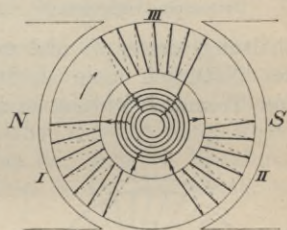


Fig. 49. Zweipolige Maschine für Dreiphasenstrom (unverkettet).

um 90° versetzte Wicklungen befinden. Dreht sich der Ring zwischen den zwei Polen, so ist klar, daß die EMKE in den Wicklungen um eine Viertelperiode hintereinander dreinlaufen.

Wickelt man drei Spulen auf den Ring (Fig. 49), die je um 120° versetzt sind, so erhält man drei EMKE, die je um eine Drittelperiode hintereinander herlaufen. Man hat also dreiphasigen Wechselstrom.

Selbstverständlich werden nun im letzteren Fall für Drehstrom nicht etwa 6 Schleifringe angewendet, wie in der Figur, sondern man verkettet die drei Wicklungen (siehe S. 15 f.). Dabei kann man sowohl Stern- als Dreieck-

schaltung anwenden. Nimmt man die letztere, und verlängert gleichzeitig die 3 Wicklungen der Fig. 49 längs

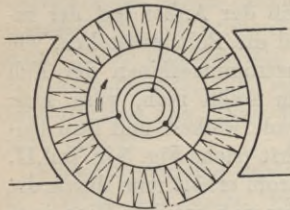


Fig. 50. Zweipolige Maschine für Drehstrom (verkettet).

des Ankerumfanges so weit, bis die äußersten Windungen nebeneinander liegen, so erhält man nach Fig. 50 einfach die normale Ringwicklung einer Gleichstrommaschine. Sie ist an drei gleichweit auseinanderliegenden Punkten, den Ecken des Dreiecks der Dreieckschaltung, angezapft und mit drei Schleifringen verbunden. Natürlich kann an Stelle der Ringwicklung auch eine Trommelwicklung und

statt der zweipoligen eine mehrpolige Maschine genommen werden. Bei der letzteren hat man natürlich so viel Abzweigungen zu jedem Schleifring, als Polpaare vorhanden sind. Fig. 51 zeigt dies für eine vierpolige Anordnung.

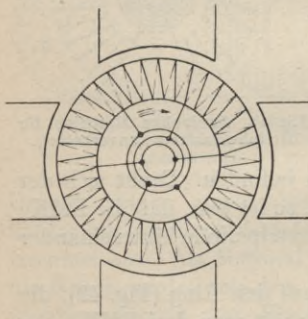


Fig. 51. Vierpolige Maschine für Drehstrom (verkettet).

erhält man Vierphasenstrom, bei 6 Anzapfungen Sechsenphasenstrom usw. Dabei ist die Ankerwicklung immer nach Art der Dreieckschaltung verkettet und man braucht bei Vierphasenstrom vier, bei Sechsenphasenstrom

Diese Maschinen lassen in sehr einfacher Weise verschiedenphasigen Strom entnehmen. Zapft man an vier gleichweit voneinander entfernten Punkten ab, so

sechs Schleifringe. Einphasenstrom erhält man aus einem solchen Gleichstromanker, wenn man zwei diametral gegenüberliegende Punkte mit zwei Schleifringen verbindet. (Fig. 52.)

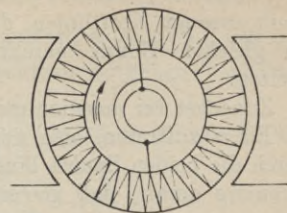


Fig. 52. Zweipolige Maschine für einphasigen Wechselstrom.

13. Die Zusammensetzung von Feldern und Ampere-windungen ohne Streuung.

Wie bei den Gleichstrommaschinen ist auch bei den Wechselstrommaschinen der Fall üblich, daß auf einen und denselben Raum zwei verschiedene Wicklungen magnetisierend einwirken. Dabei entsteht dann weder das Feld der einen noch das der anderen Wicklung, vielmehr kombinieren sich diese beiden Einzelfelder zu einem resultierenden Feld.

Sind die Richtungen der Kraftlinien, welche die einzelnen Wicklungen zu erzeugen streben, räumlich verschieden, so erhält man das resultierende Feld durch das Parallelogramm (vgl. Teil I, S. 12 u. Teil II, S. 88).

In den Wechselstrommaschinen kommt vorwiegend der Fall vor, daß die beiden Wicklungen mit ihren AW auf einen bestimmten Raum derart wirken, daß die erzeugten Kraftlinien beider die gleiche Richtung haben, daß aber die Amperewindungen und ihre Felder zeitlich, in ihrer Phase, verschieden sind. Der prinzipielle Fall hierfür ist in Fig. 53 dargestellt. Zwei Spulen sind auf einem Eisenkern aufgewickelt und werden von Wechselströmen gleicher Frequenz durchflossen. Die Ströme haben aber Phasenverschiebung gegeneinander. Jede

Spule erzeugt Kraftlinien, die sich ganz oder zum Teil im gleichen Raum, nämlich dem Eisenkörper, ausbreiten.

Zunächst sei angenommen, daß die Kraftlinien nur im Eisen auftreten, also sich als geschlossenes Bündel durch die beiden Spulen hindurchziehen (Fig. 53). Eine Streuung derart, daß gewisse Kraftlinien nur in einer Spule und nicht auch in der anderen vorkommen, finde nicht statt (Teil II, S. 85 f.).

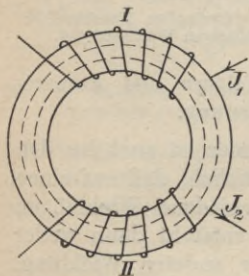


Fig. 53. Eisenring mit zwei magnetisierenden Wicklungen.

In Spule I mit z_1 Windungen fließe der Wechselstrom J_1 , in Spule II mit z_2 Windungen fließe J_2 . Beide Ströme seien beliebig in der Phase gegeneinander verschoben und erzeugen durch ihre AW Kraftlinienfelder, die gleiche Phase mit ihren AW haben, also unter sich in derselben Weise wie die AW verschoben sind. Diese Kraftlinien treten nun nach Fig. 53 im gleichen Raum, dem Eisenring, auf und kombinieren sich deshalb zu einem resultierenden Feld.

Zur Klarstellung der Verhältnisse können zwei Wege eingeschlagen werden. Der eine ist der, daß man sagt: Wäre J_1 mit seinen AW $J_1 z_1$ allein vorhanden, ohne J_2 , so käme das Feld Φ_1 zustande nach der Gleichung (siehe Teil I, S. 62)

$$(19) \quad \Phi_1 = M_f \cdot J_1 z_1,$$

wobei M_f die Magnetisierungsfähigkeit des Ringes bedeutet. Ebenso würde, wenn nur J_2 und nicht auch noch J_1 vorhanden wäre, das Feld Φ_2 auftreten nach

$$(20) \quad \Phi_2 = M_f \cdot J_2 z_2,$$

Im Diagramm (Fig. 54) sind die Ströme, die AW und die Felder in ihrem gegenseitigen zeitlichen Verhältnis dargestellt.

Wirken nun J_1 und J_2 gleichzeitig, so suchen Φ_1 und Φ_2 aufzutreten, können aber nicht als Einzelfelder erscheinen, sondern setzen sich zu einem resultierenden Feld K zusammen. Man findet K als Diagonale des Parallelogramms mit Φ_1 und Φ_2 als Seiten (Fig. 54), und dieses Feld K ist als das wirklich vorhandene Feld zu betrachten, Φ_1 und Φ_2 dagegen sind nur die gedachten, nicht zustande kommenden Komponenten.

Der andere Gedankengang ist der folgende: Das Feld K verdankt seine Entstehung dem Zusammenwirken der AW $J_1 z_1$ und $J_2 z_2$. Man hat also $J_1 z_1$ und $J_2 z_2$ zusammensetzen und die resultierenden AW_{res} zu bilden. Auch dies ist in

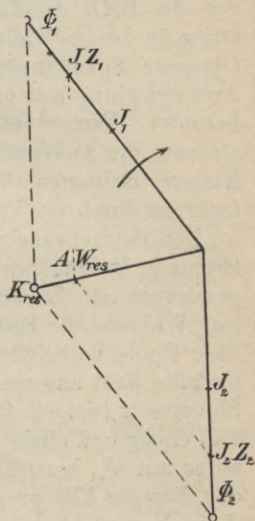


Fig. 54. Zusammensetzung von Feldern und AW im Diagramm.

Fig. 54 angedeutet. Von $J_1 z_1$ und $J_2 z_2$ kann man dann absehen, nur die resultierenden AW erzeugen das Feld K nach der Beziehung:

$$(21) \quad K = M_f \cdot AW_{res} .$$

Im Resultat kommen, wie mit Hilfe der Fig. 54 leicht einzusehen ist, beide Gedankengänge auf dasselbe hinaus.

14. Das Felddiagramm des stromlosen Wechselstromerzeugers.

Wie bei der Gleichstrommaschine (siehe Teil II, S. 23 und S. 91f.) ist auch beim Wechselstromgenerator die Klemmenspannung der belasteten Maschine verschieden von der EMK des Leerlaufes, auch wenn der Erregerstrom in beiden Fällen gleich ist. Auch hier tritt der Ohmsche Spannungsabfall in der stromdurchflossenen Ankerwicklung auf und drückt die Klemmenspannung herunter. Ferner macht sich der Einfluß des Ankerstromes, die Ankerrückwirkung, geltend. Die durch die letztere bedingten Verhältnisse lassen sich am einfachsten durch ein Vektordiagramm klarstellen.

Der Betrachtung werde eine Wechselstrommaschine zugrunde gelegt, wie sie schematisch in Fig. 6, S. 8 gezeichnet ist. Zunächst sei die Ankerwicklung stromlos. Während die Pole bei der Drehung des Polrads vor einer Spule vorbeieilen, ändert sich das von der Spule umfaßte Feld unserer Voraussetzung gemäß nach einem Sinusgesetz (siehe S. 20). Da dieses Feld im vorliegenden Fall einzig und allein von der Magnetwicklung herrührt, sei es mit Φ_m bezeichnet. Es kann in gewissen Grenzen den Erreger-AW proportional gesetzt werden, die mit $J_m z_m$ bezeichnet seien.

Der Erregerstrom J_m ist nun allerdings ein Gleichstrom und sein Feld Φ_m in den Polen selbst konstant. Da aber das Polrad sich dreht, spielt Φ_m für die Ankerwindungen die Rolle eines Wechselfeldes und kann wie ein solches durch einen Vektor dargestellt werden. Ebenso lassen sich die bewegten Gleichstrom-Erreger-AW ersetzen durch feststehende Wechsel-AW, deren Maximalwert $J_m z_m$ ist, und im Vektordiagramm einzeichnen.

In Fig. 55 stellt Vektor Φ_m das von den Polen her-rührende Feld in der Ankerspule dar und $J_m z_m$ die Er-reger-AW. Infolge dieses Wechselfeldes Φ_m entsteht nun in der Ankerspule eine EMK, die um eine Viertelperiode oder $\frac{1}{2}\pi$ hinter dem Feld dreinläuft, wie das schon auf S. 20 angegeben ist.

Das Diagramm gibt auch über die räumlichen Verhältnisse der Maschine einigen Aufschluß. Es zeigt, daß bei der Drehung zuerst ein Pol des Pol-rads mit seinem Φ_m vor die Anker-spule kommt und 90° oder eine Vier-telperiode später die EMK; d. h. die EMK ist Null, wenn der Nordpol gerade vor der Spulenmitte steht, und erreicht ihr Maximum, wenn das Polrad um eine halbe Polteilung weitergerückt ist, also die Pollücke vor der Spulenmitte steht (vgl. S. 21).

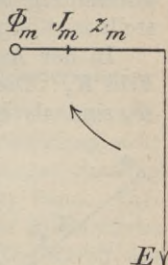


Fig. 55.
Felddiagramm für
die unbelastete
Wechselstrom-
maschine.

15. Das Felddiagramm des belasteten Wechselstrom-erzeugers.

Anders wird die Sache, wenn auch in der Ankerspule Strom fließt. Der Ankerstrom sei J_a und die Windungs-zahl einer Spule z_a . Es suchen die AW $J_a z_a$ ebenfalls Kraftlinien in der Spule zu erzeugen. Wenn sie allein, also die Erreger-AW $J_m z_m$ nicht, vorhanden wären, so würde ein Feld Φ_a zustande kommen, das dem Anker-strom J_a proportional wäre und sich wie dieser sinus-förmig ändern würde.

Tatsächlich wirken nun auf den Raum innerhalb der Spule sowohl die $J_a z_a$ als auch die $J_m z_m$. Es wird also auch weder Φ_a noch Φ_m in der Ankerspule zustande

weitergerückt, bis in den Ankerspulen die maximale EMK erscheint. Ebenso erreichen die AW der Ankerspule ihr Maximum erst, wenn der Pol weit mehr als eine halbe Polteilung von der Spule weggeilt ist.

16. Die Ankerrückwirkung im Wechselstromerzeuger.

Der Einfachheit halber werde im folgenden vorausgesetzt, daß der Widerstand der Ankerwicklung sehr klein und deshalb der Ohmsche Spannungsverlust so gering sei, daß er vernachlässigt werden kann. Tatsächlich beträgt er auch bei der größten Stromstärke höchstens 5% der Klemmenspannung. Die durch das resultierende Feld K_a induzierte EMK und die Klemmenspannung seien also identisch. Dann ist ohne weiteres klar:

Soll die Klemmenspannung der Maschine bei gleichbleibender Umdrehungszahl konstant bleiben, so darf sich K_a im Betrieb nicht ändern. Dies ist nach Fig. 56 möglich, wenn man mit wachsendem Ankerstrom den Erregerstrom und damit Φ_m vergrößert, und zwar so vergrößert, daß eben die beiden Komponenten Φ_m und Φ_a zusammen K_a ergeben.

Man überblickt die Verhältnisse am leichtesten, wenn man nicht das ganze Parallelogramm der Fig. 56, sondern nur die untere Hälfte, das Dreieck aus Φ_a , Φ_m und K_a ansieht (Fig. 58).

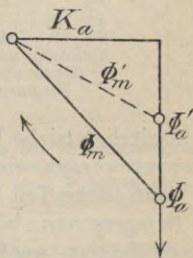


Fig. 58. Felddiagramm für verschiedene Belastung bei konstanter EMK ohne Phasenverschiebung.

Je nach der Art der angeschlossenen Stromverbraucher ist der Strom und die Klemmenspannung des Ge-

nerators in Phase oder sie sind phasenverschoben. Bei induktionsloser Belastung (siehe Teil I, S. 107), bei welcher der Strom und die Spannung in Phase sind, hat man den Fall von Fig. 58. In diesem Fall steht Φ_a senkrecht auf K_a und es muß immer sein

$$(22) \quad \Phi_m^2 = \Phi_a^2 + K_a^2.$$

Der Erregerstrom muß mit der Belastung gesteigert werden.

Eilt der Ankerstrom der Spannung nach, wird also $\cos \varphi < 1$, so ist eine noch intensivere Steigerung er-

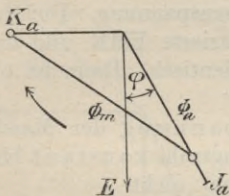


Fig. 59. Felddiagramm für Belastung mit nachellendem Strom und konstante Klemmenspannung.

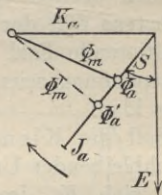


Fig. 60. Felddiagramm für Belastung mit voreilem Strom und konstante Klemmenspannung.

forderlich (siehe Fig. 59). Eilt der Ankerstrom der Spannung voraus, ein Fall, der auch gelegentlich eintreten kann (siehe Teil I, S. 104), dann muß (siehe Fig. 60) der Erregerstrom bei wachsendem Ankerstrom zunächst verkleinert werden bis zu einem Minimum, welches durch das Lot auf den Vektor des voreilem Stroms gegeben ist. Bei weiterem Zunehmen des Ankerstroms muß dann auch hier Φ_m gesteigert werden, um K_a konstant zu halten.

Es muß also der Erregerstrom reguliert werden. Dies geschieht am einfachsten durch Ein- bzw. Aus-

schalten von Widerstand im Stromkreise der Magnetwicklung (vgl. den Nebenschlußregulator bei Gleichstrommaschinen Teil II, S. 24 u. 30f.). Besitzt der Generator eine besondere Erregermaschine (siehe Tafel I, Abb. 2, II, Abb. 3f. u. III, Abb. 5f.), so kann auch

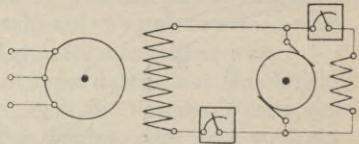


Fig. 61. Schaltungsdiagramm für die Erregung eines Wechselstromgenerators mit besonderer Erregermaschine.

deren Erregerstrom verändert und auf diese Weise der von ihrem Anker in die Erregerwicklung des Generators abgegebene Strom reguliert werden (siehe Fig. 61).

Würde man den Erregerstrom nicht ändern, so würde K_a und damit die Klemmenspannung bei induktionsloser Belastung mit wachsendem Ankerstrom allmählich abnehmen und schließlich Null werden (vgl. Fig. 62 und Kurve I von Fig. 63). Bei nacheilendem Ankerstrom würde dies noch rascher eintreten (Kurve II von Fig. 63). Eilte der Strom voraus, so würde zunächst eine Steigerung von K_a , also der Spannung eintreten, schließlich würde sie aber wieder abnehmen. Die anfängliche Steigerung der Spannung wird um so intensiver, je mehr der Strom voreilt (Kurve III von Fig. 63).

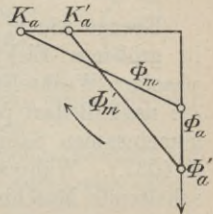


Fig. 62. Felddiagramm für verschiedene Belastung ohne Änderung der Erregung.

Belastet man eine Maschine mit ihrem normalen Strom und reguliert ihre normale Spannung ein, so ist dazu ein bestimmter Erregerstrom notwendig. Entlastet man nun, ohne den Erregerstrom und die Tourenzahl

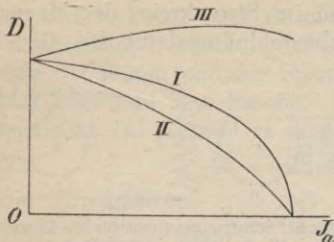


Fig. 63. Die Spannungsänderung einer konstant erregten Wechselstrommaschine bei verschiedener Phasenverschiebung.

je nach der Größe der Phasenverschiebung, bei neueren Maschinen 5 bis 20% der normalen Spannung.

zu verändern, so tritt, wenigstens bei $\cos \varphi = 1$ und $\cos \varphi < 1$ (Strom nacheilend), eine Spannungssteigerung ein.

Den Unterschied in der Spannung bei Normallast und bei Nulllast nennt man die Spannungsänderung der Maschine. Sie beträgt,

17. Das Parallelschalten der Wechselstromerzeuger.

Ebenso wie in Zentralen mit Gleichstrom sind auch in größeren Elektrizitätswerken für ein- oder mehrphasigen Wechselstrom mehrere Generatoren aufgestellt, die nach Bedarf parallel geschaltet werden und auf die gemeinsamen Sammelschienen arbeiten (siehe Teil II, S. 103f.). Während es aber dort genügte, die zuzuschaltende Maschine auf die Spannung der schon im Betriebe befindlichen zu bringen, muß bei Wechselstromgeneratoren nicht nur diese, sondern auch die Frequenz und die Phase der Klemmenspannung in der zuzuschaltenden Maschine mit der Frequenz und Phase der Sammelschienen im Moment des Parallelschaltens übereinstimmen.

Die **Frequenz** wird reguliert, indem man die Umdrehungszahl der Antriebsmaschine ändert. Diese, z. B. eine Kolbendampfmaschine oder eine Turbine, besitzt zur Beeinflussung der minutlichen Umdrehungszahl in der Regel einen Zentrifugalregulator und erhält

durch ihn für eine bestimmte Belastung eine bestimmte Tourenzahl. Um die Umdrehungszahl der zuzuschaltenden Maschine den im Betrieb befindlichen anpassen zu können, sie, wie man sagt, auf Synchronismus zu bringen, muß also der Regulator verstellbar sein.

Die Verstellung wird entweder durch einen Maschinenwärter von Hand besorgt, dem die nötigen Winke von der Schaltbühne ausgegeben werden, oder aber sie kann durch Fernsteuerung (z. B. Verwendung eines kleinen Elektromotors) direkt von dem Schalttafelwärter von der Schaltbühne aus betätigt werden.

Um die Gleichheit der Frequenz (Synchronismus) und gleichzeitig auch die Übereinstimmung der Phase zu erkennen, benützt man die sog. **Phasenlampen**. In Fig. 64 ist die Schaltung für **Einphasenstrom** dargestellt. Eine Einphasenmaschine soll an die Sammelschienen, auf welche schon andere Generatoren arbeiten, angelegt werden. Der zweipolige Schalter ist geöffnet, die Leitungen sind aber je durch eine Glühlampe miteinander verbunden.

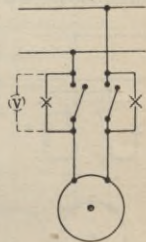


Fig. 64. Phasenlampen auf dunkel geschaltet.

In allen Momenten nun, in denen der augenblickliche Wert der Spannung der zuzuschaltenden Maschine nicht ganz mit derjenigen der Sammelschienen übereinstimmt, fließt von der Maschine über die Lampen zu den Sammelschienen ein Strom und die Lampen glühen. Solange also Phasengleichheit und Synchronismus noch nicht vorhanden ist, werden die Lampen bald glühen, bald dunkel sein. Je näher beide Maschinen dem Synchronismus sind, um so langsamer folgt Aufleuchten und Erlöschen aufeinander. Ist Synchron-

nismus und Phasengleichheit erreicht, dann bleiben die Lampen dunkel, und zwar deswegen, weil dann in jedem Moment die Spannungen an den Sammelschienen und der zuzuschaltenden Maschine gleichgroß sind und, da sie über die Lampen einander entgegenwirken, einen Strom nicht zustande kommen lassen. In diesem Moment wird die Maschine eingeschaltet.

Parallel zu einer Phasenlampe oder auch an ihre Stelle kann ein Voltmeter geschaltet werden (in Fig. 64 gestrichelt angegeben). Es zeigt noch deutlicher als die Lampen, wann eingeschaltet werden kann. Bei erreichtem Synchronismus gibt es keinen Ausschlag.

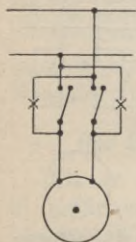


Fig. 65. Phasenlampen auf hell geschaltet.

Schaltet man die Lampen nicht wie in Fig. 64, sondern übers Kreuz, wie in Fig. 65, dann sind die beiderseitigen Spannungen nicht gegen-, sondern hintereinander geschaltet. Die Lampen leuchten also am hellsten, wenn Synchronismus und Phasengleichheit erreicht ist. Man schaltet also in diesem

Fall bei hellleuchtenden Lampen ein.

Statt der einen Lampe kann auch ein Widerstand eingeschaltet oder können die betreffenden zwei Klemmen direkt verbunden werden. Im letzteren Fall muß für die einzige übrigbleibende Lampe eine solche von doppelter Spannung genommen werden.

Bei **Drehstromgeneratoren** muß, im Unterschied von den Einphasengeneratoren, beim erstmaligen Parallelschalten die richtige Verbindung der drei Phasen festgestellt werden. Man überbrückt auch hier jede der drei Anschlußstellen durch eine Glühlampe (Fig. 66). Wenn bei Annäherung an den Synchronismus die Lam-

pen gleichzeitig hell und dunkel brennen, so sind die Anschlüsse richtig und der Schalter kann bei Dunkelwerden der Lampen und erreichtem Synchronismus eingelegt werden. Werden die Lampen jedoch nicht gleichzeitig hell und dunkel, so sind zwei Zuleitungen der neuangeschlossenen Maschine zu vertauschen.

Hat man auf diese Weise die richtige Verbindung erzielt, so kann man die Phasenlampen so lassen, wie in Fig. 66 angegeben. Zur Ersparung von Lampen kann

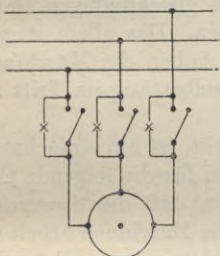


Fig. 66. Phasenlampen bei Drehstrom auf dunkel geschaltet.

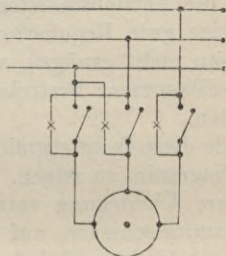


Fig. 67. Phasenlampen bei Drehstrom auf abwechselndes Aufleuchten geschaltet.

man aber eine Lampe überhaupt weglassen und es mit den zwei andern genau so halten, wie beim Einphasengenerator. Auch die Hellschaltung kann man in diesem Fall anwenden.

Nimmt man drei Lampen, so gestatten sie noch, festzustellen, ob die zuzuschaltende Maschine zu schnell oder zu langsam läuft. Man vertauscht den Anschluß zweier Lampen je auf einer Seite Fig. 67, dann leuchtet immer eine nach der anderen auf. Stellt man sie nun im Dreieck auf, so geht dieses abwechselnde Aufleuchten im einen Fall, also z. B. bei zu raschem Lauf, im Uhrzeigersinn, das andere Mal entgegengesetzt herum.

Zur Vergleichung der zusammenschaltenden Spannungen wird natürlich ein Voltmeter benutzt.

18. Die selbsttätige Aufrechterhaltung des Synchronismus und das Pendeln.

Sind zwei Wechsel- oder Drehstromerzeuger parallelgeschaltet, so müssen sie, falls ein ungestörter Betrieb Platz greifen soll, unbedingt in Synchronismus oder, wie man sagt, im Tritt bleiben. Dazu müssen in erster Linie die Antriebsmaschinen einen gleichmäßigen Gang und eine gute Regulierung besitzen. Das allein würde indessen nicht genügen, vielmehr haben die Maschinen das willkommene Bestreben, sich selbsttätig im Tritt zu erhalten.

Wie diese Selbstregulierung wirkt, ist am einfachsten am Diagramm zu zeigen. Dabei sei für die folgende elementare Überlegung vorausgesetzt, daß die Spannung der Sammelschienen, auf welche die Maschinen arbeiten, konstant bleibt und daß der Regulator der in Betracht gezogenen Antriebsmaschine nicht verstellt wird.

Hätte das Polrad der Maschine Lust, rascher zu laufen, als dem Synchronismus entspricht, so würde sich das im Diagramm (Fig. 68) so ausdrücken, daß das mit dem Polrad verbundene Feld Φ_m rascher läuft als die anderen Vektoren und sich deshalb etwas im Uhrzeigersinn nach vorwärts dreht. Da die Sammelschienen-Spannung konstant bleibt, so müssen auch die EMK E und das resultierende Feld K_a der Maschine ihren konstanten Wert behalten. Bei vorausgedrehtem Φ_m ist das nur möglich, wenn Φ_a und damit der Ankerstrom J_a nun auf einmal größer wird, wie die Konstruktion des neuen Parallelogramms zeigt. Auch der Phasenwinkel zwischen J_a und E wird dabei kleiner. Das Produkt $J_a \cdot E \cdot \cos \varphi$

würde so aus doppeltem Grunde größer werden. Die Maschine würde also durch das Voreilen erheblich mehr belastet und, wenn der Regulator der Antriebsmaschine die Füllung nicht vergrößert, kann der Generator diese schnellere Bewegung nicht ausführen: sogleich nach dem Versuch hierzu wird die raschere Bewegung abgebremst und das Polrad in die richtige Gangart zurückverwiesen.

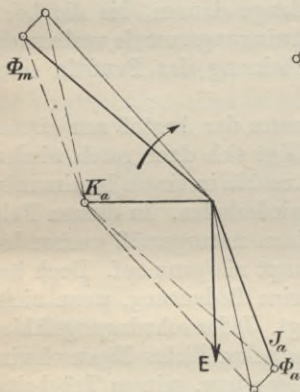


Fig. 68. Die Maschine will voreilen.

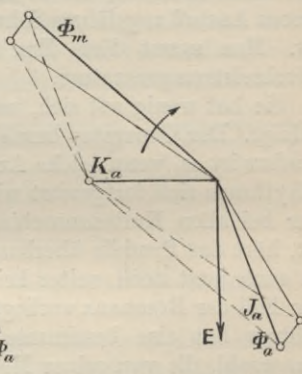


Fig. 69. Die Maschine will zurückbleiben.

Umgekehrt geht es beim Versuch, langsamer zu laufen. Das Polrad sucht dabei eine Stellung einzunehmen, die durch den rückwärts gedrehten Vektor Φ_m dargestellt ist (Fig. 69). Man sieht, wenn K_a gleichbleiben soll, muß Φ_a und damit auch J_a nach rückwärts gedreht und außerdem kleiner werden. Durch beides wird $J_a \cdot E \cdot \cos \varphi$ kleiner, die Belastung des Generators sinkt. Da aber die Antriebsmaschine ein gleichbleibendes Drehmoment liefert, so wird das Polrad sogleich wieder

nach vorwärts gedrückt, bis es die ursprüngliche, dem synchronen Lauf entsprechende Stellung wieder einnimmt.

Man sieht, daß jeder Versuch des Generators, aus dem Synchronismus zu fallen, sofort selbsttätig vereitelt wird. Dieses Zurückführen in seine normale Lage geht indessen manchmal nicht ganz störungsfrei vor sich. Ein solches Polrad stellt einen Körper dar, der, wenn er einmal aus seiner Gleichgewichtslage gebracht wird, Schwingungen um diese ausführt, die so lange dauern, bis die beim ersten Anstoß zugeführte Schwingungsenergie verbraucht ist. Man nennt diese Erscheinung das **Pendeln** eines Wechselstromgenerators.

Sie hat wenig auf sich, wenn der Anstoß nur einmal erfolgt. Der Generator beruhigt sich dann rasch wieder. Anders ist es, wenn solche Anstöße in einem bestimmten Rhythmus sich fortgesetzt wiederholen. In diesem Fall, der bei allen Kolbenmaschinen naturgemäß vorhanden ist, hört das Pendeln überhaupt nie ganz auf. Doch hat es auch jetzt noch weiter keine Bedeutung, wenn nicht der Fall der Resonanz vorliegt. Jeder schwingungsfähige Körper hat eine bestimmte sekundliche Eigenschwingungszahl, die von seiner Masse bzw. seinem Trägheitsmoment und seinen elastischen, federnden Eigenschaften abhängt. Da die letzteren sich in dem Sinne äußern, daß sie den Körper seinem Ruhe- oder Gleichgewichtszustand zuführen wollen, bezeichnet man sie auch mit dem Ausdruck: Direktionskraft. Beim Generator ist das Schwingungsmoment durch die äußeren Abmessungen gegeben, die elastischen Kräfte (die Direktionskraft) rühren von den Zugkräften her, welche zwischen dem Polrad und dem Anker infolge der vorhandenen magnetischen Kraftlinien auftreten. Es hat also jeder Generator eine bestimmte Eigenschwingungszahl.

Treffen nun auf einen solchen Generator Stöße im Rhythmus seiner Eigenschwingungszahl, so können sie infolge der vorhandenen Resonanz durch die fortgesetzte Addition der einzelnen Impulse ein ganz gewaltiges Pendeln zur Folge haben, so daß der Generator schließlich doch aus dem Tritt fällt, trotz der vorhin angeführten synchronisierenden Kräfte.

Man muß also bei den zusammenzuschaltenden Generatoren darauf achten, daß sie möglichst gleichmäßig laufen, wie dies die von Turbinen angetriebenen meist ohne weiteres machen. Ist aber die Verwendung einer mit Ungleichförmigkeit laufenden Maschine nicht zu um-

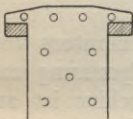


Fig. 70. Magnetpol mit Dämpferrahmen.

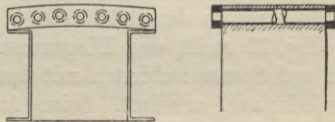


Fig. 71. Magnetpol mit Dämpferbolzen.

gehen (Kolbendampfmaschine, Gas- oder Dieselmotor), so muß darauf geachtet werden, daß die Eigenschwingungszahl des angetriebenen Generators und die sekundliche Stoßzahl der Antriebsmaschine nicht miteinander übereinstimmt. (Näheres z. B. in „Wechselstromerzeuger“ von Pichelmayer, Sammlung Göschen, Nr. 547.)

Zur Dämpfung der Schwingungen werden die Polränder vieler Generatoren mit sog. Dämpferwicklungen oder Dämpferstäben versehen. Bei Pendelungen werden in diesen kräftige Ströme erzeugt, welche die Schwingungsenergie absorbieren und das Pendeln dämpfen. Die Ausführungen sind verschieden. Sehr einfach sind diejenigen, nach welchen um jeden Polschuh ein Rahmen

aus Kupfer herumgelegt wird (Fig. 70) oder durch Bohrungen dicht unter der Außenfläche der Polschuhe Kupferbolzen gesteckt werden (Fig. 71), deren Enden beiderseits durch Kupferschienen verbunden werden.

19. Die Regulierung der parallelarbeitenden Wechselstromerzeuger.

Bei parallelarbeitenden Gleichstrommaschinen genügt die Regulierung durch die Erregung (siehe Teil II, S. 104), um eine Maschine mehr oder weniger zu belasten. Bei parallelarbeitenden Wechsel- oder Drehstrommaschinen hat die Veränderung des Erregerstroms eine andere Folge. Dies wird wieder am einfachsten aus dem Felddiagramm deutlich.

Fig. 72 stellt das Diagramm eines Generators vor, der auf Sammelschienen mit konstanter Spannung und Periodenzahl arbeitet. Seine Antriebsmaschine ist auf eine bestimmte Füllung eingestellt, gibt also ein gleichbleibendes Drehmoment ab. Die Maschine arbeitet in Synchronismus, also mit gleichbleibender Umdrehungszahl. Damit ist die Leistung, welche die Antriebsmaschine an den Generator und ebenso die, welche der letztere an die Sammelschienen abgibt, konstant. Man kann also für das Folgende voraussetzen, daß das abgegebene $J_a \cdot E \cdot \cos \varphi$ konstant ist. Da J_a proportional Φ_a ist, muß auch $\Phi_a \cdot E \cdot \cos \varphi$ gleichbleiben. Nun ist nach Annahme die Sammelschienen-Spannung E konstant, also muß auch $\Phi_a \cdot \cos \varphi$ konstant sein.

Vergrößert man nun die Erregung und damit das Feld Φ_m , so bildet sich ein neuer Zustand und ein neues Parallelogramm mit dem neuen Φ_m , dem alten K_a und dem alten $\Phi_a \cdot \cos \varphi$. Man findet dieses neue Parallelogramm, wenn man um K_a einen Bogen mit dem

neuen Φ_m schlägt und zur Konstanthaltung von $\Phi_a \cdot \cos \varphi$ durch den Endpunkt von Φ_a eine Parallele mit K_a zieht. Man sieht also: der Generatorstrom erhält eine größere Phasenverschiebung gegenüber seiner Spannung. Nicht aber wird seine Leistung vergrößert.

Verkleinert man den Erregerstrom und damit Φ_m , so kann man sogar eine Phasenvoreilung erzielen (siehe das gestrichelte Dreieck in Fig. 72). Die Veränderung des Erregerstroms hat also eine Veränderung der Pha-

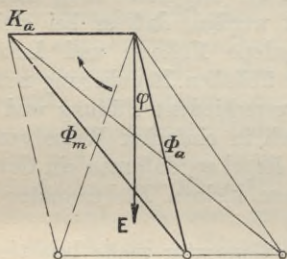


Fig. 72. Felddiagramm für eine Wechselstrommaschine mit konstanter Spannung und Belastung, aber mit verschiedener Erregung.

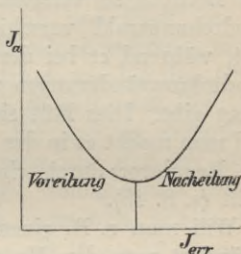


Fig. 73. Die V-Kurve für einen Wechselstrom-generator.

senverschiebung zwischen Strom und Spannung, nicht aber eine Änderung der Belastung des Generators zur Folge.

Mit der Phasenverschiebung ändert sich die Größe des Ankerstroms. Zeichnet man ihn in Funktion vom Erregerstrom auf, so ergibt sich eine Kurve Fig. 73, die nach ihrer Form V-Kurve genannt wird.

Einen Einfluß auf den Strom, den die Sammelschienen ins Netz hinaus abgeben, hat dies natürlich nicht. Dorthin wird ein Strom und eine Phasenverschie-

bung abgegeben, wie sie die Stromverbraucher benötigen. Ist z. B. diese im Netz verlangte Phasenverschiebung nachteilig, so müssen die anderen Generatoren die Phasenvoreilung kompensieren, die etwa ein zu wenig oder, wie man sagt, untererregter Generator besitzt.

Will man einen Generator mehr belasten, so muß das Drehmoment der Antriebsmaschine, also ihre Füllung vergrößert werden. Da die Umdrehungszahl dabei gleichbleiben muß, so ist das nur durch Verstellen des Regulators möglich, d. h. der Regulator muß während des Betriebs so verstellt werden, daß er bei gleicher Umdrehungszahl verschiedene Füllung und Leistung gibt, während er bei der üblichen Regulierung nur bei Umdrehungsänderungen verschiedene Füllung und Leistung gibt. Dies läßt sich in einfacher Weise erzielen und man macht es in der Regel so, daß man ein Gewicht am Regulator durch einen kleinen Elektromotor verstellt (s. S. 45).

Will man z. B. einen Generator mehr belasten, so verändert man den Regulator so, als ob man die Maschine schneller laufen lassen wollte. Dadurch verschiebt sich dann das Φ_m im Diagramm, wie auf S. 49 geschildert, nur im vorliegenden Falle mit Absicht. Die abgegebene Leistung des Generators wird also größer und kann größer werden, weil ja die Füllung vergrößert wurde.

Ändert sich bei einer solchen Regulierung die Sammelschienenspannung, so muß sie mit Hilfe der Regulierwiderstände im Erregerstromkreis der Generatoren wieder eingestellt werden.

20. Die Leistung und der Wirkungsgrad der Wechselstromerzeuger.

Die elektrische Leistung, welche ein einphasiger Wechselstromerzeuger abgibt, ist nach Gl. (106) in Teil I, S. 109

$$(23) \quad A_s = J \cdot D \cdot \cos \varphi \text{ Watt.}$$

Bei einer Dreiphasen- oder Drehstrommaschine ist die abgegebene Leistung nach S. 25 gegeben.

$$(24) \quad A_s = \sqrt{3} \cdot J \cdot D \cdot \cos \varphi \text{ Watt.}$$

Die Belastungsfähigkeit einer Maschine hängt von ihrer Temperaturerhöhung ab und diese von den Energieverlusten, die in der Maschine auftreten und sie erwärmen. Die letzteren bestehen wie bei den Gleichstrommaschinen (siehe Teil II, S. 96 ff.) aus Reibungs-, Eisen- und Kupferverlusten. Sie sind im wesentlichen abhängig von der Eisensättigung und von der Stromstärke, nicht aber vom $\cos \varphi$. Infolgedessen wird die Leistung, die einer Maschine zugemutet werden darf, nicht in Watt ($JD \cos \varphi$ bzw. $\sqrt{3}JD \cos \varphi$) angegeben, sondern in Volt-Ampere (JD bzw. $\sqrt{3}JD$ ohne $\cos \varphi$) oder Kilo-Volt-Ampere (KVA). Das hat den Sinn, daß die Maschine bei bestimmten D und J dieselbe Temperaturerhöhung erfährt, gleichgültig welchen Wert der $\cos \varphi$ besitzt. Die Maschine kann also bei $\cos \varphi < 1$ keine so große Leistung abgeben wie bei $\cos \varphi = 1$.

Für die Erwärmung der Wechselstromgeneratoren gilt dasselbe, was in Teil II, S. 98 ff. für die Gleichstrommaschinen ausgeführt ist.

Unter dem Wirkungsgrad versteht man auch hier das Verhältnis der elektrisch abgegebenen zu der mechanisch und eventuell elektrisch (Erregerstrom) zugeführten Leistung. Er beträgt bei kleinen Maschinen

bis 10 KVA 75—85% und steigt bei großen Maschinen bis 97%. Naturgemäß ist er bei $\cos\varphi < 1$ niedriger als bei $\cos\varphi = 1$, ebenso auch bei geringerer Belastung kleiner als bei Vollast.

Von den liefernden Firmen wird ein bestimmter Wirkungsgrad garantiert und in der Regel für verschiedene Belastungsstufen und $\cos\varphi$ besonders angegeben, z. B. $\frac{3}{4}$ und $\frac{1}{1}$ Last und $\cos\varphi = 1,0$ und $0,8$.

Ebenso wird auch eine bestimmte Spannungsänderung in % für verschiedene $\cos\varphi$ garantiert. Die Normalien des V. D. E. verlangen im allgemeinen die Angabe der Spannungsänderung beim Leistungsfaktor $1,0$ und $0,8$.

Was die **Größe der Leistung** betrifft, so sind jetzt Turbogeneratoren von 25 000 KVA gebaut worden. Für große Leistungen von 1000 KVA aufwärts kommen heute im Falle der Verwendung von Dampf ausschließlich Turbinen in Betracht. Von Kolbendampfmaschinen angetriebene Generatoren dieser Größe gehören der Vergangenheit an. Die Umdrehungszahlen der Turbogeneratoren sind je nach Leistung 1000, 1500 und 3000 i. d. M. Kolbendampfmaschinen, laufen viel langsamer, bis herunter zu 90 Umdrehungen in der Minute. Dabei wird das Polrad groß, bis 8 m Durchmesser, und ebenso die Polzahl (z. B. bei 100 Umdrehungen 60 Pole).

Was die **Höhe der Spannung** betrifft, so können Generatoren mit feststehendem Anker bis 15 000 Volt ganz wohl hergestellt werden. Man zieht es aber meist vor, im Generator nur wenige 1000 Volt (bis etwa 6000) und die höhere Spannung in einem Transformator zu erzeugen.

II. Die Transformatoren.

21. Der einfachste Transformator.

Ein Transformator hat den Zweck, Wechselstrom von einer gegebenen Spannung in solchen von einer anderen Spannung zu verwandeln. Daß diese Möglichkeit große Bedeutung hat, ist leicht einzusehen.

Bei einer Arbeitsübertragung über lange Leitungen ist es sehr vorteilhaft, nur einen kleinen Strom fortzuleiten zu müssen. Denn dann kann mit Rücksicht auf Spannungsverlust und Erwärmung der Querschnitt und damit die Ausgabe für die Fernleitung klein gehalten werden. Die Leistung ist, abgesehen vom $\cos \varphi$, gegeben durch die beiden Faktoren: Strom und Spannung. Soll also der Strom klein werden, so muß die Spannung entsprechend groß werden, damit die übertragene Leistung dieselbe bleibt. Man transformiert deshalb einen niedergespannten Strom in einen hochgespannten, wenn man ihn in die Ferne leiten will.

Andererseits bringt die Hochspannung einige Unannehmlichkeiten mit sich. Die Isolation in den Hausleitungen, ihre Verwendung für Beleuchtung und kleine Motoren würde viele Schwierigkeiten bieten. Ein zufälliges Berühren beider Leitungsdrähte kann das Leben gefährden. Es wird deshalb der von weit hergeleitete hochgespannte Strom zunächst von seiner hohen Spannung auf niedere heruntertransformiert und erst der niedergespannte Strom den Stromverbrauchern zugeführt.

Zu dem Zweck dieser Spannungsveränderung oder Transformation wird ein Körper aus Eisenblechen, wie ihn die Fig. 74 schematisch andeutet, mit zwei Wicklungen versehen: in die eine wird der gegebene primäre

Strom gesandt, der z. B. von einer Fernleitung zugeführt wird, aus der zweiten wird der sekundäre Strom mit der gewünschten Spannung entnommen.

Die Wirkungsweise eines solchen Transformators ist leicht zu verstehen. Infolge des Wechselstroms in seiner Wicklung entsteht im Eisen ein Wechselfeld. In den einzelnen Windungen der Sekundärwicklung entstehen folglich EMKE, und man hat es durch die Wahl der Windungszahl der Sekundärwicklung völlig in der Hand, in ihr jede beliebig hohe Spannung zu erzeugen. Diese sekundäre EMK kann man nun, gerade wie die EMK eines Generators, dazu benützen, Stromverbraucher mit Strom zu versorgen (Tafel VIII und IX).

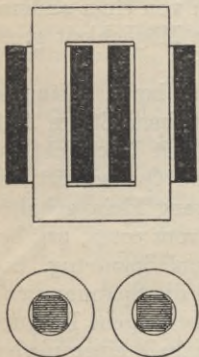


Fig. 74. Schema eines Kerntransformators.

22. Der Aufbau der Transformatoren.

In einem Transformator ist ein Feld erwünscht, das mit möglichst wenig Aufwand von Strom erzeugt werden kann. Man läßt also die Kraftlinien nicht in Luft, sondern im Eisen mit seiner großen Permeabilität verlaufen. Da kein drehbarer Teil vorhanden, also kein Luftspielraum nötig ist, besteht der Transformator aus einem geschlossenen Eisenkörper, der zwei Wicklungssysteme trägt, eine Primär- und eine Sekundärwicklung. Die Figg. 74—76 zeigen verschiedene Transformatorentypen. Die von Primär- und Sekundärwicklung ausgefüllten Räume sind schwarz gezeichnet.

Es ist üblich, zwei Arten von Transformatoren zu

unterscheiden: Kern- und Manteltransformatoren. Fig. 74 ist ein sog. Kerntransformator, Fig. 75 ein Manteltransformator, Fig. 76 könnte der einen oder der anderen Type zugezählt werden (vgl. Tafel VIII, Abb. 16 und 17).

Um Wirbelströme zu vermeiden bzw. möglichst klein zu halten, sind die Eisenkörper (wie die Anker der Dynamomaschinen) unterteilt. Sie bestehen aus Blechen (eventuell legierten, Teil II, S. 73) von 0,3 oder 0,5 mm Stärke mit Zwischenlagen von Papierisolation.

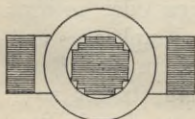
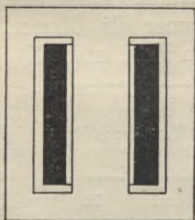


Fig. 75. Schema eines Manteltransformators.

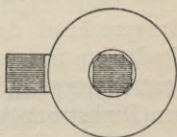
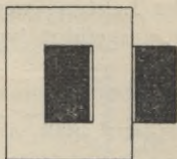
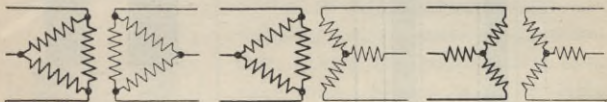


Fig. 76. Schema eines Transformators.

Die beiden Wicklungen des Transformators werden in der Regel übereinandergeschoben, um die Streuung (siehe Teil II, S. 85) möglichst klein zu halten. Die Niederspannungswicklung wird sorgfältig von der Hochspannungswicklung isoliert, z. B. durch Zwischenschieben einer isolierenden Hülse. Die Hochspannungswicklung selbst wird in einzelnen Teilen gewickelt, die voneinander gut isoliert sind (Tafel VIII und IX).

Die Eisen- und Kupferverluste im Transformator erhöhen seine Temperatur. Um das Isolationsmaterial nicht zu gefährden, darf sie nicht zu hoch werden. Als obere Grenze wird 70°C über Raumtemperatur zugelassen. Reicht die natürliche Luftkühlung nicht aus, so setzt man den Transformator in ein mit Öl gefülltes Gußeisen- oder Blechgefäß. Das Öl selbst wird gekühlt, indem man den Gefäßwänden möglichst viel Oberfläche gibt, oder auch durch Einbau von Rohrschlangen, die von Kühlwasser durchflossen werden. Transformatoren großer Leistung werden fast immer als Öltransformatoren ausgeführt (vgl. die Tafeln VIII und IX).



77. Dreieck-Dreieck.

78. Dreieck-Stern.

79. Stern-Stern.

Fig. 77, 78, 79. Schaltung von Drehstromtransformatoren.

Entsprechend dem einphasigen oder mehrphasigen Wechselstrom unterscheidet man Einphasen- und Mehrphasentransformatoren. Letztere, in der Regel Dreiphasen(Drehstrom-)transformatoren, tragen zwei Wicklungssysteme, von denen jedes aus drei in Stern oder Dreieck verketteten Einzelwicklungen besteht. Sie sind schematisch in Fig. 77 bis 79 dargestellt. Die wirkliche Ausführung ist derart, daß je eine Primär- und zugehörige Sekundärwicklung einen gemeinsamen Eisenkern umschließen. Die drei Eisenkerne werden entweder senkrecht nebeneinander oder wagerecht übereinander oder im gleichseitigen Dreieck angeordnet und durch passende Jochstücke verbunden. Die erstere ist die heute übliche Anordnung (vgl. Tafel IX, Abb. 22 und 25 und im Gegensatz dazu Abb. 23).

Statt eines Dreiphasen-
transformators können
auch drei Einphasentrans-
formatoren Verwendung
finden, deren Wicklungen
ebenfalls in Stern oder
Dreieck geschaltet werden.
Fig. 80 stellt für beide
Wicklungen der Einphasen-

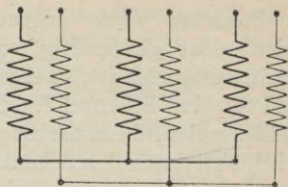


Fig. 80. Drei Einphasentransformatoren in Stern-Stern-Schaltung.

transformatoren Sternschaltung dar. Diese Fig. 80 könnte aber auch ebensogut einen Dreiphasentransformator mit Stern—Sternschaltung wie Fig. 79 darstellen.

23. Das Felddiagramm des Transformators ohne Streuung.

Jeder Transformator besitzt eine, wenn auch kleine Streuung. Des leichteren Verständnisses halber wird jedoch das Diagramm zunächst ohne Streuung entwickelt und diese erst nachher berücksichtigt. Man vergleiche dazu das auf S. 35 ff. Ausgeführte.

Der Transformator (Fig. 81) hat zwei Schenkel, *I* und *II*. Auf dem Schenkel *I* ruhe die Primärwicklung, auf dem Schenkel *II* die Sekundärwicklung. Beide Wicklungen seien von einem Strome durchflossen, dessen Stärke sich nach dem Sinusgesetz ändert, und zwar Spule *I* von einem Strome J_1 , der von einem Wechselstromerzeuger kommt, während Spule *II* ihren Strom in irgendwelche Stromverbraucher abgibt. Die beiden Ströme sind gegeneinander phasenverschoben, und zwar beträgt der Phasenwinkel zwischen ihnen, wie aus späterem hervorgeht, bei Vollbelastung des Transformators beinahe 180° .

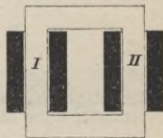


Fig. 81. Schema eines Transformators.

Zunächst werde angenommen, die beiden Ströme seien nicht gleichzeitig vorhanden. Wenn Strom J_1 allein vorhanden ist, so erzeugen seine AW ein Wechselfeld Φ_1 im Schenkel I. Sämtliche Kraftlinien dieses Feldes sollen, da zunächst von der Streuung abgesehen wird, sich durch den Schenkel II schließen. Das Feld Φ_1

ist also auch im Schenkel II in seiner vollen Stärke vorhanden. Es sei durch Vektor Φ_1 in Fig. 82 dargestellt.

Fehlt J_1 und ist nur der Strom J_2 da, so erzeugt dieser mit seinen AW ein Feld Φ_2 , das sowohl im Schenkel II als auch in I vorhanden ist. Es ist in Fig. 82 durch Vektor Φ_2 angegeben und ist um nicht ganz 180° gegen Φ_1 verschoben.

Tatsächlich sind beide Ströme im Transformator gleichzeitig vorhanden. Sie suchen also gleichzeitig Φ_1 und Φ_2 zu erzeugen. Beide Felder können aber nicht für sich bestehen, vielmehr setzen sie sich in beiden Schenkeln

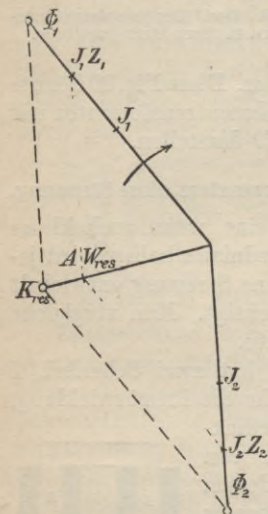


Fig. 82. Diagramm für den Transformator ohne Streuung.

zu einem resultierenden Feld K zusammen (s. auch S. 37).

Man kann sich die Sache auch in etwas anderer Weise vorstellen, indem man nicht die Kraftlinienfelder, sondern die Amperewindungen AW_1 und AW_2 in Betracht zieht. Man sagt: die primären AW $J_1 z_1$ und die sekundären AW $J_2 z_2$ sind gleichzeitig vorhanden und suchen

Kraftlinienfelder zu erzeugen. Statt nun diese Einzel-
felder in Gedanken entstehen zu lassen und sie nach-
träglich, wie vorhin, zu vereinigen, kann man auch
gleich die AW vereinigen und an die Stelle der beiden
einzelnen AW ihre Resultierende setzen. Sie ergibt sich,
wenn man $J_1 z_1$ und $J_2 z_2$ im Parallelogramm zusammen-
setzt. Die Wirkung dieser resultierenden AW ist dann
das Feld K_{res} .

24. Der Einfluß der Streuung auf das Transformator- diagramm.

Beim Transformator ist es notwendig, auch auf die
Streuung Rücksicht zu nehmen. Es ist deshalb im folgen-
den die auf S. 35 ff. gegebene
prinzipielle Darstellung der
Zusammensetzung der Felder
und AW in dieser Beziehung
ergänzt und gleichzeitig auf
den Transformator angewandt.

In Fig. 83 geht ein Teil
der Kraftlinien, welche von
 $J_1 z_1$ innerhalb von Spule I
erzeugt werden, nicht durch
die Spule II hindurch, son-
dern bildet ein sog. Streu-
feld (Teil II, S. 85). Das
ganze von $J_1 z_1$ erzeugt ge-
dachte Feld sei Φ_1 , $v_1 \Phi_1$ sei der Teil, der nach der
Spule II herübergeht, $(1 - v_1) \Phi_1$ bedeutet also die ge-
stauten Kraftlinien, das sog. Streufeld I des Stro-
mes J_1 . Ebenso sei das ganze Feld des Stromes J_2 mit
 Φ_2 bezeichnet, $v_2 \Phi_2$ seien die Kraftlinien, die in die
Spule I herüberkommen, $(1 - v_2) \Phi_2$ sei das Streufeld
der Spule II.

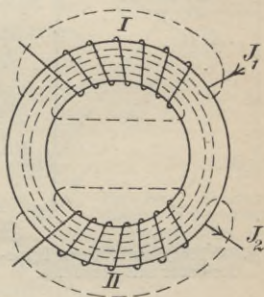


Fig. 83. Eisenring mit zwei mag-
netisierenden Wicklungen und
Streufeldern.

Wirken die beiden Ströme gleichzeitig, so werden in der Spule I gleichzeitig zweierlei Felder erzeugt: Φ_1 von

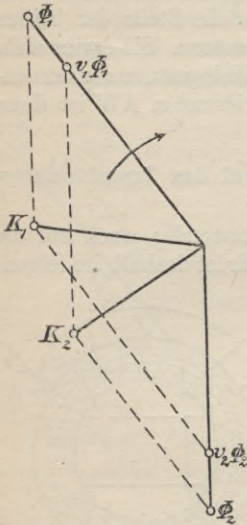


Fig. 84. Diagramm für den Transformator mit Streuung.

J_1 und $v_2 \Phi_2$ von J_2 . Beide Felder, Φ_1 und $v_2 \Phi_2$, setzen sich zu einem resultierenden Feld zusammen. Innerhalb der Spule I ist also (Fig. 84) ein Feld K_1 vorhanden, das sich zusammensetzt aus dem gedachten Feld Φ_1 der AW $J_1 z_1$ und den Kraftlinien $v_2 \Phi_2$, welche von Spule II herübergeschickt werden. Das tatsächliche Feld K_2 innerhalb der Spule II ergibt sich, wenn das gedachte Feld Φ_2 mit dem von Spule I herkommenden $v_1 \Phi_1$ kombiniert wird.

Unter Berücksichtigung der Streuung sind also die Felder K_1 und K_2 in den beiden Spulen nicht mehr gleichgroß und zudem noch in der Phase verschoben.

Ganz genau die gleiche Erwägung gilt für den Transformator, und Fig. 27 stellt das Felddiagramm für den Transformator mit Streuung dar.

25. Das Betriebsdiagramm des Transformators mit konstanter Spannung.

Wenn ein Transformator mit seiner Primärspule am Netz liegt, also mit Strom versorgt wird, dagegen auf der Sekundärseite keinen Strom abgibt, weil eben keine

Stromverbraucher angeschlossen sind, so nennt man das seinen Leerlauf, gerade so, wie man von einem Motor sagt, er laufe leer, wenn er wohl sich in Umdrehung befindet, aber keine mechanische Arbeit abgibt.

Zeichnet man hierfür das Diagramm (Fig. 85), so fallen vor allem die Amperewindungen des Schenkels *II* weg. Es besteht im Schenkel *I* nur das Feld Φ_1 , das auch mit K_1 bezeichnet werden könnte, im Schenkel *II* nur das Feld $v_1 \Phi_1$, das in diesem Fall das Feld K_2 bildet. Beide Felder haben gleiche Richtung. Der Strom der Primärspule J_u , der zur Erzeugung des Feldes K_1 oder im vorliegenden Fall Φ_1 nötig ist, heißt der Leerlauf- oder Magnetisierungsstrom.

In Spule *I* erzeugt Feld Φ_1 eine EMK E_1 , welcher das Gleichgewicht gehalten wird durch eine EMK, die senkrecht auf Φ_1 steht und ihm um 90° vorausläuft (siehe Teil I, S. 102 ff.). In der Spule *II* erzeugt das dort vorhandene Feld $v_1 \Phi_1$ die EMK E_2 . Sie läuft dem Felde $v_1 \Phi_1$, welches gleichgerichtet ist mit Φ_1 , um 90° hinterdrein.

Läßt man nun diese EMK E_2 auf Stromverbraucher wirken, so schickt sie einen Strom J_2 in diese. Dieser Strom kann mit E_2 in Phase sein, er kann auch phasenverschoben sein. Nimmt man den allgemeinen Fall, daß er der EMK nacheilt, so erhält man den Vektor J_2 im Diagramm Fig. 86.

J_2 hat nun in der Sekundärspule des Transformators einen Spannungsabfall $J_2 W_2$ zur Folge. Er ist klein, soll aber im Diagramm in übertriebener Weise berücksichtigt

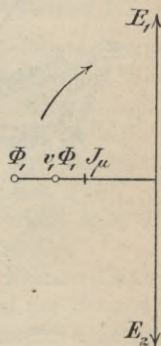


Fig. 85. Leerlaufdiagramm des Transformators ohne Berücksichtigung der Eisenverluste.

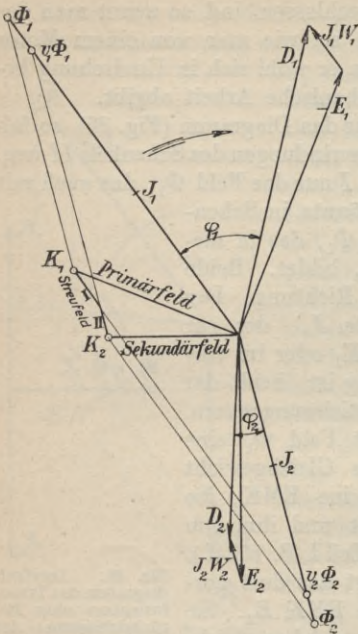


Fig. 86. Diagramm des belasteten Transformators.

werden. Da er in Phase mit dem Strom ist, so ist im Diagramm der Vektor $J_2 W_2$ parallel zu J_2 zu zeichnen. Wird $J_2 W_2$ von E_2 abgezogen, so bleibt D_2 , die sekundäre Klemmenspannung, übrig. φ_2 ist der Phasenwinkel zwischen Strom und Spannung der Sekundärwicklung.

Soll E_2 in der Sekundärwicklung induziert werden, so muß in ihr als wirksames Feld K_2 vorhanden sein, das der E_2 um 90° voreilt und durch Gl. (14), S. 21 mit ihr verknüpft ist:

$$(25) \quad E_2 = 4,44 \cdot N \cdot z_2 \cdot K_2 \cdot 10^{-8} \text{ Volt.}$$

J_2 hat jedoch das Bestreben, Φ_2 zu erzeugen. Wenn nun nicht Φ_2 , sondern K_2 entstehen soll, so muß ein Strom in der Primärwicklung vorhanden sein, der die Tendenz hat, ein Feld Φ_1 zu schaffen. Von diesem Φ_1 kommen dann $v_1 \Phi_1$ Kraftlinien in die Spule II herein, und $v_1 \Phi_1$ zusammen mit Φ_2 ergeben K_2 , nach dem Parallelogramm (Fig. 86).

Von hier aus findet man leicht K_1 , denn seine Komponenten Φ_1 und $v_2 \Phi_2$ sind aus $v_1 \Phi_1$ und Φ_2 ohne weiteres zu ermitteln.

Mit Φ_1 ist auch der Primärstrom im Diagramm gegeben. Die primäre Klemmenspannung ergibt sich auf folgende Weise: Das Feld K_1 induziert in der Primärspule eine EMK E_1 , die ist

$$(26) \quad E_1 = 4,44 \cdot N \cdot z_1 \cdot K_1 \cdot 10^{-8} \text{ Volt.}$$

Diese E_1 muß von der aufgedrückten Klemmenspannung D_1 überwunden werden, damit der Strom J_1 in die Wicklung fließen kann. Außerdem muß die Klemmenspannung den Ohmschen Spannungsverlust $J_1 W_1$ decken. D_1 besteht also aus zwei Komponenten: $-E_1$, das dem E_1 gleich, aber direkt entgegengesetzt ist, und $J_1 W_1$, das phasengleich mit dem Strom ist. So erhält man $D_1 \cdot \varphi_1$ ist der Phasenwinkel zwischen J_1 und D_1 .

Man sieht: der Primärstrom eilt der Primärspannung etwas mehr nach als der Sekundärstrom der Sekundärspannung, und seine Größe nimmt mit der des Sekundärstroms zu.

26. Das Übersetzungsverhältnis des Transformators.

Gl. (25) und (26) gestatten, das Übersetzungsverhältnis eines Transformators festzustellen. Sieht man zunächst von dem Einfluß der Streuung, die beim Transformator sowieso gering und in Fig. 86 übertrieben gezeichnet ist, ab, so sind die beiden Felder K_1 und K_2 als gleich zu betrachten. Aus den beiden Gleichungen ist dann zu entnehmen:

$$(27) \quad E_1 : E_2 = z_1 : z_2,$$

d. h. die induzierten EMKe verhalten sich wie die Windungszahlen. Vernachlässigt man weiter den Ohmschen

Spannungsverlust, der klein ist, so kann man näherungsweise sagen: die Primärspannung verhält sich zur Sekundärspannung wie die primäre Windungszahl zur sekundären.

In Wirklichkeit ist dieses Übersetzungsverhältnis nur bei Leerlauf vorhanden. Je größer die Ströme werden, um so größer werden sowohl die Streufelder als die Ohmschen Spannungsverluste, die beide der Stromstärke in Primär- und Sekundärwicklung proportional sind. Die Sekundärspannung nimmt also, wenn die Primärspannung konstant gehalten wird, mit der Belastung ab. Diese Abnahme bezeichnet man als Spannungsabfall. Er ist bei einem Transformator gering.

Wie beim Generator ist auch hier die Größe des Spannungsabfalls abhängig von der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Je mehr der Strom seiner Spannung nacheilt, um so größer ist der Spannungsabfall bei gleichem Strom, wie man leicht aus dem Diagramm ermitteln kann. Eilt der Strom jedoch vor, so tritt bei einem gewissen Phasenwinkel der Fall ein, daß K_1 und K_2 trotz der Streuung gleich bleiben und schließlich wird K_2 sogar größer als K_1 , so daß statt des Spannungsabfalls eine Spannungserhöhung im Transformator eintritt.

Das Verhältnis der beiden Ströme in Primär- und Sekundärwicklung ist aus dem Diagramm leicht zu entnehmen. Bei vollbelastetem Transformator sind $J_1 z_1$ und $J_2 z_2$ annähernd einander gleich. Es verhalten sich also die Ströme annähernd umgekehrt wie die Windungszahlen:

$$(28) \quad J_1 : J_2 = z_2 : z_1 .$$

Dieses Verhältnis trifft um so weniger mit den Tatsachen überein, je geringer die Belastung ist, je mehr

also verhältnismäßig der Leerlaufstrom zur Geltung kommt.

27. Die Kurzschlußspannung des Transformators.

In den Normalien des V. D. E. für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren ist verlangt, daß bei Transformatoren sowohl der Ohmsche Spannungsverlust als auch die Kurzschlußspannung bei normaler Stromstärke anzugeben sei. Die Bestimmung der letzteren geschieht auf folgende Weise:

Es wird die Sekundärwicklung des Transformators kurzgeschlossen, d. h. es werden ihre Enden direkt miteinander verbunden, nur ein Amperemeter A mit ge-

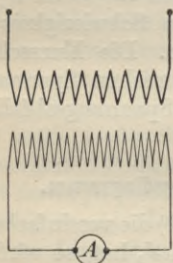


Fig. 87. Kurzgeschlossene Sekundärspule eines Transformators.

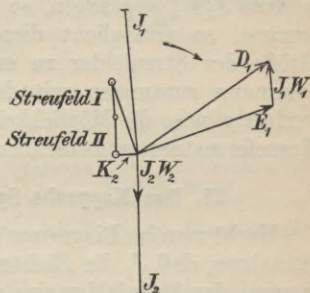


Fig. 88. Diagramm für den kurzgeschlossenen Transformator.

ringem Widerstand wird eingeschaltet (Fig. 87). Sodann reguliert man die Primärspannung so ein, daß gerade der normale Sekundärstrom durch das Amperemeter A angezeigt wird. Dabei ist nun die sekundäre Klemmenspannung natürlich sehr klein, beinahe Null, weil sie den Strom nur durch den Widerstand des Amperemeters zu

treiben hat. Die sekundäre EMK E_2 ist um $J_2 W_2$, den Ohmschen Spannungsverlust in der Sekundärspule, größer. Auch sie ist klein, infolgedessen ist bei diesem Versuch das induzierende Feld K_2 ganz minimal gegenüber dem normalen Betrieb (Fig. 88).

Da aber der Strom J_2 seine normale Größe hat, hat das ihm proportionale Streufeld seine normale Größe. Ebenso natürlich das primäre Streufeld, weil auch J_1 seine normale Größe hat. Das primäre Feld setzt sich also, wie man aus der Fig. 88 entnehmen kann, aus zwei Komponenten zusammen, der Summe der beiden Streufelder und dem kleinen, $J_2 W_2$ entsprechenden Feld K_2 . Wird nun die primäre Spannung, die sog. Kurzschlußspannung D_1 , gemessen und der Ohmsche Spannungsverlust $J_1 W_1$ abgezogen, so daß man die EMK E_1 bekommt, so ermöglicht diese, ohne Schwierigkeit die Größe der Streufelder zu ermitteln. Die Kurzschlußspannung zusammen mit dem Ohmschen Spannungsverlust gibt so die Möglichkeit, den Spannungsabfall des Transformators zu berechnen.

28. Das Kappsche Spannungsdiagramm.

Macht man im Diagramm (Fig. 88) die vereinfachende Annahme, daß J_1 die Richtung von J_2 hat, so wird die Summe der Streufelder eine gerade Linie senkrecht zum Feld K_2 (Fig. 89). E_1 steht senkrecht auf K_1 und läßt sich in zwei Komponenten zerlegen. Die eine, parallel zu J_2 , ist nichts anderes als $J_2 W_2$, wie unschwer einzusehen. Die andere ist die durch die beiden Streufelder induzierte EMK, man heißt sie die Streuspannung, $E_{s_1} + E_{s_2}$. Addiert man zu E_1 noch $J_1 W_1$, so ergibt sich D_1 als Kurzschlußspannung.

Man kann nun auch im Betriebsdiagramm (Fig. 86)

die vereinfachende Annahme machen, daß J_1 ebenso gerichtet sei wie J_2 . Dann wird aus der gebrochenen Linie, welche K_1 und K_2 verbindet und die beiden Streufelder darstellt, eine gerade Strecke, die das Summenstreufeld vorstellt.

Statt nun das Diagramm in der früher geschilderten Weise zu ergänzen, kann man folgendem Gedankengang nachgehen: Man kommt zur primären Klemmenspannung D_1 , wenn man zur sekundären D_2 die beiden Ohmschen Spannungsverluste und die Streuspannung addiert. Im Diagramm (Fig. 90) macht man der Übersichtlichkeit halber das letztere zuerst:

Zu D_2 addiert man die Streuspannung E_s , die senkrecht zum Streufeld, also auch senkrecht zu J_2 verläuft. Sodann addiert man $J_2 W_2$ und $J_1 W_1$

parallel zu J_2 . Die Summe aller dieser Spannungen, also die Linie OD_2 , ist dann D_1 .

Beim Transformator ist D_1 , die zugeführte Spannung, im allgemeinen konstant. Betrachtet man für das folgende (Fig. 91) den Punkt 0 als Ausgangspunkt, so muß der Kreis um 0 mit Radius D_1 ein geometrischer Ort für D_1 sein. Bei gleichbleibendem Stromvektor J_2 ist der Linienzug $OB A J_2$ stets derselbe, da immer $AB = E_s$ senkrecht und $BO = (J_1 W_1 + J_2 W_2)$ parallel zu J_2 und außerdem ihm proportional sind. AC ist dann die Sekundärspannung D_2 .

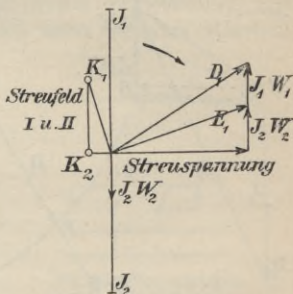


Fig. 89. Diagramm für die Streuspannung des kurzgeschlossenen Transformators.

Will man nun Phasenverschiebung im Diagramm berücksichtigen, so läßt man am besten J_2 in seiner Richtung und dreht den Vektor der Spannung D_2 nach rechts oder links. Bei Phasennacheilung ist D_2 nach links zu zeichnen. Dann gibt der Abschnitt AF die Größe der Sekundärspannung an. Beschreibt man dann mit Radius D_1 noch einen Kreis um A , so gibt der Abschnitt zwi-

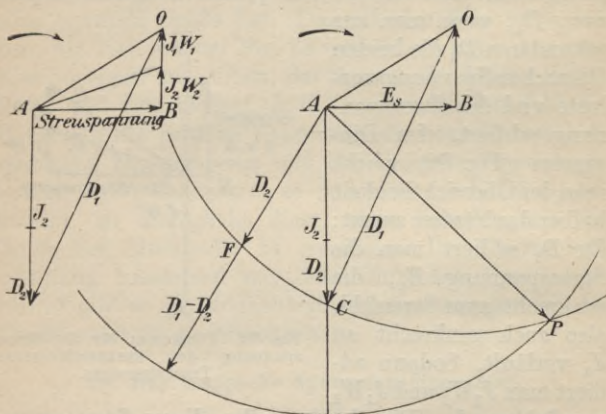


Fig. 90 u. 91. Das Kappsche Spannungsdiagramm.

schen den beiden Kreisen die Differenz zwischen D_1 und D_2 , den Spannungsabfall, an.

Die Kreise schneiden sich in P . Zieht man AP , so sieht man, $AP = D_2$ ist ebenso groß wie D_1 . Außerdem eilt J_2 dem AP in der Phase voraus. Man sieht also, bei einem gewissen Phasenvoreilungswinkel hat man keinen Spannungsabfall und bei noch größerem Voreilungswinkel tritt sogar Spannungserhöhung auf.

29. Das Parallelarbeiten der Transformatoren.

Sehr häufig müssen Transformatoren in der Weise parallel arbeiten, daß sie sowohl primär vom gleichen Netz gespeist werden, als auch sekundär in dasselbe Netz ihren Strom liefern (Fig. 92). Um sie bequem parallel schalten, d. h. die richtigen Klemmen miteinander verbinden zu können, werden die Anschlußklemmen der Transformatoren gleichartig bezeichnet. Sollte man je im Zweifel sein, so kann man durch Verwendung von Phasenlampen (siehe S. 45) sich ohne weiteres Klarheit

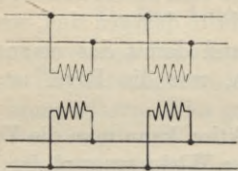


Fig. 92. Transformatoren, die primär und sekundär parallel arbeiten.

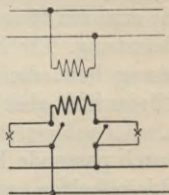


Fig. 93. Phasenlampen zum Parallelschalten von Transformatoren.

verschaffen. Wenn die Lampen der Fig. 93 dunkel sind, kann parallelgeschaltet werden.

Bei Drehstromtransformatoren ist bei der Wahl der Transformatoren außerdem noch Rücksicht auf die Verkettung der Wicklungen zu nehmen. Es können nur entweder Stern—Stern und Dreieck—Dreieck, oder Stern—Dreieck und Dreieck—Stern (siehe S. 60) geschaltete Transformatoren miteinander arbeiten.

Haben die parallelarbeitenden Transformatoren gleiches Übersetzungsverhältnis und gleichartigen Spannungsabfall, so verteilen sie die Belastung ganz selbsttätig gleichmäßig unter sich. Sollte es nicht der Fall sein, so

kann durch Wegnahme oder Hinzufügen einiger Windungen das richtige Belastungsverhältnis hergestellt werden.

30. Die Leistung und der Wirkungsgrad der Transformatoren.

Da der Transformator ein ruhender Apparat ist, kommen in ihm nur Verluste elektrischer und magnetischer Art vor, nämlich die Stromwärmeverluste in den beiden Wicklungen, $J_1^2 W_1$ und $J_2^2 W_2$, sowie die Hysterese- und Wirbelstromverluste, A_{h+w} .

Die ersteren steigen, da sie vom Strom abhängen, mit der Belastung. Die Eisenverluste dagegen sind, wenn die Spannung bzw. die EMK und damit das magnetische Kraftlinienfeld gleichbleiben, was die Regel ist, konstant.

Durch passende Konstruktion kann man die Verluste sehr klein halten, so daß der **Wirkungsgrad** der Transformatoren

$$(29) \quad \eta = \frac{J_2 D_2 \cos \varphi_2}{J_1 D_1 \cos \varphi_1} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\sqrt{3} J_2 D_2 \cos \varphi_2}{\sqrt{3} J_1 D_1 \cos \varphi_1}$$

sehr hoch wird, bei großen Transformatoren bis 98 und 99%. Bei kleinerem Leistungsfaktor ist η etwas niedriger als bei $\cos \varphi = 1$.

Die Transformatoren, welche das ganze Jahr im Betrieb und dabei zum Teil sehr wenig belastet sind, baut man zweckmäßigerweise so, daß die Eisenverluste klein sind. Denn die Eisenverluste sind immer in voller Größe vorhanden, während die vollen Kupferverluste nur selten auftreten. Dadurch wird der sog. **Jahreswirkungsgrad**, das Verhältnis der das Jahr über sekundär abgegebenen KW-Stunden zu den primär zugeführten, günstiger.

Die **Größe der Leistung** der Transformatoren ist sehr verschieden. Vom kleinsten sog. Reduktor, einem Transformator, der nur für eine einzige Glühlampe die Spannung zu reduzieren hat, bis zu Transformatoren für mehrere tausend Kilovoltampere (siehe S. 55) werden alle Größen gebaut.

Was die **Spannung** betrifft, so ist man imstande, Transformatoren bis 500 000 Volt betriebssicher zu bauen, allerdings zunächst nur für Laboratoriumszwecke. Dagegen sind Transformatoren für etwa 150 000 Volt in Netzen für diese Spannung anstandslos im Betrieb.

31. Der Autotransformator.

Handelt es sich bei einem Transformator um ein nur geringes Übersetzungsverhältnis, so läßt sich die Sekundärwicklung sparen. Dies geht aus folgender Überlegung hervor:

Verbindet man bei dem Transformator, der schematisch in Fig. 94 gezeichnet ist, die unteren Enden der beiden Spulen, so läßt sich auf der Wicklung mit der größeren Windungszahl eine Stelle finden, deren Potential in jedem Moment gerade so groß ist, wie das am Anfang der Sekundärwicklung. Man braucht nur dieselbe

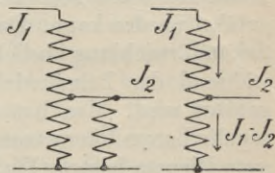


Fig. 94 u. 95. Schema des Autotransformators.

Zahl von Windungen abzuzählen, wie sie die Sekundärspule besitzt. Diese beiden Punkte lassen sich dann wieder miteinander verbinden.

Nun ist ganz klar, daß die zwischen den Verkettungspunkten liegenden Wicklungen überhaupt ineinander hineinschlüpfen können, mit anderen Worten, man kann die

Sekundärwicklung überhaupt entbehren und hat einen Transformator mit Sparschaltung, auch Autotransformator genannt (Fig. 95). In der primären Zuleitung fließt der gleiche Strom, wie er vorher der Primärwicklung zugeflossen ist. Ebenso ist der sekundär abgenommene Strom der gleiche wie vorher. In dem Wicklungsteil, welcher die Kombination von Primär- und Sekundärwicklung darstellt, fließt ein Strom, der kleiner ist als der ursprüngliche Sekundärstrom.

Dies geht daraus hervor, daß beim belasteten Transformator der sekundäre Strom gegen den primären um fast genau 180° verschoben ist. Der Strom der Kombinationswicklung ist demnach fast genau die algebraische Differenz zwischen dem sekundär abgenommenen und dem primär zugeführten Strom.

32. Der Reguliertransformator.

Man kann die Sekundärwicklung eines Transformators an verschiedenen Stellen anzapfen und Verbindungen mit Kontaktstücken herstellen, über die ein Schleifkontakt geführt werden kann. Dann ist man in der Lage, von der Sekundärwicklung beliebige Spannungen abzunehmen, während der Primärwicklung konstante Spannung zugeführt wird. Man hat dann einen Transformator mit regulierbarem Übersetzungsverhältnis, der manchmal sehr gute Dienste leistet (Fig. 96).

Um in engeren Grenzen das Übersetzungsverhältnis beliebig wählen zu können, zapft man die Sekundärwicklung an ihrem einen Ende an verschiedenen Stellen ab und verbindet diese mit besonderen Klemmen am Gehäuse des Transformators (Fig. 97). Durch diese Vorrichtung ist man in der Lage, einen Transformator derselben Konstruktion an verschiedenen Stellen eines weitverzweigten

Hochspannungsnetzes zu gebrauchen. Dort, wo die Spannung des Fernleitungsnetzes etwas höher oder niedriger

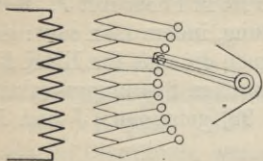


Fig. 96. Schema eines Reguliertransformators.

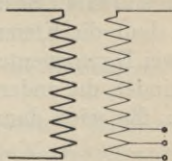


Fig. 97. Transformator mit verschiedenen Anzapfungen auf der Hochspannungsseite.

ist als normal, wählt man ein etwas anderes Übersetzungsverhältnis, so daß die Sekundärwicklung aller Transformatoren dieselbe Spannung in ihr Niederspannungsnetz liefert (vgl. Tafel VIII, Abb. 17 und Tafel IX, Abb. 22).

33. Die Eisenverluste im Transformator diagramm.

In den Diagrammen dieses Bändchens ist auf die Eisenverluste keine Rücksicht genommen, um sie möglichst einfach und übersichtlich zu gestalten. Sie lassen sich indessen ohne Mühe im Diagramm eintragen.

Das Leerlaufdiagramm des Transformators Fig. 98, das der Fig. 85, S. 65 nachgebildet ist, berücksichtigt weder die Kupfer- noch die Eisenverluste. Denn es steht der Vektor der Spannung senkrecht zu dem des Stromes, $\cos \varphi$ ist also Null und das Produkt $J \cdot D \cdot \cos \varphi$ ist ebenfalls Null. Das kann aber in Wirklichkeit nicht sein, vielmehr wird im Transformator, auch wenn er sekundär nicht belastet ist, durch den primären Leerlaufstrom Stromwärme und durch die fortgesetzte Ummagnetisierung des Eisens Hysterese- und Wirbelstromwärme erzeugt. Es muß also J und D einen kleineren Winkel als 90° einschließen.

Die **Kupferverluste** werden von selbst berücksichtigt, wenn man den Ohmschen Spannungsverlust im Diagramm einführt. Er ist JW und ist in Phase mit J . Man erhält dann die Klemmenspannung, indem man sagt: sie hat zwei Komponenten, von denen die eine die EMK E_1 überwindet, die andere den Ohmschen Spannungsverlust deckt. Es wird dann D (Fig. 99) gefunden. J und D

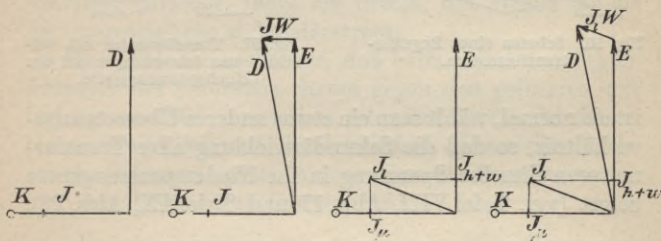


Fig. 98.

Fig. 99.

Fig. 100.

Fig. 101.

Diagramme ohne und mit Berücksichtigung der Eisenverluste.

schließen einen Winkel $< 90^\circ$ ein und es sind die Kupferverluste in der Sekunde $= J \cdot D \cdot \cos \varphi$.

Da nun

$$(30) \quad D \cos \varphi = JW,$$

wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, so ist der Ausdruck $JD \cos \varphi$ identisch mit $J^2 W$.

Die **Eisenverluste** werden üblicherweise so berücksichtigt, daß man im Diagramm Fig. 100 zu dem wattlosen Magnetisierungsstrom J_μ einen sog. Wattstrom J_{h+w} einführt. Er fällt in die Richtung von E und sein Produkt mit E muß die tatsächlichen Eisenverluste A_{h+w} ergeben. Man hat also

$$(31) \quad A_{h+w} = J_{h+w} \cdot E.$$

Daraus ist J_{h+w} zu ermitteln und man erhält einen

Leerlaufstrom J_l aus den zwei Komponenten J_{h+w} und J_μ , wobei J_l mit E einen Winkel $< 90^\circ$ bildet. Schreibt man jetzt den Ausdruck für die Leistung an, so ist

$$(32) \quad A_{h+w} = J_l \cdot E \cdot \cos \varphi,$$

und da $J_l \cos \varphi = J_{h+w}$ ist, so ist die Eisenarbeit durch Gl. (32) richtig ausgedrückt.

Die **Kupfer- und Eisenverluste** berücksichtigt man im Diagramm, wenn man beide Verfahren anwendet (Fig. 101). Zuerst erhält man für die Eisenverluste den Leerlaufstrom J_l , nächher für die Kupferverluste, mit $J_l \cdot W$ in Richtung von J_l , die Spannung D . Der Winkel φ zwischen J_l und D ist natürlich wieder $< 90^\circ$.

Also: die Kupferverluste werden berücksichtigt durch $J_l W$ als Spannungskomponente, die Eisenverluste durch die Stromkomponente J_{h+w} .

Will man die früheren Diagramme bezüglich der Eisenverluste ergänzen, so hat man nichts weiter zu tun, als dem Primärstrom eine Wattkomponente J_{h+w} nach Gl. (31) in Richtung der EMK E_1 hinzuzufügen.

34. Die Drosselspule.

Nimmt man dem Transformator die Sekundärwicklung, so erhält man einen Apparat, den man als Drosselspule bezeichnet. Ihre Eigentümlichkeit besteht darin, daß sie bei kleinem Ohmschen Widerstand und kleinem Strom doch eine große Spannung aufzunehmen oder abzudrosseln imstande ist.

Schaltet man z. B. eine solche Drosselspule vor einen Stromverbraucher, so fließt dessen Strom auch durch die Drosselspule (Fig. 102). Er erzeugt in ihr sowohl einen Ohm-

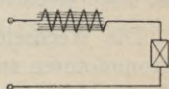


Fig. 102. Drosselspule in Hintereinanderschaltung mit einem Stromverbraucher.

schen Spannungsverlust, als auch eine induzierte EMK. Der erstere ist sehr klein, die letztere groß. Dabei gilt das Diagramm der Fig. 101 ohne weiteres für die Drosselspule. Es zeigt, daß eine Drosselspule eine erheblich viel größere Spannung D verbraucht, als ihrem Ohmschen Widerstand entspricht.

Benötigt nun der Stromverbraucher eine Spannung D_2 , welche erheblich kleiner als die zur Verfügung stehende Gesamtspannung D_1 ist, so läßt man die überschüssige Spannung D von der Drosselspule aufnehmen. Nun könnte man dieselbe Spannung D auch von einem reinen Ohmschen Widerstand aufnehmen lassen. Das hätte aber den großen Nachteil, daß dieser Ohmsche Spannungsverlust in Phase mit dem Strom wäre, also das Produkt $D \cdot J$ ohne einen $\cos\varphi$ direkt einen Effektverlust bedeuten würde. Bei der Drosselspule dagegen ist der verlorene Effekt nur $D \cdot J \cdot \cos\varphi$, wobei $\cos\varphi$ sehr viel kleiner als 1 ist. Er besteht aus geringen Wärme- und Eisenverlusten. Bei der gleichen abgedrosselten Spannung ist der Effektverlust in der Drosselspule bedeutend geringer als im Ohmschen Widerstand.

III. Die Wechselstrommotoren.

35. Die verschiedenen Arten von Wechselstrommotoren.

Die Wechselstrommotoren bestehen wie die Gleichstrommotoren aus zwei Teilen: einem feststehenden und einem drehbaren. Im feststehenden Teil werden durch Amperewindungen magnetische Kraftfelder geschaffen, auf dem drehbaren Teil befindet sich eine von Strom durchflossene Wicklung, und es entsteht durch die Wechselwirkung zwischen jenen Feldern und diesen stromdurchflossenen Leitern ein Drehmoment.

Bei den Gleichstrommotoren wird nun immer sowohl in die feststehende Magnetwicklung als auch in den drehbaren Anker ein Strom geschickt, der einer und derselben Stromquelle entnommen wird. Bei den Wechselstrommotoren ist dies nicht ebenso der Fall.

Bei einer Art von Wechselstrommotoren erhält der eine, in der Regel der feststehende Teil, ein- oder mehrphasigen Wechselstrom zugeführt, der andere, bewegliche Teil dagegen wird mit Gleichstrom versorgt. Es sind dies die sog. **Synchronmotoren**.

Bei anderen erhält überhaupt nur der eine, in der Regel der feststehende Teil ein- oder mehrphasigen Wechselstrom zugeführt, der drehbare Teil dagegen steht mit einer äußeren Stromquelle überhaupt nicht in Verbindung. Es sind das die **Asynchronmotoren** für ein- oder mehrphasigen Wechselstrom, die auch **Induktionsmotoren** genannt werden.

Die dritte Gruppe sind die **Kommutatormotoren**, auch Kollektormotoren genannt. Der rotierende Teil dieser Motoren besitzt einen Kommutator, wie die Gleichstrommotoren. Außerdem unterscheiden sich die meisten Vertreter dieser Gruppe von den zwei anderen Arten der Wechsel- und Drehstrommotoren noch dadurch, daß bei ihnen sowohl dem feststehenden als dem drehbaren Teil Wechsel- oder Drehstrom von außen zugeführt wird.

A. Die Synchronmotoren.

36. Das Drehfeld.

Ein sich drehendes Feld, d. h. magnetische Kraftlinien, die eine drehende Bewegung ausführen, hat man z. B., wenn das Polrad eines Wechselstromgenerators mit

seiner Wicklung und seinen Feldern sich dreht. Unter einem Drehfeld versteht man jedoch in der Wechselstromtechnik ein Feld, das eine Drehbewegung ausführt, während die erzeugenden AW in Ruhe bleiben. Die mit einem von Gleichstrom erregten und sich drehenden Polrad umlaufenden Kraftlinien würde man in diesem Sinne nicht als Drehfeld bezeichnen.

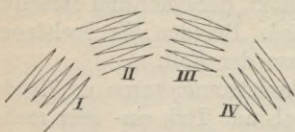


Fig. 103. Die Erzeugung eines Drehfelds.

Ein solches Drehfeld ist am einfachsten auf folgende Weise zu erzielen:

Man legt eine Anzahl von Wicklungen, wie es die Fig. 103 andeutet, nebeneinander, so daß sie einen Kreis miteinander bilden. Dann schiebt man phasenverschobene Wechselströme in die Spulen, derart, daß die Strommaxima der Reihe nach zuerst in Spule I, dann in Spule II, dann in III usw. entstehen. Es tritt dann auch zuerst in I, dann in II, III usw. ein Kraftlinienmaximum auf, und ein Drehfeld bewegt sich von links nach rechts durch die Spulen hindurch.

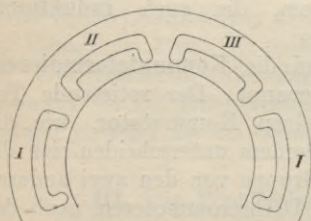


Fig. 104. Die Erzeugung eines Drehfelds durch Drehstrom.

Man kann dies z. B. mit dreiphasigem Wechselstrom erreichen, wenn man immer von drei Spulen die erste an Phase I, die zweite an Phase II und die dritte an Phase III anschließt (Fig. 104).

Schiebt man die Spulen ineinander, wie in Fig. 105,

so erhält man eine Dreiphasenwicklung, wie beim Generator (siehe S. 14, Fig. 19), nur mit dem Unterschied, daß in die vorliegende **Drehfeldwicklung** Strom von außen kommt.

Die Ströme in den Spulen, deren Sinuskurven in Fig. 106 dargestellt sind, haben während einer Halbwelle in 7

aufeinanderfolgenden Zeitpunkten *abcdefg*, die je um den zwölften Teil einer Periode, also bei der Frequenz 50 um $\frac{1}{600}$ Sekunde auseinanderliegen, eine Größe, die aus Fig. 106 zu entnehmen ist.

Zeichnet man nun in die Drahtquerschnitte einer dreiphasigen Wicklung wie in Fig. 107 die Stromrichtungen ein, wie sie sich aus Fig. 106 ergeben, so läßt sich die Verschiebung der Lage des Feldmaximums leicht verfolgen. Sind die Spulen wie in Fig. 105 angeordnet, so wandert das Feldmaximum im Kreise herum und es entsteht ein Drehfeld.

Ein solches Drehfeld hat, je nach seiner Wicklung, eine Anzahl Nordpole und Südpole, und zwar wird von einer Gruppe von drei nebeneinanderliegenden Spulen jedesmal ein Polpaar ausgebildet. Während einer Periode

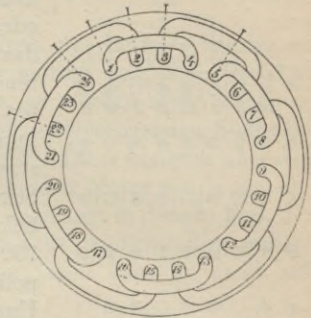


Fig. 105. Wicklung für ein achtpoliges Drehfeld.

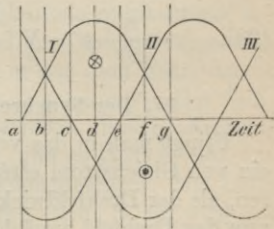


Fig. 106. Sinuskurven für Drehstrom.

bewegt sich das Feld von einer solchen Spulengruppe bis zur nächsten. Hat also die Wicklung vier Spulengruppen,

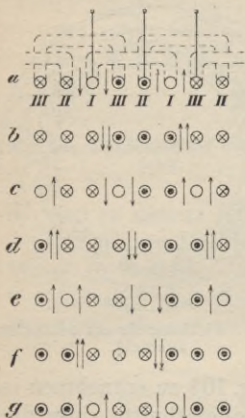


Fig. 107. Die Entstehung des Drehfeldes aus Drehstrom.

dann ist sie für vier Polpaare oder achtpolig gewickelt, und das Drehfeld dreht sich während einer Periode um den vierten Teil einer vollen Umdrehung, also um 90° . Bei Drehstrom von 50 Perioden in der Sekunde macht es also in der Sekunde $12\frac{1}{2}$, in der Minute 750 Umdrehungen. Ein zweipoliges Drehfeld würde 3000 Umdrehungen in der Minute machen. Periodenzahl N , Zahl der Spulengruppen bzw. Polpaare p und minutliche Umdrehungszahl n des Drehfeldes stehen demnach in der Beziehung (siehe S. 32 u. 56)

$$(33) \quad \frac{n}{60} \cdot p = N \quad \text{oder} \quad n \cdot p = 60 \cdot N.$$

37. Der Synchronmotor für Drehstrom.

Bringt man in das vorstehend beschriebene Drehfeld ein von Gleichstrom erregtes Polrad mit so viel Polpaaren, als der Drehfeldwicklung entspricht, und denkt sich nun das Drehfeld zunächst stillstehend, so wird sich das Polrad so einstellen, daß seine Pole mit den entsprechenden Polen des Drehfeldes zusammenfallen. Beginnt das Drehfeld sich zu drehen, so wird das Polrad mitgenommen, falls die gegenseitige Anziehungskraft der Felder groß genug ist. Das Polrad behält dabei eine bestimmte

Stellung zum Drehfeld bei und macht genau die gleiche Zahl von Umdrehungen wie dieses. Es läuft, wie man sagt, **synchron** mit dem Drehfeld. Daher der Name Synchronmotor.

Würde das Polrad während des Betriebs infolge zu großer verlangter Leistung einmal von dem Drehfeld nicht mitgenommen werden, so würden seine Nordpole gleich zu den nächsten ihnen entsprechenden Südpolen des Drehfelds zurückschnappen. Diese könnten aber das Polrad auch nicht mitnehmen. Der Motor würde also allmählich stehenbleiben, und man sagt in diesem Fall, der Synchronmotor sei **aus dem Tritt** gefallen. Eine andere als die synchrone Umdrehungszahl kann er nicht annehmen.

Ein Synchronmotor kann nicht ohne weiteres an ein Drehstromnetz angeschlossen werden. Man muß ihn vielmehr vorher auf die synchrone Umdrehungszahl bringen. Dies geht dann z. B. sehr einfach, wenn der Synchronmotor mit einem Gleichstromgenerator gekuppelt ist und der letztere an ein Netz angeschlossen ist, das noch andere Stromquellen, z. B. eine Akkumulatorenbatterie, besitzt. Zum Inbetriebsetzen wird der Gleichstromgenerator als Motor betrieben, indem er aus dem Netz, das er sonst mit Strom versorgt, Strom entnimmt. Der Synchronmotor wird von ihm angetrieben, in seine Erregerwicklung wird Strom geschickt, und so läuft er nun zunächst als leerlaufender Drehstromgenerator. Mit Hilfe von Voltmeter und Phasenlampen (siehe S. 45) wird der Eintritt des Synchronismus beobachtet und die Maschine wie ein Drehstromgenerator ans Drehstromnetz geschaltet. Sobald dies geschehen ist, kann die Funktion der beiden Maschinen umgedreht und die Gleichstrommaschine durch Verstärken des Erregerstroms (siehe Teil II, S. 56)

zum Generator gemacht werden, der von dem Synchronmotor angetrieben wird und Gleichstrom erzeugt.

Eine andere Art des Anlaufens kann man manchmal bewerkstelligen. Man schaltet den Synchronmotor und den mit ihm, etwa durch eine Fernleitung, verbundenen Drehstromgenerator im Ruhezustand zusammen, erregt beide und läßt nun den Generator anlaufen. Der Synchronmotor setzt sich dann zugleich mit jenem in Bewegung und arbeitet sich mit ihm zusammen auf die Betriebstourenzahl hinauf.

Nach dem Vorstehenden unterscheidet sich der Synchronmotor für Drehstrom in seinem Aufbau vom dreiphasigen Wechselstromgenerator gar nicht.

38. Das Felddiagramm des Synchronmotors.

Ist der Synchronmotor in Betrieb, so befinden sich in ihm zwei sich drehende Felder: das mit dem Polrad verkettete sinusförmig verteilte Feld der Erreger-AW (Gleichstrom) und das in der Drehstromwicklung durch den von außen zugeführten Drehstrom erzeugte Drehfeld. Beide Felder streichen durch die Maschine mit synchroner Umdrehungszahl hindurch.

Selbstverständlich bestehen diese beiden Felder nicht getrennt, sondern sie kombinieren sich zu einem resultierenden Feld, das als allein vorhanden betrachtet werden kann. Dieses resultierende Feld soll im Diagramm Fig. 108 durch K_a dargestellt sein. K_a induziert in der Ankerwicklung eine EMK, die aber nicht als aktive

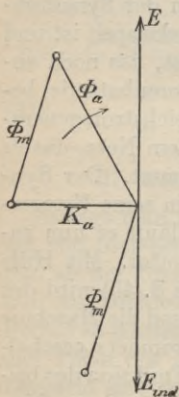


Fig. 108. Felddiagramm für den Synchronmotor.

EMK zur Geltung kommt, vielmehr die Rolle einer Gegen-EMK spielt und von der von außen aufgedrückten Klemmenspannung überwunden werden muß. Läuft die induzierte EMK dem Feld um 90° hinterdrein, so ist die sie überwindende Klemmenspannung ihr direkt entgegengesetzt, also im Diagramm Fig. 108 nach oben anzubringen.

Das Feld K_a entsteht durch das Zusammenwirken zweier anderer, schon oben genannter Felder. Das eine, das Ankerfeld, ist mit den Anker-AW bzw. dem Ankerstrom gegeben. Dieser hat im allgemeinen eine Phasenverschiebung gegenüber seiner EMK, und zwar sei er zunächst nacheilend angenommen. Das Feld, das er erzeugen würde, wenn er allein vorhanden wäre, sei das im Diagramm Fig. 108 gezeichnete Φ_a . Wenn nun nicht dieses, sondern K_a tatsächlich auftritt, so ist durch die Schlußseite des Dreiecks das andere Feld gegeben, das Erregerfeld Φ_m des Polrads. Φ_m und Φ_a zusammen ergeben das wirklich vorhandene Feld K_a .

39. Der Betrieb des Synchronmotors.

In der Regel ist der Synchronmotor an ein Netz mit konstanter Spannung angeschlossen. Es bleibt also seine Klemmenspannung D während des Betriebs gleich. Seine EMK E ist um den Ohmschen Spannungsverlust $J_a W_a$ kleiner als D . Betrachtet man $J_a W_a$ als vernachlässigbar klein, so ist die Größe E im Diagramm als konstant anzusehen. Damit bleibt aber auch K_a gleich, denn beide sind durch die Gl. 9, S. 19 miteinander verbunden. Außer K_a bleibt auch noch die Umdrehungszahl konstant, die durch die Frequenz festgelegt ist (S. 84).

Geändert wird beim Betriebe die mechanische Belastung des Synchronmotors. Eine ihr entsprechende

Leistung muß dem Motor elektrisch zugeführt werden und diese ist als Drehstromleistung durch das Produkt $J_a \cdot D \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3}$ gegeben. D ist nach Obigem konstant, ebenso $\sqrt{3}$, also ändert sich während des Betriebs nur $J_a \cdot \cos \varphi$ und bildet ein Maß für die Belastung des Motors.

Willkürlich kann noch der Erregerstrom vergrößert oder verkleinert werden. Bei einem Gleichstrommotor würde die Veränderung des Erregerstroms einen Einfluß auf die Umdrehungszahl haben. Beim Synchronmotor ist diese unverrückbar durch die Frequenz des Drehstroms gegeben, kann also durch Veränderung des

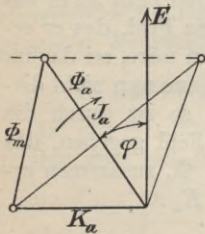


Fig. 109. Felddiagramm für den Synchronmotor bei konstanter Belastung und veränderlicher Erregung.

Erregerstroms nicht geändert werden. Ebenso wenig wird die Leistung des Synchronmotors verändert, denn sie hängt vom verlangten Drehmoment ab; auch nicht das resultierende K_a , denn dieses bleibt mit der EMK E konstant (s. oben). Was für Folgen die Veränderung des Erregerstroms beim Synchronmotor hat, sieht man ohne weiteres aus dem Felddiagramm (Fig. 109).

Läßt man die Belastung unverändert, so bleibt nach dem oben Ausgeführten $J_a \cos \varphi$ gleich. Da J_a und Φ_a einander proportional sind, kann der Vektor Φ_a im Diagramm ohne weiteres auch den Ankerstrom J_a bedeuten. Soll also $J_a \cos \varphi$ oder $\Phi_a \cos \varphi$ bei veränderlichem Φ_m oder J_m konstant bleiben, so muß die Spitze des Felddreiecks auf einer zu K_a parallelen Geraden durch die Spitze von $J_a \cos \varphi$ liegen. Vermindert man nun den Erregerstrom, also die Seite Φ_m des Felddreiecks, so muß sich die Spitze des Dreiecks nach links verschieben,

d. h. Φ_a oder, was dasselbe bedeutet, J_a und der Winkel φ größer werden. Vergrößert man den Erregerstrom J_m , so wandert die Spitze des Dreiecks nach rechts. J_a und φ werden also zunächst kleiner, bis φ verschwindet und $J_a = J_m \cos \varphi$ geworden ist. Wird J_m noch mehr gesteigert, so eilt der Ankerstrom J_a seiner Spannung voraus und wird wieder größer.

Die Veränderung des Erregerstroms bei einem gleichbleibend belasteten Synchronmotor beeinflusst also die

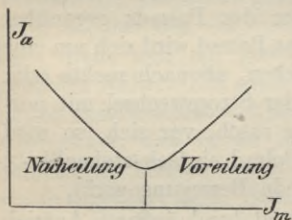


Fig. 110. V-Kurve für den Synchronmotor.

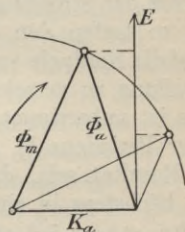


Fig. 111. Felddiagramm für verschiedene Belastung und gleichbleibende Erregung.

Größe des Ankerstroms und seine Phasenverschiebung gegenüber der Spannung. Ist φ voreilend, so nennt man den Synchronmotor **übererregt**. Zeichnet man J_a in seiner Abhängigkeit von J_m auf, so erhält man eine eigentümliche Kurve, Fig. 110, die nach ihrer Form V-Kurve genannt wird (siehe S. 53).

Wird die Belastung verändert, nicht aber der Erregerstrom, so heißt das für das Felddreieck nichts anderes als das, daß seine Spitze auf einem Kreisbogen um O mit dem Radius Φ_m liegen muß (Fig. 111). Die jeweilige Belastung wird durch die Projektion des Vektors Φ_a auf E gemessen.

40. Der einphasige Synchronmotor.

Bringt man in das Feld eines einphasig gewickelten Stators ein Polrad, so hat dieses zunächst keine Tendenz, sich zu drehen. Denkt man sich den Moment, in welchem der Wechselstrom sein Maximum besitzt, so wird das Polrad sich mit seinen Nordpolen gerade gegenüber den Südpolen der Statorwicklung aufstellen. Nimmt der Strom ab, bis auf Null, so bleibt das Polrad stehen. Wächst der Strom nach der umgekehrten Richtung wieder, so treten den Nordpolen des Polrads gegenüber ebenfalls Nordpole auf, und das Polrad wird sich um eine Polteilung zu verschieben suchen, ob nach rechts oder links ist unbestimmt. Geht der Stromwechsel mit normaler Periodenzahl, also sehr rasch, vor sich, so wird das Resultat sein, daß das Polrad einfach stehenbleibt und höchstens in eine zitternde Bewegung gerät.

Bringt man jedoch das Polrad durch äußeren Antrieb auf eine solche Geschwindigkeit, daß ein Südpol des Polrads von einem Nordpol des Stators zum nächsten Südpol gewandert ist, in einer Zeit, in welcher dieser Südpol zum Nordpol geworden ist, so wird die Drehrichtung des Polrads aufrecht erhalten: die sich drehenden Pole des Polrads treffen bei jedem Anwachsen des Stroms im Stator vor sich auf ungleichnamige, die sie anziehen, während die verlassenen Pole des Stators gleichnamig werden, das Polrad also weiter stoßen. Man nennt diese Umdrehungszahl die synchrone und sieht, daß auch der einphasige Synchronmotor seinen Namen mit Recht trägt, insofern als er mit einer anderen Umdrehungszahl nicht in Betrieb erhalten werden kann.

Im übrigen können auf den einphasigen Synchronmotor dieselben Überlegungen Platz greifen, wie auf den

dreiphasigen, so daß es hier genügt, auf die vorhergehenden Seiten zu verweisen.

41. Der Synchronmotor mit rotierendem Anker.

Die in § 37 ff. beschriebenen Synchronmotoren haben feststehende Anker- oder Primärwicklung und umlaufendes Polrad, das von dem ebenfalls umlaufenden Drehfeld synchron mitgezogen wird. Wie bei den Generatoren wird aber auch gelegentlich, aber sehr selten, für die Motoren der Aufbau umgekehrt. Das Magnetgestell steht dann wie bei den Gleichstrommotoren still und innerhalb dreht sich ein genau wie ein Gleichstromanker gebauter Anker. Ein solcher Anker für einen Synchronmotor unterscheidet sich nur dadurch von einem Gleichstromanker, daß er an Stelle des Kommutators drei Schleifringe besitzt, durch die der dreiphasige Wechselstrom zugeführt wird. Sein Aufbau ist genau der gleiche, wie ihn ein Drehstromgenerator mit rotierendem Anker besitzt (siehe S. 33 ff., Figg. 50 ff.).

Im Anker eines solchen Synchronmotors für Drehstrom entsteht natürlich durch den zugeführten Drehstrom ein Drehfeld, das sich durch den Anker mit derselben Geschwindigkeit [Gl. (33), S. 84] hindurchbewegt, wie beim Drehstromsynchronmotor mit feststehendem Anker. Dem feststehenden Magnetgestell gegenüber muß nun der Anker immer die gleiche Stellung einnehmen, d. h. unter einem bestimmten Pol müssen immer gleichsinnig von Strom durchflossene Drähte sich befinden, mit anderen Worten: das Drehfeld muß im Raume stillstehen, wenn der Motor seine synchrone Drehzahl besitzt. Das ist der Fall, wenn der Anker mit derselben Umdrehungszahl, aber im umgekehrten Sinne wie das Drehfeld umläuft.

Für Anlassen und Betrieb gelten sinngemäß die gleichen Ausführungen, wie für den gewöhnlichen Synchronmotor. Während diese Maschine als Synchronmotor sehr selten gebaut wird, ist sie mit geringer Ergänzung als Einankerumformer viel in Verwendung (siehe S. 133 f.).

B. Die Asynchr nmotoren.

42. Der Asynehronmotor für Drehstrom.

Bringt man in ein Drehfeld einen drehbaren zylindrischen Körper, der wie der Anker einer Gleichstrommaschine aus Eisenblechen aufgebaut ist, und der auf seinem Mantel Kupferstäbe trägt (Fig. 112), so erhält man

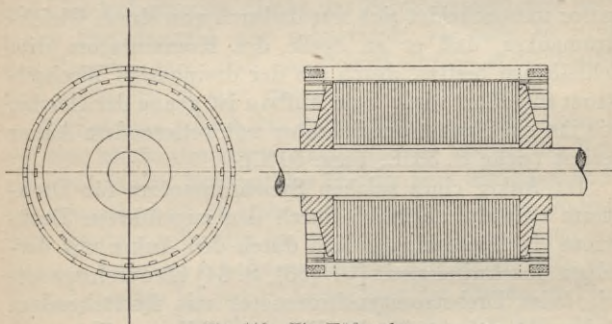


Fig. 112. Ein Käfiganker.

einen Asynchronmotor. Seine Wirkungsweise beruht auf Vorgängen, die in Teil I, S. 82 kurz geschildert sind. Die Kraftlinien des Drehfeldes streichen durch die Stäbe des zunächst ruhenden Körpers hindurch, schneiden sie und rufen dadurch in ihnen elektromotorische Kräfte hervor. Die Stäbe sind unter sich zu einem geschlossenen Kreise verbunden, so daß die induzierten EMKe unmittel-

bar Ströme erzeugen können. Da diese stromdurchflossenen Leiter sich in einem Feld, eben dem induzierenden Drehfeld, befinden, so erfahren sie eine mechanische Zugkraft, und der sie tragende Eisenkörper, der sog. **Rotor** oder **Läufer**, wird in Umdrehung versetzt. Der ruhende Teil des Motors, der die Wicklung für das Drehfeld trägt, wird **Stator** oder **Ständer** genannt. Nicht selten wird der letztere, dessen Wicklung von außen Strom erhält, der primäre Teil (Primäranker) genannt und der Rotor als sekundärer Teil oder Sekundäranker bezeichnet (Tafel X bis XII).

Bewegt sich ein zweipoliges Drehfeld, wie es in Fig. 113 angedeutet ist, im Uhrzeigersinn durch die Stäbe des Rotors, so haben die in ihnen induzierten EMKe und ihre Ströme, nach der Dreifingerregel der rechten Hand (Teil I,

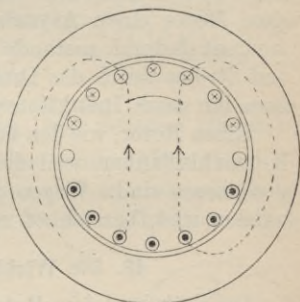


Fig. 113. Der Rotor im zweipoligen Drehfeld.

S. 21), die in der Figur angedeutete Richtung. Wie sich mit der Dreifingerregel der linken Hand (Teil I, S. 78) leicht bestimmen läßt, werden die Stäbe ebenfalls im Uhrzeigersinn fortgetrieben; der Rotor wird vom Drehfeld mitgenommen.

Sobald der Rotor sich gleichsinnig mit dem Drehfelde bewegt, ist die Relativbewegung zwischen den Rotorstäben und dem Drehfeld nicht mehr so groß, wie im Ruhezustand, die induzierten EMKe und damit auch die Ströme im Rotor werden kleiner. Würde sich die Bewegung des Rotors bis zum Synchronismus steigern, d. h.

würde er ebenso schnell wie das Drehfeld rotieren, so würde eine Relativbewegung zwischen Kraftlinien und Rotorstäben überhaupt nicht mehr stattfinden, die Induktion einer EMK würde aufhören, der Strom in den Stäben und damit die Zugkraft verschwinden. Um also die Bewegung des Rotors aufrechtzuerhalten, muß die Drehgeschwindigkeit des Rotors geringer sein als die des Drehfeldes, der Rotor muß **Schlüpfung** haben. Er kann nicht synchron laufen. Man nennt deshalb einen solchen Motor einen **Asynchronmotor**. Weil sein Drehmoment dadurch zustande kommt, daß im Rotor EMKE und Ströme durch das Drehfeld induziert werden, nennt man ihn auch **Induktionsmotor**.

Einen Rotor, wie den beschriebenen, nennt man einen **Kurzschlußanker**, weil die Drähte alle unter sich kurzgeschlossen sind. Wegen der Art, wie seine Stäbe verbunden sind, bezeichnet man ihn auch als **Käfiganker**.

43. Die Wicklung des Rotors.

Die Stäbe auf dem Rotor müssen so miteinander verbunden sein, daß sie einen oder mehrere in sich geschlossene Stromkreise bilden. Dies wird auf zwei verschiedene Arten erreicht.

Einmal kann man die Enden sämtlicher Stäbe auf beiden Stirnseiten der Trommel je mittels eines Kupfer-rings in leitende Verbindung bringen. Man erhält dann den **Käfiganker** (Fig. 112 und Tafel X, Abb. 26).

Ein anderer Weg ist, diese Stäbe so miteinander zu verbinden, daß sie eine dreiphasige Wicklung bilden, die ebensoviel Pole als das Drehfeld hat. Die sechs Enden der drei Phasen dieser Wicklung werden dann miteinander verkettet und so verbunden, daß ein Strom in der Wicklung zustande kommt. Wird diese Verbindung ohne weite-

res innerhalb des Ankers vorgenommen, so hat man einen sog. **Kurzschlußanker mit Phasenwicklung**. Die Wicklung eines Phasenankers zeigt in schematischer Darstellung Fig. 114, vgl. Taf. X, Abb. 27.

Bei dieser Verkettung ist zu beachten, daß einfache Dreieckschaltung der drei Phasen nicht genügt. Die EMKe der drei Phasen bilden in dem Dreieck in jedem Moment miteinander die Summe Null, also entsteht kein Strom. Die Eckpunkte des Dreiecks müssen noch besonders verbunden werden (Fig. 115).

Bei Sternschaltung ist klar, daß zum ursprünglichen Verkettungspunkt hin noch die drei Wicklungsanfänge verbunden werden müssen (Fig. 116).

Die Verkettung wird bei größeren Motoren so ausgeführt, daß zwar die Anfänge der drei Wicklungen im Rotor verkettet, die drei freien Enden aber an drei

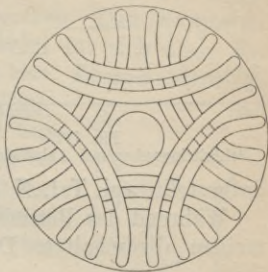


Fig. 114. Schema der Wicklung eines vierpoligen Phasenankers.

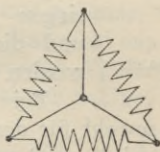


Fig. 115. Kurzschlußanker mit Dreieckschaltung.

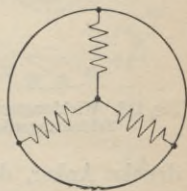


Fig. 116. Kurzschlußanker mit Sternschaltung.

Schleifringe geführt werden. Auf diesen schleifen Bürsten, welche ihrerseits mit den Kontakten eines in Sternschaltung angeordneten Widerstandes verbunden sind (Fig. 117). Dieser Widerstand dient vor allem zum Anlassen des Motors, gelegentlich auch zur Regulierung der

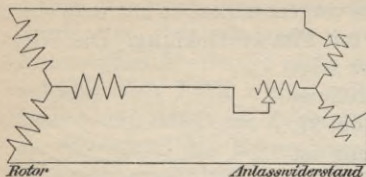


Fig. 117.

Schleifringanker mit Anlaßwiderstand.

dargestellt, vgl. Taf. X, Fig. 27 und Taf. X bis XII.

Während des Betriebes ist der Widerstand im allgemeinen abgeschaltet. Der Strom fließt aus der Rotorwicklung über die Bürsten zu den kurzgeschlossenen Kontakten des Anlaßwiderstandes und wieder zurück. Bei vielen Motoren ist nun die Einrichtung getroffen, daß nach dem Anlassen die Rotorwicklung vor oder in den Schleifringen kurzgeschlossen wird und die Bürsten abgehoben werden können.

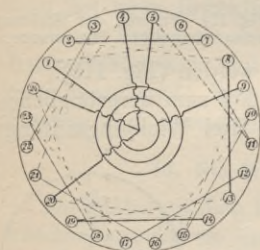


Fig. 118. Wicklungsschema eines Schleifringankers.

Bei Benutzung des Ausdrucks Anker, der sowohl für den Ständer als für den Läufer angewendet wird, muß man sich vor Mißverständnissen hüten.

44. Das Felddiagramm des Asynchronmotors ohne Streuung.

Die Betriebsverhältnisse des Asynchronmotors für Drehstrom werden am leichtesten durch das Felddiagramm deutlich.

Zunächst soll angenommen werden, der Motor habe

Umdrehungszahl (vgl. S. 108 ff.). Man nennt einen solchen Rotor einen **Schleifringanker**. In Fig. 118 ist Sternschaltung für einen vierpoligen Rotor mit Schleifringen

keine Streuung. Wenn er im Betriebe ist, fließen im Stator und Rotor Ströme J_1 und J_2 , deren AW Drehfelder Φ_1 und Φ_2 zu erzeugen suchen. Daß der Strom, der in den Statorwicklungen fließt, für sich allein ein Drehfeld Φ_1 erzeugen würde, ist klar. Ebenso entspricht aber auch dem Rotorstrom ein Drehfeld Φ_2 . Wie aus der Fig. 119 hervorgeht, hat das vom Rotorstrom erzeugte Feld immer eine Richtung, die senkrecht steht zu dem die Rotorstäbe induzierenden Drehfeld, ihm also um 90° hinterdrein läuft.

Die im Rotor erzeugte EMK hat nur bei Stillstand eine Periodenzahl, die gleich der des Primärstroms N_1 ist. Sobald der Rotor sich, mitgenommen vom Statorfeld, dreht, wird die Periodenzahl seiner EMK kleiner. Bei Synchronismus wäre sie Null. Läuft der Rotor mit n_2 Umdrehungen pro Minute, das Statorfeld mit n_1 , so ist die Periodenzahl N_2 der Rotor-EMK proportional der Schlüpfung $(n_1 - n_2)$, also

$$(34) \quad N_2 = \frac{n_1 - n_2}{n_1} N.$$

Im Rotoreisen läuft also das vom Rotorstrom erzeugte Feld mit einer Umdrehungszahl $(n_1 - n_2)$ um. Der Rotor dreht sich selbst aber in derselben Richtung mit der Drehzahl n_2 . Also läuft das Feld Φ_2 , das der Rotor für sich allein erzeugen würde, ebenfalls mit der Geschwindigkeit des Statorfeldes um.

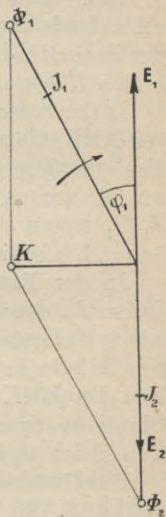


Fig. 119. Felddiagramm für den Drehstrommotor ohne Streuung.

Da die beiden Drehfelder Φ_1 und Φ_2 gleichzeitig da sind, so setzen sie sich zu einem resultierenden Drehfeld K zusammen. Dieses allein ist als in Wirklichkeit vorhanden zu betrachten, die beiden anderen sind seine Komponenten, vgl. Fig. 82, S. 62.

Man erhält also das Felddiagramm der Fig. 119. Das umlaufende resultierende Feld K erzeugt in jeder Phase der Sekundär- und der Primärwicklung EMKe, die 90° hinter K dreinlaufen.

In der Statorwicklung spielt diese die Rolle einer Gegen-EMK, die zugeführte Spannung muß sie überwinden, also eine Komponente E_1 besitzen, welche dem Feld K um 90° vorausläuft (siehe Fig. 119). Vernachlässigt man $J_1 W_1$ wegen der Kleinheit des Statorwiderstandes, so kann E_1 als die Primärspannung betrachtet werden.

In der Rotorwicklung erzeugt die EMK E_2 einen Strom J_2 , der in Phase mit ihr ist, weil er nur den Ohmschen Widerstand des Rotors und ev. des angeschlossenen Anlaßwiderstandes, zusammen W_2 , zu durchlaufen hat. Die EMK E_2 wird also ganz zur Überwindung des Ohmschen Spannungsverlustes verbraucht, ist also einfach gleich $J_2 W_2$.

Das Drehmoment ist proportional dem Produkt $K \cdot J_2$ (Teil I, S. 79). Ist die Primärspannung, also E_1 , konstant, dann muß K im Betrieb einen gleichbleibenden Wert behalten. Wenn die Belastung steigt, muß also J_2 größer werden. Dies ist nur möglich, wenn die Schlüpfung und damit E_2 größer wird. Wenn J_2 größer wird, muß nach dem Diagramm natürlich auch J_1 größer werden. Dabei wird mit wachsender Belastung der Phasenverschiebungswinkel φ_1 zwischen J_1 und E_1 kleiner, der Leistungsfaktor $\cos \varphi_1$ also günstiger.

└ Nach diesem Diagramm ist E_2 beim Anlaufen am

größten, weil das Drehfeld K die größte Relativgeschwindigkeit im Rotor besitzt. Damit ist natürlich auch J_2 und das Drehmoment am größten. Dies stimmt nun mit den Tatsachen nicht überein. Vielmehr ist bei den normalen Drehstrommotoren ohne besondere Vorkehrungen das Drehmoment bei Stillstand durchaus nicht am größten. Im Gegenteil, es kann vorkommen, daß ein Motor mit Kurzschlußanker, der im Betrieb vollkommen genügt, beim Anlassen ein zu geringes Drehmoment entwickelt und unter Belastung nicht anläuft. Woher das kommt, darüber gibt das Felddiagramm, das die wegen des Luftspaltes ziemlich beträchtliche Streuung berücksichtigt, Aufschluß (vgl. S. 104).

45. Das Felddiagramm des Asynchronmotors mit Streuung.

Man geht aus von dem resultierenden Drehfeld K_2 , das durch den Rotor und seine Wicklung hindurchgeht. Es induziert in der letzteren eine EMK E_2 , die um 90° hinter K_2 herläuft. Diese erzeugt in der Wicklung einen Strom J_2 , der in Phase mit ihr ist, da ein Grund zu einer Phasenverschiebung nicht vorliegt. J_2 seinerseits sucht nun ein Drehfeld Φ_2 zu schaffen, das mit ihm, also auch mit E_2 in Phase ist, also dem K_2 um 90° hinterdrein läuft.

Bedeutet in Fig. 120 Φ_2 das Feld, welches vom Rotorstrom und dessen AW erzeugt würde, wenn sie allein da wären, so bedeutet die dazu senkrechte Linie K_2 das wirklich vorhandene resultierende Rotorfeld, von dem die EMK in den Rotorstäben herrührt. Es entsteht aus dem Zusammenwirken von Φ_2 mit den von den Stator-AW herrührenden Kraftlinien. Es muß also $v_1 \Phi_1$ dieses vom Stator herrührende gedachte Feld bedeuten.

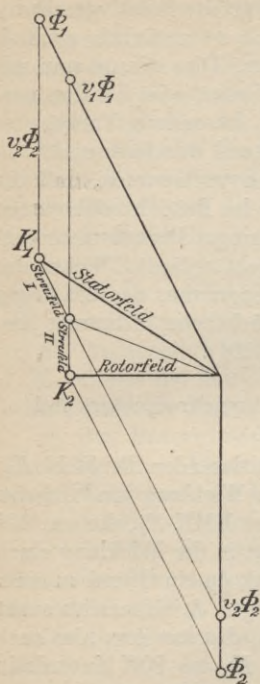


Fig. 120. Felddiagramm für den Drehstrommotor mit Streuung.

Nun ist $v_1 \Phi_1$ nur derjenige Teil des gedachten Statorfelds, der vom Stator in den Rotor übertritt. Im Stator selbst würde durch die Stator-AW das etwas größere Feld Φ_1 erzeugt werden. Das im Stator wirklich vorhandene Feld K_1 erhält man nun, wenn man das gedachte Statorfeld Φ_1 mit demjenigen Teile des gedachten Rotorfelds $v_2 \Phi_2$, der aus dem Rotor in den Stator übertritt, zusammensetzt. Man sieht, das resultierende Rotorfeld ist nicht identisch mit dem resultierenden Statorfeld.

Die Streufelder sind aus der Figur ebenfalls ersichtlich. Es bedeutet Streufeld I diejenigen Kraftlinien, welche aus dem Stator nicht in den Rotor übertreten, Streufeld II diejenigen, welche vom Rotor nicht in den Stator übergehen.

46. Das Stromdreieck des Asynchronmotors.

Man kann aus dem Diagramm der Fig. 120 das sog. Stromdreieck herauschälen, das die drei Ströme: Statorstrom J_1 , Rotorstrom J_2 und Leerlaufstrom J_0 enthält.

Das Feld $v_1 \Phi_1$ verläuft so, daß es sowohl die Statorwicklung als die Rotorwicklung durchsetzt. Genau eben-

Man kann also das Dreieck auffassen als ein Stromdreieck, in welchem AB und AC direkt den Statorstrom und den Leerlaufstrom, BC den Rotorstrom multipliziert mit

$$v_1 \cdot \frac{z_2}{z_1} \text{ darstellt.}$$

Dieses Dreieck ist die Grundlage des von Heyland zuerst angegebenen und seither vielfach modifizierten **Heylandschen Kreisdiagramms**, das eine bequeme Übersicht über sämtliche für den Asynchronmotor wichtige Größen, wie Drehmoment, primär zuzuführende Leistung, Ströme bei verschiedenen Belastungen, Schlüpfung, gewährt (vgl. S. 105f.).

47. Das Drehmoment und die Umdrehungszahl des Asynchronmotors.

Auch ohne das Heyland-Diagramm läßt sich, wenigstens näherungsweise, über das Drehmoment Aufschluß erhalten, wenn man das Felddiagramm der Fig. 120, S. 100 zugrunde legt. Da das Drehmoment proportional dem Produkt aus Rotorstrom und resultierendem Rotorfeld ist, so ist $J_2 \cdot K_2$ ein Maß für das Drehmoment (vgl. Teil I, S. 79).

Dreieck ACD (Fig. 121 und 122) ist unter allen Umständen bei D rechtwinklig, weil E_2 immer senkrecht auf K_2 steht und J_2 in Phase mit E_2 ist. Die Hypotenuse ist proportional K_1 , also konstant, wenn die zugeführte Spannung E_1 konstant ist. Der Eckpunkt D liegt also jedenfalls auf einem Halbkreis über AC (Fig. 122).

Nun läßt sich nachweisen, daß CD proportional J_2 ist. Es ist nämlich in Fig. 121 bzw. 120

$$(44) \quad BD = \Phi_2, \quad \text{also}$$

$$(45) \quad BC = v_1 \cdot v_2 \Phi_2 \quad [\text{vgl. Gl. (38)}],$$

$$(46) \quad CD = (1 - v_1 v_2) \Phi_2$$

oder

$$\sim (1 - v_1 v_2) J_2 .$$

AD bedeutet K_2 , also ist der Inhalt des Dreiecks ACD ein Maß für das Drehmoment. Man sieht nun folgendes:

Wenn J_2 klein ist, ist auch CD klein, K_2 dagegen ist groß, nämlich beinahe $= AD$, weil eben die Streufelder noch klein sind. Wächst J_2 , so wird mit ihm auch CD groß; die andere Kathete des Dreiecks, das Feld K_2 , nimmt also ab. Der Grund ist die zunehmende Größe

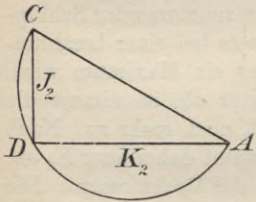


Fig. 122. Diagramm für das Drehmoment des Asynchronmotors.

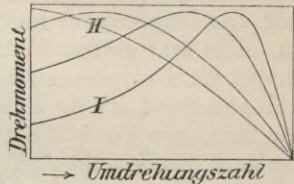


Fig. 123. Kurven des Drehmoments abhängig von der Schlüpfung und dem Widerstand.

der Streufelder. Das Drehmoment nimmt als Produkt von CD und AD zu. Schließlich erreicht das Drehmoment ein Maximum, dann nämlich, wenn $CD = AD$ geworden ist. Läßt man den Strom J_2 noch größer werden, dann nimmt AD so viel ab, daß das Produkt $J_2 \cdot K_2$ wieder kleiner wird, und zuletzt könnte man sich ein sehr großes J_2 denken, bei dem trotzdem das Drehmoment minimal wäre, weil wegen der sehr großen Streuung das in dem Rotor vorhandene Feld K_2 sehr klein wäre.

Man entnimmt dem Vorstehenden: Der Strom im Rotor J_2 darf nur bis zu einem maximalen Wert zunehmen. Wenn er größer ist, trägt der Überschuß nur zur Verkleinerung des Drehmomentes bei. J_2 ist am klein-

sten bei synchronem Lauf, nämlich Null. Gleichzeitig ist K_2 am größten. Ein Drehmoment ist nicht vorhanden. Aus diesem Grunde ist ein synchroner Lauf nicht möglich. Der Rotor muß immer langsamer laufen als das Drehfeld. Die Kraftlinien des Drehfeldes schneiden also die Rotorstäbe und erzeugen in ihnen EMKe. Diese rufen den Rotorstrom hervor und der nimmt auch bei kleiner Schlüpfung und kleiner induzierter EMK einen großen Wert an, weil der Widerstand des Rotors klein ist. Es steigt also mit abnehmender Umdrehungszahl des Rotors, oder anders ausgedrückt, mit zunehmender Schlüpfung, das Drehmoment rasch, bis es bei einer bestimmten, nicht sehr großen Schlüpfung ein Maximum wird. Nimmt die Umdrehungszahl weiter ab, so nimmt die Schlüpfung und mit ihr E_2 und J_2 noch mehr zu. Nach dem Diagramm Fig. 122, S. 103 nimmt dabei aber K_2 ab, also auch das Produkt $J_2 K_2$ und das Drehmoment. Die Kurve des Drehmoments sinkt bei Stillstand, wo E_2 und J_2 ein Maximum sind, auf einen sehr kleinen Betrag. Der Motor hat nur ein ganz geringes Anzugsmoment (Kurve I in Fig. 123). Vgl. hierzu S. 99.

Es ist aber einleuchtend: Man braucht nur dafür zu sorgen, daß der Strom J_2 beim Anlaufen einen kleineren Betrag annimmt, und das Anzugsdrehmoment wird wieder größer. Zu diesem Zwecke kann man bei den Schleifringankern den Regulierwiderstand benutzen. Beim Anlaufen, solange die induzierte EMK im Rotor sehr groß ist, drückt man durch Einschalten von Widerstand den Rotorstrom soweit als nötig herunter und erhält dann ein kräftiges Anzugsmoment. Wird nun die Umdrehungszahl größer, die EMK also kleiner, so sinkt J_2 und das Drehmoment (Kurve II, Fig. 123). Man kann aber J_2 wieder steigern, wenn man den eingeschalteten Wider-

stand verkleinert, und so kommt man dazu, den Widerstand mit der zunehmenden Umdrehungszahl allmählich auszuschalten, bis er schließlich kurzgeschlossen werden kann.

48. Das Heylandsche Kreisdiagramm.

Heyland hat gezeigt, daß die Spitze B des Stromdreiecks der Fig. 121 auf einem Kreis liegt, dessen Durchmesser zu dem Leerlaufstrom AC in einer ganz einfachen Beziehung steht. Man ziehe in Fig. 124, die das

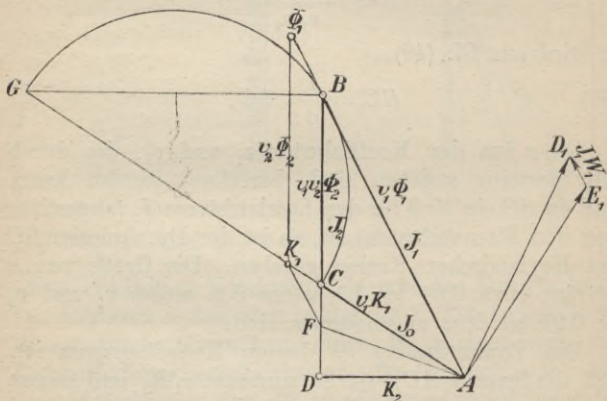


Fig. 124. Die Spitze des Stromdreiecks liegt auf einem Halbkreis.

Stromdreieck mit der ursprünglichen Bedeutung seiner Seiten enthält, BG senkrecht zu DB , also parallel zu AD , dann ist natürlich

$$(47) \quad GC : AC = BC : DC.$$

Nun ist

$$BC = v_1 \cdot v_2 \cdot \Phi_2 \quad [\text{s. Gl. (38), S. 101}],$$

$$\begin{aligned} CF &= v_2 \Phi_2 - v_1 v_2 \Phi_2, \\ &= (v_2 - v_1 v_2) \Phi_2, \end{aligned}$$

also

$$(48) \quad DC = (1 - v_1 v_2) \Phi_2 \quad [\text{s. Gl. (46), S. 103}],$$

und so wird aus Gl. (47):

$$(49) \quad GC = \frac{v_1 v_2 \Phi_2}{(1 - v_1 v_2) \Phi_2} \cdot AC.$$

Führt man noch ein

$$\sigma = \frac{1 - v_1 v_2}{v_1 v_2},$$

so wird aus Gl. (49)

$$(50) \quad GC = \frac{1}{\sigma} \cdot AC.$$

Da σ aus den Koeffizienten v_1 und v_2 , die durch die Streuung gegeben sind, berechnet werden kann, und da AC ein Maß für den Leerlaufstrom J_0 (abgesehen von den Eisenverlusten) ist, so ist der Durchmesser GC des Heylandschen Kreises gegeben. Die Größe von σ beträgt etwa 0,04 bis höchstens 0,2, wobei v_1 und v_2 zu 0,91 bis 0,98 angenommen sind.

Die Voraussetzung zu diesem Kreisdiagramm ist, daß die Strecke AC , welche zunächst $v_1 K_1$ und davon abgeleitet den Leerlaufstrom bedeutet, konstant ist. Dies ist nur der Fall, wenn in allen Betriebsverhältnissen das Statorfeld K_1 und damit die zu ihm senkrecht stehende primäre EMK E_1 gleich bleibt. In Wirklichkeit ist dies nicht genau der Fall. In der Regel ist D_1 konstant und E_1 , das um $J_1 W_1$ kleiner als D_1 ist, sinkt mit wachsendem Strom J_1 .

In erster Linie dient der Heylandsche Kreis dazu, Primär- und Sekundärstrom in einfacher Weise zu er-

mitteln. AB bedeutet im gleichen Maßstab wie J_0 den Strom J_1 , BC im gleichen Maßstab muß noch multipliziert werden mit $v_1 \frac{z_2}{z_1}$, um J_2 zu ergeben (s. S. 101). Ebenso läßt sich der $\cos \varphi_1$ aus dem Diagramm ermitteln, beides allerdings ohne Berücksichtigung der

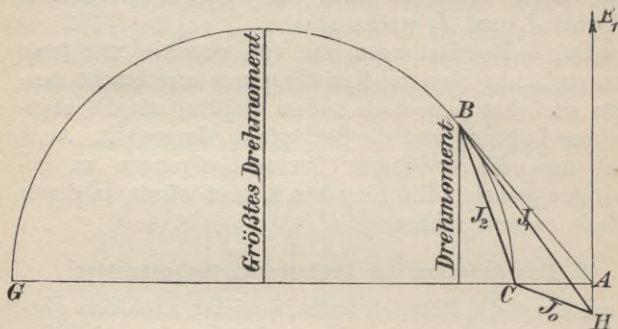


Fig. 125. Der Heylandsche Kreis.

schon erwähnten Kupferverluste und der Eisenverluste. Die letzteren lassen sich in der auf S. 77 f. angegebenen Weise durch Hinzufügen einer Wattkomponente des Leerlaufstroms berücksichtigen. Im Diagramm Fig. 125 ist das Verhältnis von AC zu GC etwas mehr den wirklichen Verhältnissen angepaßt als in den vorhergehenden Figuren. Gleichzeitig ist die eben erwähnte Wattkomponente AH so eingetragen, daß die Strecke HB den Primärstrom, HC den Leerlaufstrom einschließlich der Eisenverluste gibt.

In zweiter Linie gibt der Kreis das gleiche, was der Kreis des vorigen Abschnittes zeigte. Auch das Dreieck GBC (Fig. 124) ist, weil ähnlich dem ACD , ein Maß

für das jeweilige Produkt $J_2 \cdot K_2$, also für das Drehmoment. Da das Dreieck in jeder Lage dieselbe Grundlinie, den Durchmesser GC , besitzt, so ist seine Höhe ein Maß für das Drehmoment, und man sieht ohne weiteres (Fig. 125), daß es im höchsten Punkt des Kreises ein Maximum hat. Wandert die Spitze des Dreiecks am Kreise weiter, so sinkt das Drehmoment wieder, obwohl J_1 und J_2 wachsen.

[Durch Erweiterungen, die von verschiedener Seite am einfachen Heyland-Kreisdiagramm angebracht worden sind, hat man noch andere Größen, wie die abgegebene Leistung und die Schlüpfung, dargestellt. Auch hat man die erwähnten Vernachlässigungen zu beseitigen gesucht. Ein Eingehen hierauf würde an dieser Stelle zu weit führen.

49. Das Anlassen des Drehstromasynchronmotors.

Solange der Rotor stillsteht, streichen nach dem Einschalten die Kraftlinien des Drehfelds mit großer Geschwindigkeit durch die Wicklung des Rotors. Es muß nun verhindert werden, daß durch die dabei induzierte EMK übermäßig hohe Ströme im Sekundär- und Primärkreis entstehen, und zwar nicht bloß, um das Netz vor dem kräftigen Stromstoß zu schützen, die Leitungen nicht zu stark zu beanspruchen und die Stromwärme nicht zu groß werden zu lassen, sondern vor allem auch, um ein gutes Anzugsmoment zu erhalten.

Die in der Regel angewandte Anlaßmethode ist schon anlässlich des Diagramms auf S. 104 besprochen. Sie besteht im Einschalten von **Widerstand in den Stromkreis des Schleifringankers**, allmähliches Verkleinern und schließliches Abschalten dieses Widerstands. Zuletzt wird dann noch der Rotor kurzgeschlossen, indem man

die Schleifringe direkt miteinander verbindet (Fig. 126).

Die Konstruktion dieser Anlasser ist ähnlich wie bei Gleichstrom. Man baut sie mit Flüssigkeits- und Metallwiderständen, letztere bei großen Leistungen mit Ölkühlung. Die Kontakte sind entweder kreisförmig oder auf einer Steuerwalze (Kontroller) angeordnet. Bei großen Motoren unbedingt, bei kleinen vielfach werden die Steuerbewegungen zum Anlassen in irgendeiner Weise zwangsläufig miteinander verbunden: Einschalten, langsame Vorwärtsbewegung der Anlaßkurbel, Kurzschließen

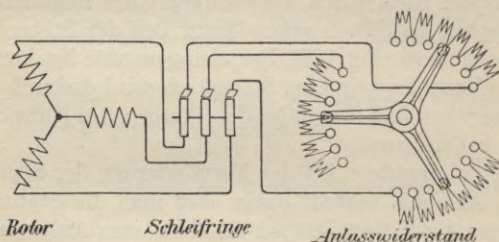


Fig. 126. Schema des Schleifringankers mit Anlaßwiderstand.

der Schleifringe, Abheben der Bürsten. Dabei kann dann z. B. nicht eingeschaltet werden, ehe der Kurzschluß der Rotorwicklung aufgehoben ist und die Bürsten aufliegen. Das Abheben der Bürsten geschieht, um die Abnutzung der Schleifringe und Bürsten zu vermeiden.

Zur Erzielung eines kompendiösen Baues werden die Anlasser mit ihren Schaltern auch direkt an den Motor angebaut (Tafel XI, Abb. 33 und Tafel XII, Abb. 36).

Weniger gebräuchlich, aber auch gelegentlich angewandt, ist das Anlassen durch Beeinflussen des primären Teils. Dabei wird der Anlaßstrom in folgender Weise herabgedrückt: Die im Rotor induzierte EMK hängt von

der Stärke des Drehfeldes ab und diese wiederum richtet sich nach der primär zugeführten (aufgedrückten) Spannung. Vermindert man diese, so wird also das Drehfeld, die EMK und der Strom im Rotor auf ein beliebig kleines Maß reduziert. Leider wird aber dabei auch das Drehmoment vermindert, so daß schon aus diesem Grund in den meisten Fällen diese Art des Anlassens sich nicht empfiehlt.

Die **Verminderung der Primärspannung** erzielt man durch Vorschalten von Widerständen oder Drosselspulen, besser noch durch Verwendung eines Reguliertransformators, an dessen sekundärem Teil der Stator angeschlossen wird (Fig. 127). Der obengenannte Nachteil dieser Anlasser im primären Stromkreis wird dadurch etwas kompensiert, daß man dabei dem Motor einen Kurzschlußrotor geben kann.

Eine besondere Art der Verminderung der Spannung beim Anlassen besteht darin, daß man die Statorwicklung im Betrieb in Dreieck schaltet, zum Anlassen aber Sternschaltung anwendet. Dadurch wird die Anlaßspannung pro Phase auf das $0,58 = \frac{1}{\sqrt{3}}$ fache herabgedrückt

und der Anlaßstrom auf den dritten Teil. Ist der Motor auf seine Tourenzahl gekommen, so wird der Umschalter rasch umgelegt und für den Betrieb die Dreieckschaltung hergestellt. Wegen ihrer Einfachheit und Billigkeit sind solche **Stern - Dreieckschalter** beliebt. Große Motoren lassen sich mit ihnen unbelastet einschalten, kleine auch mit geringer Belastung (Fig. 128).

Läßt man einen Motor mit Kurzschlußanker betriebsmäßig einfach durch Einschalten an, so ist unter allen Umständen die Verwendung eines Schalters nötig, der während der kurzen Anlaufperiode wegen der großen

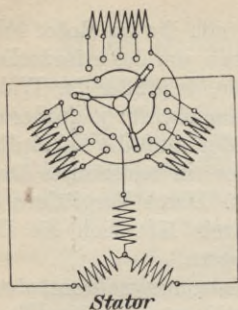


Fig. 127. Anlassen mit Reguliertransformator. (Die Primärspule des Transformators ist nicht gezeichnet.)

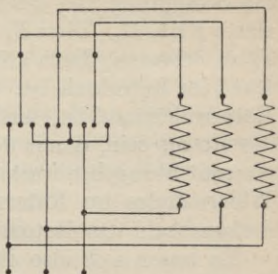


Fig. 128. Schema eines Dreieckschalters.

Stromaufnahme die normalen Sicherungen kurzschließt oder stärkere dafür einschaltet.

50. Die Regulierung des Drehstromasynchronmotors.

Wie aus dem Bisherigen hervorgeht, hat der Drehstromasynchronmotor die gleiche Eigentümlichkeit, wie der Gleichstromnebenschlußmotor. Er hält im normalen Betrieb seine Drehzahl bei jeder Belastung annähernd konstant. Bei Leerlauf ist sie nicht viel unter dem Synchronismus; mit wachsender Belastung sinkt sie, aber nur ganz wenig. Während sich aber die Umdrehungsgeschwindigkeit des Gleichstromnebenschlußmotors mit Hilfe des Erregerstroms in einfachster Weise verändern läßt, fehlt diese Möglichkeit beim Asynchronmotor vollständig.

Ist eine Veränderung seiner Drehzahl notwendig, so bietet sich vor allem folgende Möglichkeit. Nach S. 102 ist zu einem bestimmten Drehmoment ein bestimmtes J_2 und K_2 im Rotor notwendig. Die Ursache von J_2 ist

die Schlüpfung und die infolge von ihr im Rotor induzierte EMK E_2 . Diese E_2 muß nun, um das erforderliche J_2 zu erzeugen, desto größer sein, je größer der Widerstand im Rotorkreis ist. Oder umgekehrt: je größer der Rotorwiderstand ist, um so größer muß die Schlüpfung des Rotors sein, damit der Rotor ein bestimmtes Drehmoment abzugeben imstande ist. Durch Vergrößern des **Widerstandes im Rotorstromkreis** läßt sich die Umdrehungszahl des Rotors verringern.

Es lassen sich also die Drehstromasynchronmotoren mit Schleifringanker und Anlaßwiderstand in ihrer Drehzahl regulieren. Allerdings ist die angegebene Regulierung nicht wirtschaftlich, weil es sich bei dem Rotorstrom um einen starken Strom handelt, der im Regulierwiderstand einen großen Wärmeverlust zur Folge hat. Sie ist ganz ebenso unwirtschaftlich, wie wenn man einen Gleichstromnebenschlußmotor durch Einschalten von Widerstand im Ankerstromkreis reguliert.

Eine zweite Möglichkeit zur Tourenregulierung liegt in der Veränderung der Drehgeschwindigkeit des Drehfelds. Man ordnet die Statorwicklung so an, daß man aus einer vierpoligen Wicklung z. B. eine achtpolige herstellen kann. Man nennt dies die Regulierung durch **Polumschaltung**.

Endlich kann man auch durch Veränderung der primär zugeführten Spannung die Umdrehungszahl verändern, wie aus den hierhergehörigen Bemerkungen des vorhergehenden Kapitels abgeleitet werden kann.

Besitzt ein Asynchronmotor verkehrte **Drehrichtung**, so genügt es, zwei Zuführungsdrähte des Stators zu vertauschen. Damit kehrt sich die Drehrichtung des Feldes und des Rotors um.

51. Der asynchrone Drehstromgenerator.

Der asynchrone Drehstrommotor kann in einen Generator verwandelt werden, wenn seine Umdrehungszahl über die synchrone hinaus gesteigert wird. Man erinnert sich, daß auch ein Gleichstromnebenschlußmotor zum Generator wird, wenn seine Drehgeschwindigkeit ent-

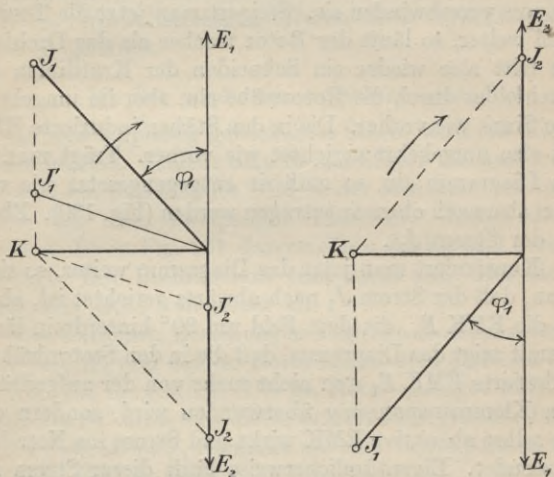


Fig. 129 u. 130. Felddiagramme des asynchronen Drehstromgenerators.

sprechend vergrößert wird (siehe Teil II, S. 56). Hier ist der Grund der, daß die im Anker induzierte EMK bei steigender Drehzahl wächst, schließlich größer als die Netzspannung wird und Strom abgibt. Die Verhältnisse beim asynchronen Drehstrommotor sind ähnlich und lassen sich an Hand des Diagramms Fig. 129 und 130

leicht überblicken. Der größeren Übersichtlichkeit halber ist die Streuung vernachlässigt und die folgende Darstellung an das Diagramm Fig. 119, S. 97 angeknüpft.

Ein Drehstrommotor sei zunächst belastet, besitze also Schlüpfung, infolgedessen eine EMK E_2 und einen Strom J_2 im Rotor. Nun werde der Motor von außen angetrieben, dann verringert sich die Schlüpfung, E_2 und J_2 werden kleiner und kleiner (Fig. 129) und bei Synchronismus verschwinden sie. Steigert man jetzt die Tourenzahl weiter, so läuft der Rotor rascher als das Drehfeld. Es tritt also wieder ein Schneiden der Kraftlinien des Drehfeldes durch die Rotorstäbe ein, aber im umgekehrten Sinne wie vorher. Die in den Stäben induzierte EMK ist also umgekehrt gerichtet wie vorher. Trägt man sie im Diagramm ein, so muß sie entgegengesetzt wie vorher, also nach oben eingetragen werden (Fig. 130). Ebenso der Strom J_2 .

Konstruiert man jetzt das Diagramm weiter, so sieht man, daß der Strom J_1 nach abwärts gerichtet ist, ebenso die EMK E_1 , die dem Feld um 90° hinterdrein läuft. Damit zeigt das Diagramm, daß die in den Statordrähten induzierte EMK E_1 nun nicht mehr von der aufgedrückten Klemmenspannung überwunden wird, sondern daß sie selbst als aktive EMK wirkt und Strom ins Netz hinausendet. Eigentümlicherweise läuft dieser Strom seiner Spannung voraus.

Aus dem asynchronen Motor ist ein asynchroner Generator geworden, der die zunächst merkwürdige Eigenschaft besitzt, daß er kein von Gleichstrom erregtes Feld besitzt und doch mechanische Energie in elektrische verwandelt. Der Betrieb eines solchen Generators ist an eine Bedingung geknüpft, die ohne weitere Begründung hier angeführt sei. Es muß in dem Netz, auf das er ar-

beitet, noch eine andere Maschine von passender Größe sich befinden, die von Gleichstrom erregt wird, also ein gewöhnlicher Generator oder ein Synchronmotor. Ohne ein von Gleichstrom erregtes Feld wirkt auch der asynchrone Generator nicht, wenn dieses Feld auch nicht in ihm selbst vorhanden ist.

Im Unterschied von diesen asynchronen bzw. übersynchronen werden die gewöhnlichen, früher besprochenen, Wechselstromgeneratoren auch Synchrongeneratoren genannt.

52. Der einphasige Asynchronmotor.

In den einphasig gewickelten Stator wird ein Käfiganker gesetzt. Schickt man in den Stator Wechselstrom, so wird ein pulsierendes Feld in der Maschine hervorgeufen bei einer zweipoligen Maschine. Durch dieses werden die in Fig. 131 dargestellten EMKE und Ströme erzeugt. Ein Drehmoment tritt nicht auf. Der Motor läuft also nicht von selber an.

Die zeitlichen Beziehungen zwischen dem induzierenden Feld K_1 und den im Rotor induzierten Strömen sind in Fig. 132 dargestellt. Die im Rotor erzeugte EMK E_1 läuft um 90° hinter K_1 drein, und da J_1 in gleicher Phase mit ihr ist, so ist J_1 ebenfalls um eine Viertelperiode hinter dem Feld K_1 zurück.

Hat man aber dem Rotor auf irgendwelche Weise eine, wenn auch zunächst noch kleine Umdrehungszahl erteilt, so entwickelt sich infolge der eingeleiteten Drehung ein Drehmoment in der Maschine. Ihre Umdrehungszahl steigert sich bis nahe an den Synchronismus. Der Motor ist dann imstande, mechanische Arbeit zu leisten.

Im folgenden soll versucht werden, das Zustandekommen dieses Drehmoments, das nicht ganz einfach zu

verstehen ist, klarzumachen. Dabei wird von der Entwicklung des vollständigen Diagramms abgesehen und nur auf diejenigen Größen eingegangen, die für das Drehmoment von Wichtigkeit sind.

Infolge der irgendwie eingeleiteten Drehung schneiden die Rotordrähte das pulsierende Wechselfeld K_1 , und es entstehen infolgedessen in ihnen EMKe (Fig. 133) gerade so, wie in den Ankerdrähten einer Gleichstrommaschine EMKe durch Schneiden der Feldkraftlinien entstehen.

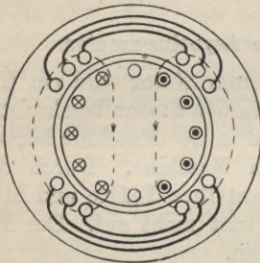


Fig. 131. Schema des einphasigen Asynchronmotors.

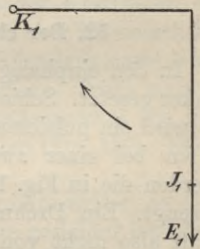


Fig. 132. Erstes Diagramm für den einphasigen Asynchronmotor.

Nur sind im vorliegenden Fall diese EMKe wechselnde EMKe: sie haben ihr Maximum, wenn das pulsierende Feld sein Maximum hat und werden mit dem Feld zu Null. Sie sind also mit K_1 in gleicher Phase und deshalb unter der Bezeichnung E_2 im Diagramm Fig. 134 in Richtung von K_1 eingetragen.

Diese Wechsel-EMKe haben Ströme J_2 zur Folge, die aber nicht phasengleich sind mit den sie erzeugenden Wechsel-EMKen. Denn diese Ströme schaffen ein Querfeld, das senkrecht zum ursprünglichen vom Stator geschaffenen Feld gerichtet ist. Dieses Querfeld ist natür-

lich ebenfalls ein Wechselfeld und erzeugt in den erzeugenden Windungen EMKe E_3 , die um 90° hinter dem Felde dreinlaufen. Die durch die drehende Bewegung induzierte EMK E_2 muß diese EMK E_3 überwinden, Strom J_2 und EMK E_2 sind also um 90° phasenverschoben, wenn man den Ohmschen Spannungsverlust $J_2 W_2$ als sehr klein vernachlässigt. Im Diagramm ist E_2 in Phase mit K_1 , E_3 ist ihr gleich und direkt entgegengesetzt, J_2 mit K_2 ist senkrecht zu beiden.

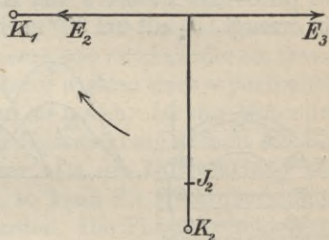
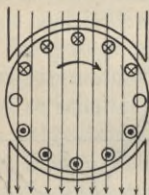


Fig. 133. Die durch Rotation entstehende EMK.

Fig. 134. Zweites Diagramm für den einphasigen Asynchronmotor.

Von Interesse für das Drehmoment sind nun von allen Größen nur J_1 und K_2 . Beide haben ihr Maximum eine Viertelperiode nach K_1 (siehe Fig. 132 und 134), also gleichzeitig. Aus Fig. 133 geht hervor, daß das von den eingezeichneten Strömen hervorgerufene Feld K_2 nach links gerichtet ist, wenn K_1 von oben nach unten verläuft und im Abnehmen begriffen ist, und außerdem die Drehung im Uhrzeigersinn geht. Unter denselben Verhältnissen ist J_1 so gerichtet, wie es die Fig. 131 zeigt. Zeichnet man beide zusammen in Fig. 135, so sieht man, daß der Anker ein im Uhrzeigersinn wirkendes Drehmoment erhält. Die eingeleitete Bewegung bleibt also auf-

rechterhalten, die Maschine läuft als Motor und kann belastet werden.

In Fig. 136 ist versucht, durch Sinuskurven die Verhältnisse noch deutlicher zu machen. Das zunächst vorhandene pulsierende Feld K_1 soll während der nach oben gezeichneten (ersten) Halbwelle die Richtung von oben nach unten haben. An der K_1 -Sinuskurve ist dies durch einen in einem Ring endigenden, nach abwärts zeigenden Pfeil angedeutet.

Durch das Pulsieren von K_1 wird E_1 und J_1 im Rotor erzeugt. J_1 eilt um 90° nach und ist durch die Kurve

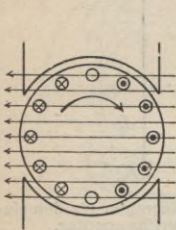


Fig. 135. Die Entwicklung d. Drehmoments.

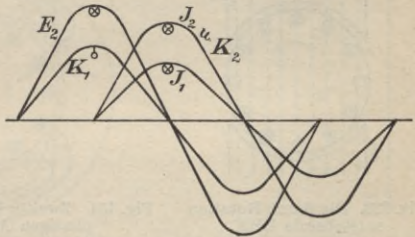


Fig. 136. Sinuskurven für den einphasigen Asynchronmotor.

J_1 dargestellt. Dabei bedeutet der \otimes , daß während dieser Halbwelle der Strom in den links liegenden Drähten des Rotors von vorn nach hinten fließt (vgl. Fig. 131).

Durch Rotieren in K_1 wird E_2 , J_2 und K_2 im Rotor erzeugt. E_2 ist in Phase mit K_1 , wobei die Richtung von E_2 in den obenliegenden Drähten durch den \otimes bezeichnet ist. J_2 und K_2 laufen eine Viertelperiode hinterdrein und haben dann dieselbe Richtung, was wieder durch den \otimes dargestellt ist (vgl. Fig. 133).

Die Fig. 136 zeigt nun deutlich, einmal, daß J_1 und K_2 zeitlich in Phase sind, ferner, daß K_2 von rechts nach

links verläuft und gleichzeitig J_1 in den links liegenden Drähten nach hinten gerichtet ist. Es kommt also eine Drehung im Uhrzeigersinn zustande. K_1 und J_1 , K_1 und J_2 , K_2 und J_2 können je miteinander ein Drehmoment nicht erzeugen.

Der einphasige Asynchronmotor hat also den großen Übelstand, daß er nicht von selber anläuft. Man hilft sich dadurch, daß man auf dem Stator eine zweite Wicklung anbringt und in diese Wicklung einen Wechselstrom schickt, dem man künstlich eine Phasenverschiebung gegenüber dem Hauptstrom gibt. Die beiden Ströme in Haupt- und Hilfswicklung erzeugen miteinander ein Drehfeld, das genügt, um den Rotor wie den eines asynchronen Drehstrommotors anlaufen zu lassen. Ist der Motor im Gang, so schaltet man die Hilfswicklung ab und der Betrieb geht einphasig weiter. Da die Hilfswicklung nur kurze Zeit in Betrieb ist, so kann ihr Drahtquerschnitt schwach dimensioniert werden. Die Phasenverschiebung des Hilfsstroms gegenüber dem Hauptstrom kann z. B. durch Einschalten einer Drosselspule hervorgerufen werden.

Die Umdrehungszahl dieses einphasigen Asynchronmotors, der auch als einphasiger Induktionsmotor bezeichnet wird (siehe S. 94) ist naturgemäß stets kleiner als die synchrone.

Die Leistung eines solchen Einphasenmotors ist nur etwa 75% derjenigen eines gleichgroßen Drehstrommotors. Auch der Wirkungsgrad und der Leistungsfaktor sind um einige Prozent geringer als bei Drehstrom.

53. Der Induktionsregler für Drehstrom.

Genau denselben Bau wie ein Drehstromasynchronmotor besitzt der Induktionsregler, auch Potentialregul-

lator oder Booster genannt, nur mit dem Unterschied, daß der Rotor des letzteren in seiner Drehbarkeit beschränkt ist. Im allgemeinen steht er fest und nur zur Spannungsregulierung wird er um einen größeren oder geringeren Winkel gedreht, und zwar entweder von Hand oder durch einen kleinen Motor. Größere Induktionsregler baut man gerne mit vertikaler Achse.

Die Wirkungsweise ist sehr einfach und gleicht derjenigen eines Transformators. Die Stator- und die Rotorwicklung versehen die Dienste der Primär- und Sekundärwicklung. Dabei kann die Primärwicklung auf dem

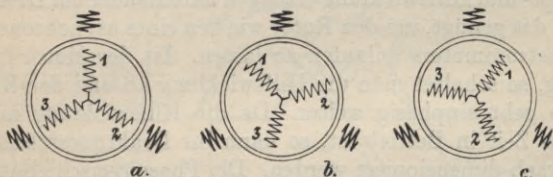


Fig. 137. Schema des Induktionsreglers.

Rotor oder auf dem Stator angebracht sein. Die Sekundärwicklung sitzt jeweils auf dem anderen Teil.

Die Primärwicklung liegt verkettet an der Netzspannung, genau so, wie die eines Drehstromtransformators. Sie wird also von Strom durchflossen und erzeugt ein Drehfeld, das durch die stillstehende Sekundärwicklung hindurchstreicht und in ihren drei Wicklungen EMKe erzeugt. Die Größe dieser EMK ist nun immer fast genau gleich, in welcher Lage auch der Rotor sich befinden mag; dagegen ändert sich durch Verdrehen des Rotors die Phase dieser EMK im Rotor.

In Fig. 137 sei ein solcher Drehstrom-Induktionsregler schematisch angedeutet. Das Drehfeld denke man

sich im Uhrzeigersinn drehend. Die Rotorwicklung liegt verkettet an der Netzspannung. Die Statorwicklung besteht aus drei getrennten Spulen. In der ersten Figur stehen die Spulen des Rotors gerade vor denen des Stators. In der zweiten Figur ist der Rotor nach rückwärts, in der dritten nach vorwärts gedreht, die Drehung bezogen auf den Drehsinn des Drehfelds. Es ist nun ohne weiteres einleuchtend, daß in der Fig. *a* das Drehfeld

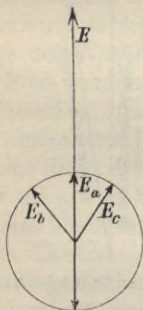


Fig. 138. Die im Induktionsregler erzeugte EMK.

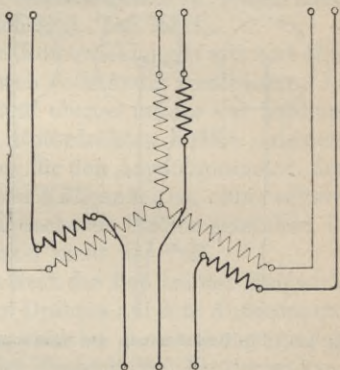


Fig. 139. Die Schaltung des Induktionsreglers.

früher an die Spule *I* des Stators kommt als in Fig. *b* und später als in Fig. *c*. Infolgedessen wird die EMK der Statorspule in der Fig. *a* ihr Maximum früher haben als in *b* und später als in *c*. Die EMKe in den Spulen werden also ihre Phase mit der Drehung des Rotors verschieben. Vergleicht man sie mit der zugeführten Spannung, so besitzen die induzierten EMKe in der Statorspule verschiedene Phase, wie Fig. 138 zeigt. Die Spitze des Vektors der induzierten EMK wandert auf einem

Kreisbogen. Dreht man den Rotor um 180° , dann tritt das Kraftlinienmaximum in der Spule zu gleicher Zeit auf wie in der Fig. a, aber in entgegengesetztem Sinn. Man erhält dann den Vektor in seiner Stellung nach abwärts.

Die Statorspulen Fig. 139 werden nun in die Leitung eingeschaltet, die vom Elektrizitätswerk zum Stromverbraucher führen. Es addiert sich also die phasenver-

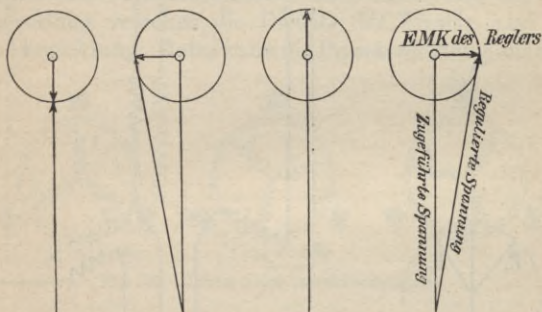


Fig. 140. Die Beeinflussung der Spannung durch den Induktionsregler.

schobene EMK zu der zugeführten Spannung nach dem Diagramm Fig. 140. Man sieht, durch den Induktionsregler wird die Gesamtspannung in der Größe, aber auch in der Richtung, d. h. in der Phase verändert. Diese Phasenverschiebung ist bei den Induktionsreglern verschieden, je nach dem Verhältnis der beiden zu addierenden Spannungen. Beträgt die Primärspannung pro Phase z. B. 80 Volt, die Sekundärspannung 14 Volt pro Phase, so wird der Winkel im Maximum etwa 10° betragen.

C. Die Wechselstromkommutatormotoren.

54. Die einphasigen Kommutatormotoren.

Bringt man in das Feld des einphasig gewickelten Stators nicht einen Rotor, wie er für die Asynchronmotoren verwendet wird, sondern einen Gleichstromanker mit Kommutator und Bürsten, so erhält man Einphasenmotoren, die schon zum Anlauf ein kräftiges Drehmoment entwickeln, und deren Umdrehungszahl in weiten Grenzen reguliert werden kann (vgl. Taf. XIII).

Die beiden Arten von Rotorwicklungen mit und ohne Kommutator verhalten sich vollständig verschieden. Infolge des Wechselfelds und ebenso infolge der Drehung im Feld werden in den Rotordrähten EMKE induziert. Während nun beim Rotor für den Asynchronmotor, dessen einfachstes Beispiel der Käfiganker ist, ohne weiteres infolge dieser EMKE entsprechende Ströme entstehen, ist dies beim Gleichstromanker nicht der Fall.

Am übersichtlichsten liegt der Fall bei der Ringwicklung. Es entstehen in den Drähten auf dem Außenmantel allerdings auch EMKE sowohl bei der Drehung im Feld als durch die Pulsation des Wechselfelds. Ein Strom kann aber in der Ringwicklung nicht entstehen, weil die in der einen Ringhälfte induzierten EMKE diejenigen der anderen Ringhälfte aufheben. Erst wenn man ein Bürstenpaar in die jeweilige neutrale Zone setzt und es leitend verbindet, entsteht ein Strom. In Fig. 141 ist dies für den Fall gezeichnet, daß der Läufer stillsteht und die EMKE durch das Pulsieren des Wechselfelds erzeugt werden. Verschiebt man die Bürsten (Fig. 142), so entsteht immer noch ein Strom, aber ein kleinerer, und stellt man die Bürsten senkrecht zur Stellung der Fig. 141, so ist natürlich keine Wirkung vorhanden.

Dasselbe gilt für die durch Drehung im Feld hervorgerufene EMK. Auch hier ist die Stellung der miteinander verbundenen Bürsten ausschlaggebend für den auftretenden Strom, genau wie dies bei der Gleichstrommaschine der Fall ist.

Man kann die Kommutatormotoren einteilen in solche, deren rotierender Teil wie bei den Gleichstrommotoren von außen Strom zugeführt erhält, und solche, deren Läufer ähnlich wie bei den asynchronen Drehstrommotoren einen Stromkreis für sich bildet und mit dem äußere

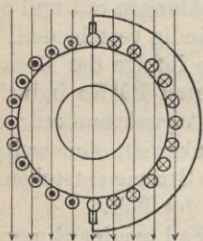


Fig. 141. Ein Gleichstromanker im Wechselfeld.

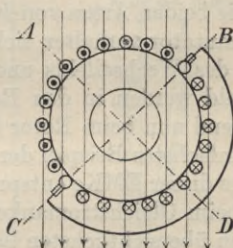


Fig. 142. Ein Gleichstromanker im Wechselfeld.

ren Netz nicht in Verbindung steht. In beiden Fällen wird durch passende Stellung der Bürsten dafür gesorgt, daß in dem von der Statorwicklung geschaffenen Feld stromdurchflossene Drähte sich befinden. Dadurch tritt dann das gewünschte Drehmoment auf.

Aus der großen Zahl der vorgeschlagenen Konstruktionen seien nur wenige Beispiele herausgegriffen.

55. Der Serien-Kommutator-Einphasenmotor.

Dieser Motor gehört zu der ersten Gruppe der angegebenen Einteilung und heißt Serienmotor, weil der Wechselstrom zuerst durch die Statorwicklung und dann

über die Bürsten in den Läufer geführt wird, wie dies auch beim Hauptstrom- oder Serienmotor für Gleichstrom geschieht (siehe Fig. 143). Der Stator hat häufig ausgeprägte Pole, wie der Gleichstrommotor und muß, da er von einem Wechselfeld durchsetzt wird, aus Blechen aufgebaut sein (Tafel XIII, Abb. 38 u. 40).

Die Bürsten stehen in der Zone, die man beim Gleichstrommotor die neutrale nennt. Der Strom im Stator erzeugt ein Wechselfeld. Infolge der Bürstenstellung be-

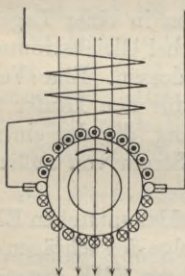


Fig. 143. Schema des Wechselstrom-Serienmotors.

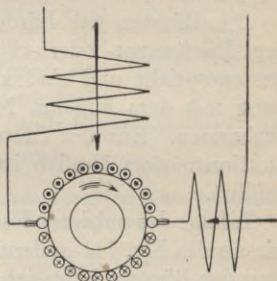


Fig. 144. Wechselstrom-Serienmotor mit Kompensation.

finden sich stromdurchflossene Leiter in diesem Feld und so entwickelt sich ein Drehmoment. Der beständige Wechsel der Stromrichtung ist ohne Einfluß auf die Richtung des Drehmoments, weil der Strom sich im Stator und im Rotor gleichzeitig umkehrt.

Die Drähte des Rotors schneiden bei der Drehung die Statorkraftlinien. Infolge davon wird in ihnen eine EMK induziert, welche als Gegen-EMK der aufgedrückten Spannung entgegenwirkt. Die Stromstärke und damit das Drehmoment werden also mit steigender Umdrehungszahl kleiner. Die Umdrehungszahl nimmt wie

beim Hauptstrommotor für Gleichstrom so lange zu, als es das verlangte Drehmoment zuläßt, ist also unabhängig von der Frequenz des Wechselstroms.

Um das vom Ankerstrom in horizontaler Richtung (Fig. 143) geschaffene Feld und damit die EMK der Selbstinduktion zu vermindern bzw. aufzuheben, wird eine Kompensationswicklung angebracht, die ebenfalls vom Hauptstrom durchflossen wird (Fig. 144).

56. Der Repulsionsmotor.

Die Bürsten des Läufers stehen in einer Lage, die dem Bürstenvor- oder -rückschub bei Gleichstrommotoren entspricht und sind kurzgeschlossen. Eine Verbindung mit dem äußeren Netz ist für den Läufer nicht vorhanden. Nur der Statorwicklung, die der eines Induktionsmotors ähnlich ist, wird Strom von außen zugeführt.

Infolge des pulsierenden Statorfeldes entstehen EMKs, wie sie die Fig. 141 andeutet. Infolge der schrägen Stellung der Bürsten hebt sich ein Teil der EMK gegenseitig auf wie Fig. 142. Es bleibt aber immer noch eine EMK übrig, die einen Strom zur Folge hat. Am stärksten würde der Strom, wenn die Bürsten in der Stellung der Fig. 141 stehen würden. Ein Drehmoment würde dann aber aus zwei Gründen nicht zustande kommen. Vor allem deshalb, weil die räumliche Stellung der stromdurchflossenen Leiter zum Statorfeld nicht die richtige ist. Aber selbst wenn der Rotor um 90° gedreht würde, so könnte ein Drehmoment deshalb nicht auftreten, weil das induzierende Feld und der im Rotor hervorgerufene Strom zeitlich um 90° versetzt sind.

Verschiebt man die Bürsten wie in Fig. 142 oder 145, so wird zweierlei erreicht: Einmal wird die räumliche

Lage günstiger, und dann wird auch das zeitliche Verhältnis zwischen Statorfeld und Läufer verbessert. Die zwischen *A* und *B* einerseits, *C* und *D* andererseits befindlichen AW des Läufers erzeugen ein Querfeld, und dieses sorgt dafür, daß Läuferstrom und die ihn hervorrufende EMK phasenverschoben werden, im Maximum um 90° . Dadurch nähert sich der Läuferstrom der Phasengleichheit mit dem Hauptfeld und ein Drehmoment tritt auf. Der Motor setzt sich also in Bewegung, und zwar mit kräftigem Anzugsmoment. Die Umdrehungszahl richtet sich nach Belastung und Bürstenstellung und ist unabhängig von der Frequenz.

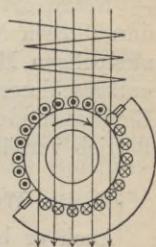


Fig. 145. Schema des Repulsionsmotors.

57. Der Wechselstromkommutatormotor von Latour, Winter und Eichberg.

Auf dem Kommutator schleifen 4 Bürsten für zwei Pole. Das eine Bürstenpaar hat die gleiche Funktion

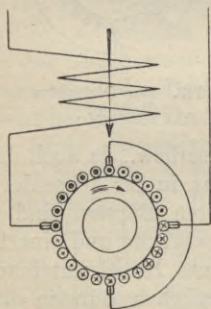


Fig. 146. Schema des Winter-Eichberg-Motors.

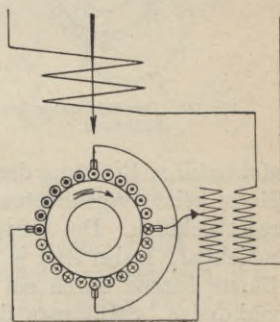


Fig. 147. Winter-Eichberg-Motor mit Transformator.

wie dasjenige beim Serienmotor: es führt dem Anker direkten (Fig. 146) — hier auch transformierten (Fig. 147) — Netzstrom zu, nachdem dieser die Statorwicklung durchflossen hat. Das andere Bürstenpaar steht beim zweipoligen Motor um 90° verschoben und ist in sich kurzgeschlossen. Der Stator ist gebaut wie der eines Einphaseninduktionsmotors ohne ausgeprägte Pole. Im Betrieb verhält sich dieser Motor wie der Serienmotor.

58. Der Wechselstromkommutatormotor von Déri.

Auch er besitzt 2 Bürstenpaare pro Polpaar, aber keines führt Strom von außen zu. Das eine Bürstenpaar

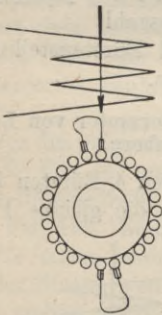


Fig. 148. Der Dérimotor bei Stillstand.

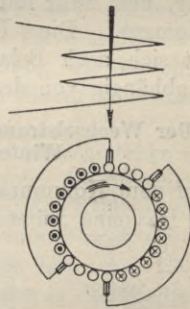


Fig. 149. Der Dérimotor im Betrieb.

steht still in Richtung der Polachse bzw., da auch dieser Motor keine ausgebildeten Pole hat, in der Achse der Erregerwicklung. Die beiden anderen Bürsten sind verschiebbar. Dabei sind je eine bewegliche und eine feste Bürste leitend durch ein biegsames Kabel miteinander verbunden. Stellt man die beweglichen Bürsten direkt neben die zugehörigen festen (Fig. 148), so fließt kein

Strom im Rotor. Wenn man sie verschiebt (Fig. 149), fließt in den je zwischen zwei Bürsten liegenden Drähten ein Strom, herrührend von den sowohl durch Transformation als durch Rotation entstehenden EMK'en. Je weiter man die zugehörigen Bürsten entfernt, um so rascher läuft der Motor. Man hat also in der Bürstenverschiebung eine einfache Möglichkeit der Tourenregulierung, weshalb der Dérimotor vielfach dort Verwendung findet, wo man eine weitgehende, aber mit einfachen Mitteln zu handhabende Tourenregulierung nötig hat (siehe Tafel XIII, Abb. 39).

59. Der Drehstromkommutatormotor.

Er besitzt 3 Bürsten pro Polpaar auf dem Kommutator, der Stator ist gewickelt wie beim Asynchronmotor. Den Bürsten wird der Strom entweder in Serie mit dem Stator oder in Parallelschaltung mit ihm zugeführt (Taf. XIII, Abb. 41).

Wird er mit Reihenschaltung ausgeführt (Fig. 150), so arbeitet er

wie der Gleichstromserienmotor: hohes Drehmoment bei kleiner Drehzahl, sowie Steigerung der Geschwindigkeit bei Verminderung der Be-

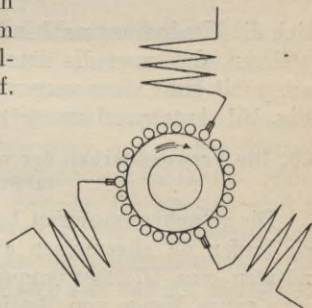


Fig. 150. Der Drehstromkommutator mit Serienschaltung.

lastung. Das Anlassen und Regulieren erfolgt im allgemeinen lediglich durch Bürstenverschiebungen. Wirkungsgrad und Leistungsfaktor sind günstig. Für manche Zwecke wird die Einrichtung getroffen, daß bei Er-

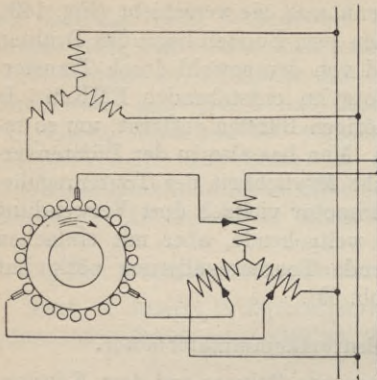


Fig. 151. Der Drehstromkommutatormotor mit Parallelschaltung und Transformator.

reichung der annähernd synchronen Umdrehungszahl die Rotorwicklung kurzgeschlossen wird. Seine Drehzahl bleibt dann konstant, wie die eines Asynchronmotors.

Näheres z. B. in E. T. Z. 1912, Heft 19—21.

Bei Parallelschaltung von Stator und Rotor läßt

sich die Umdrehungszahl in einfacher Weise dadurch regulieren, daß man die dem letzteren zugeführte Spannung mit Hilfe eines vorgeschalteten Transformators (in Fig. 151 Autotransformator) verändert.

60. Die Verwendbarkeit der verschiedenen Wechselstrommotoren.

Die **Synchronmotoren** haben zwei große Nachteile: sie laufen im allgemeinen nicht von selbst an und benötigen eine Gleichstromquelle. Dadurch sind sie für eine ganze Menge von Betrieben von vornherein ausgeschlossen. Dazu kommt, daß bei ihnen im Fall von Überlastung die Gefahr des Außertrittfallens vorliegt. Ihr Vorteil liegt in der Möglichkeit, den Leistungsfaktor ($\cos \varphi$) mit Hilfe des Erregerstroms ganz beliebig einregulieren zu können.

Die **asynchronen Drehstrommotoren** laufen ohne weiteres von selbst an. Sie haben jedoch, soweit sie Kurz-

schlußläufer mit kleinem Widerstand haben, ein geringes Anzugsmoment. Dagegen zeichnen sich solche Motoren durch ihre Einfachheit und das Fehlen der zur Funkenbildung neigenden Teile aus. Doch sind sie wegen des hohen Anlaufstroms nur dort zu gebrauchen, wo ein Stromstoß im Netz nichts ausmacht und wo die Motoren leer oder nur mit geringer Last anlaufen müssen.

Bei großer Leistung und Anlaufen unter Last empfiehlt sich meist die Verwendung eines Schleifringankers mit Anlaßwiderstand. Der Wirkungsgrad dieser Motoren ist gut und ändert sich zwischen halber Last und 25% Überlast nur mäßig. Der Leistungsfaktor ist zwar nicht 1,0, aber auch nicht sehr klein, wenigstens bei größeren und guten Motoren. Ein großer Nachteil besteht in der Unmöglichkeit, auf rationelle Weise die Umdrehungszahl zu regulieren.

Die **asynchronen Einphasenmotoren** laufen nur mit geringem Drehmoment an, sind teurer und weniger wirtschaftlich als die Drehstrommotoren.

Das letztere trifft auch für die **Einphasen-Kommutatormotoren** zu. Sie haben aber den großen Vorzug, daß sie mit großem Anzugsmoment anlaufen, einen hohen Leistungsfaktor bis beinahe 1,0 besitzen und in der Umdrehungszahl in weiten Grenzen regulierbar sind. Gegenüber den asynchronen Drehstrommotoren zeichnen sie sich weiter noch dadurch aus, daß sie, wie Gleichstrommotoren, nur zwei Zuleitungen und nicht drei benötigen. Deshalb haben sie auch den Drehstrommotor aus dem Bahnbetrieb verdrängt.

Der **Drehstrom-Kommutatormotor** tritt dort an die Stelle des Drehstromasynchronmotors, wo eine weitgehende und einfache Regulierung der Drehzahl erforderlich ist.

IV. Die rotierenden Umformer.

61. Die verschiedenen Arten von Umformern.

Während man Wechselstrom von gegebener Spannung und Frequenz in solchen von anderer Spannung und gleicher Frequenz mit Hilfe einfacher Apparate ohne bewegte Teile, der Transformatoren, verwandeln kann, ist es nicht so einfach, wenn man Wechselstrom in Gleichstrom umwandeln, also die Stromart ändern, oder wenn man die Frequenz von Wechselstrom ändern will. In den letzteren Fällen sind rotierende Maschinen nötig, und diese Maschinen können im Gegensatz zu den Transformatoren als Umformer oder auch als rotierende Umformer bezeichnet werden.

Man unterscheidet dann noch die Umformer im eigentlichen Sinn, bei denen die Umwandlung der einen Stromart in die andere in dem Anker einer einzigen Maschine bewerkstelligt wird und nennt sie gelegentlich auch **Einankerumformer** (Konverter). Ihnen gegenüber stehen die **Motorgeneratoren**. Es sind dies Doppelmaschinen, bestehend aus einem Motor, der die gegebene Stromart aufnimmt und ihre Leistung durch direkte mechanische Kupplung auf einen Generator überträgt. Dieser gibt dann seinerseits die gewünschte Stromart ab. In der Mitte zwischen beiden stehen die **Kaskadenumformer**, die ebenfalls aus zwei miteinander gekuppelten Maschinen bestehen. Während die zugeführte elektrische Energie beim Einankerumformer direkt in die gleiche Energieform übergeführt, beim Motorgenerator zuerst vollständig in mechanische und dann wieder in elektrische umgewandelt wird, geht sie beim Kaskadenumformer zum Teil direkt, zum anderen Teil auf dem Umweg über die mechanische in elektrische

Energie über. Die beiden Maschinen des Kaskadenumformers sind sowohl mechanisch als auch elektrisch gekuppelt (weiter S. 139 ff.).

Die Motorgeneratoren bieten keine neuen Gesichtspunkte für die vorliegende Besprechung. Dagegen sollen die beiden anderen Umformer im folgenden erläutert werden (vgl. Taf. XIV).

A. Der Einankerumformer.

62. Die Wirkungsweise des Einankerumformers.

Sein Aufbau ist im großen und ganzen der gleiche wie derjenige der Gleichstrommaschinen. Die Feldpole mit der von Gleichstrom gespeisten Erregerwicklung stehen still. Zwischen ihnen dreht sich der Anker mit seiner Gleichstromwicklung. Die Drähte der Wicklung sind auf der einen Seite zu einem Kommutator geführt, der über Bürsten Gleichstrom aufnimmt oder abgibt. Auf der anderen Seite des Ankers sitzen 2—6 Schleifringe, je nach der Phasenzahl des Wechselstroms, den man abnimmt oder zuführt (vgl. Taf. XV).

Bei **einphasigem** Wechselstrom werden bei einer zweipoligen Maschine zwei diametral gegenüberliegende Punkte mit den beiden Schleifringen verbunden. Man erhält dann an diesen eine Wechselspannung, die im Maximum genau so groß ist als die Gleichspannung an den Bürsten. Ihr Effektivwert ist also bei sinusförmiger Spannungskurve das $\frac{1}{2}\sqrt{2}$ fache der Gleichspannung.

Will man **dreiphasigen** Wechselstrom, so sind bei einer zweipoligen Maschine drei gleichweit voneinander entfernte Punkte der Wicklung mit drei Schleifringen verbunden wie beim Drehstromgenerator mit rotierendem Anker (siehe S. 34). Man kann also den 3 Schleif-

ringen dreiphasigen Wechselstrom entnehmen oder zuführen, gerade so wie bei den Generatoren und Synchronmotoren für Drehstrom mit rotierendem Anker (s. S. 34 und S. 91).

Die Größe der EMK bzw. Klemmenspannung findet man durch folgende Überlegung. In den einzelnen Ankerdrähten werden EMKe erzeugt, die gegeneinander phasenverschoben sind. Der Phasenverschiebungswinkel ist gegeben durch die Zahl z der auf dem Anker verteilten Leiter und beträgt allgemein $\frac{2\pi}{z}$ bzw. $\frac{360^\circ}{z}$. Hat man also z. B. 60 Leiter gleichmäßig über den Ringmantel verteilt, so beträgt dieser Phasenwinkel 6° . Diese Drähte sind nun miteinander verbunden, so daß sich ihre EMKe addieren. Um die EMK zwischen zwei beliebigen Punkten des Ankers zu finden, hat man also nur die phasenverschobenen EMKe der zwischen ihnen liegenden Drähte zu addieren. Dies geschieht am einfachsten im Vektordiagramm.

Addiert man die EMKe sämtlicher Drähte, so erhält man ein Polygon mit z gleichen Seiten, um das ein Kreis beschrieben werden kann. Die EMK zwischen zwei beliebigen Punkten ist durch die Verbindungslinie dieser Punkte gegeben. Die EMK des Dreiphasenstroms ergibt die Linie, die man erhält, wenn man 3 gleichweit abstehende Punkte des Polygons bzw. des Kreises verbindet. Die EMK des Einphasenstroms ist der Durchmesser des Kreises (Fig. 152).

Letztere ist bekannt, sie ist $\frac{1}{2}\sqrt{2}$ der Gleichspannung. Damit ist dann auch die Drehstromspannung gegeben. Aus planimetrischen Gründen beträgt sie das $\frac{1}{2}\sqrt{3}$ fache der Einphasenspannung, also das $\frac{1}{4}\sqrt{6}$ fache der Gleichspannung.

Verbindet man vier gleichweit auseinanderliegende Punkte der Ankerwicklung, so erhält man in den vier dadurch abgeteilten Spulen EMKe, die je um 90° hintereinander dreinlaufen. Man nennt einen solchen Strom Vierphasenstrom. Die Größe seiner Spannung ist leicht aus dem Kreis zu bestimmen (siehe Fig. 152). Sie beträgt das $\frac{1}{2}\sqrt{2}$ fache der Einphasenspannung, also die Hälfte der Gleichspannung.

Bei mehrpoligen Maschinen mit p Polpaaren gilt, was hier bei der zweipoligen Maschine für den ganzen Ring, jeweils für den p ten Teil des Ringankers. Die einander entsprechenden Punkte der Wicklung werden mit einem gemeinsamen Schleifring verbunden (siehe S. 34).

Bei den Einankerumformern stehen also die Spannungen auf der Gleichstromseite in einem

unabänderlichen Verhältnis zu den Spannungen auf der Wechselstromseite. Man kann also z. B. 220 Volt Gleichstrom nur von einem dreiphasigen Wechselstrom von 135 Volt erhalten. Hat man eine andere Drehstromspannung zur Verfügung, so muß diese in einem Transformator erst auf 135 Volt transformiert werden, damit man an den Bürsten des Einankerumformers 220 Volt erhält.

Betreibt man den Umformer, um Gleichstrom zu erhalten, so läuft er auf der Wechselstromseite als Synchronmotor. Regulierung des Erregerstroms hat weder auf die Umdrehungszahl noch auf die Spannung Einfluß.

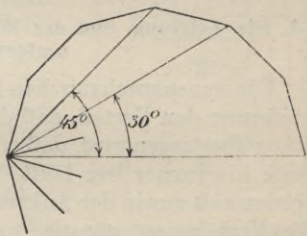


Fig. 152 Bestimmung der Spannung auf der Wechselstromseite des Einankerumformers.

Nur der Phasenverschiebungswinkel zwischen Strom und Spannung wird verändert (siehe S. 88f.).

Läuft der Einankerumformer als Gleichstrom-Wechselstromumformer, so hat auch in diesem Fall die Änderung der Erregung keinen Einfluß auf die Spannung des Drehstroms. Arbeitet der Umformer allein auf ein Drehstromnetz, so würde die Änderung des Erregerstroms die Folge haben, daß die Umdrehungszahl des Umformers, der ja in diesem Fall als Gleichstromnebenschlußmotor läuft, und damit die Periodenzahl des Drehstroms sich ändert.

63. Die Leistung und der Wirkungsgrad des Einankerumformers.

Für seinen mechanischen Aufbau bietet der Einankerumformer den Vorteil, daß durch seine Welle keine Leistung übertragen wird, daß er also nach der mechanischen Seite hin immer leer läuft. Die Übertragungsvorgänge spielen sich nur in der Ankerwicklung ab. Auch hier sind die Verhältnisse günstig, und zwar deshalb, weil der Strom, der umgewandelt werden soll, nicht immer durch die ganze Wicklung zu fließen hat.

Und es ist einleuchtend, je mehr Phasen der Wechselstrom besitzt, um so günstiger werden in dieser Beziehung die Verhältnisse. Daraus ergibt sich, daß die Stromwärmeverluste bei Umformern im allgemeinen kleiner sind, als bei gleichgroßen und gleichbelasteten Gleichstrommaschinen. Nur der Einphasenwechselstrom-Gleichstromumformer macht eine Ausnahme. Es ergibt sich, daß ein Umformer

für Einphasenstrom	0,85 mal,
„ Drehstrom	1,34 „ ,
„ Vierphasenstrom	1,64 „ ,
„ Sechphasenstrom	1,96 „

so stark belastet werden darf als bei Gleichstrom allein, ohne daß die Stromwärme höher wird.

Bei Drehstrom und Verwendung eines Transformators lassen sich die Vorteile des Sechsheinphasenstroms auf folgende Weise erzielen (Fig. 153). Die Primärwicklung des Transformators ist, wie üblich, in Stern oder Dreieck verkettet. Die Sekundärwicklung aber läßt man unverkettet. Dann muß die Phase *I* mit ihrem Anfang zu einem beliebigen Punkt des Umformerankers geführt werden, ihr Ende natürlich bei zweipoliger Anordnung mit dem gerade gegenüberliegenden Ankerpunkt. Die Phase *II* wird mit ihrem Anfang um 120° gegen den Anfang *I* versetzt und ihr Ende gerade gegenüber. Ähnlich mit Phase *III*. Der Transformator ist also 6phasig mit dem Umformer verbunden.

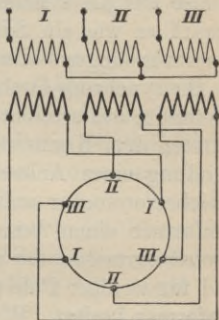


Fig. 153. Die sechsheinphasige Stromzufuhr zu einem Drehstrom-Gleichstrom-Umformer.

Man erhält dann zwar 6 Schleifringe, aber den großen Vorteil der höheren Belastungsfähigkeit. In der Fig. 153 sind der größeren Übersichtlichkeit halber die Schleifringe ebenso wie Kommutator und Bürsten am Anker weggelassen (vgl. Taf. XV, Abb. 45).

Der Wirkungsgrad eines Einankerumformers für sich ist sehr hoch, je nach der Größe 90—95%, also höher, als er bei einem Motorgenerator sein würde. Allerdings ist noch der Wirkungsgrad des gewöhnlich notwendigen Transformators in Rechnung zu ziehen, wodurch der Gesamtwirkungsgrad der Umformung etwas geringer wird als die angegebenen 90—95%.

64. Der Betrieb und die Regulierung des Einankerumformers.

Betrieibt man den Einankerumformer, um Drehstrom in Gleichstrom zu verwandeln, was seine fast ausschließliche Verwertung ist, so läuft er der Drehstromseite gegenüber als Synchronmotor. Zum Inbetriebsetzen muß er also auf die synchrone Tourenzahl gebracht werden, worauf er wie ein Synchronmotor bzw. ein Synchrongenerator eingeschaltet wird.

Die synchrone Drehzahl wird entweder von der Gleichstromseite aus erreicht, indem man Gleichstrom über die Bürsten dem Kommutator zuführt, natürlich unter Verwendung eines Anlassers, und die Maschine wie einen Gleichstrommotor anlaufen läßt. Oder aber erhält der Umformer einen besonderen sog. Anwurfmotor, einen Drehstrommotor, der auf die gleiche Achse gesetzt wird und für weniger Pole gewickelt ist als sie der Einankerumformer besitzt. Wäre das letztere nicht der Fall, so würde die Drehzahl wegen der Schlüpfung immer kleiner sein als die synchrone, und man käme nicht auf die synchrone Tourenzahl (vgl. Taf. XV, Abb. 44).

Die erwünschte Gleichstromspannung erhält man durch richtige Wahl des auf der Drehstromseite vorschalteten Transformators. Um jedoch bei schwankender Drehstromspannung stets die richtige Gleichspannung zu bekommen oder auch, um die Gleichspannung den Ansprüchen des Gleichstromnetzes entsprechend regulieren zu können, muß man die Möglichkeit haben, das starre Übersetzungsverhältnis des Transformators und des Umformers zu beeinflussen.

Am einfachsten geschieht dies, wenn man den Transformator als **Reguliertransformator** ausbaut oder zwischen Haupttransformator und Umformer noch einen

Reguliertransformator oder Induktionsregler einschaltet. Nicht selten wird auf die Achse des Umformers ein zusätzlicher kleinerer Drehstromgenerator gesetzt, welcher seine Spannung zu der des zugeführten Drehstroms hinzufügt. Mit Hilfe der Erregung dieser **Zusatzmaschine** läßt sich in einfacher Weise die Spannung des Drehstroms und damit die Gleichspannung auf jeden Betrag einstellen (vgl. Taf. XVI, Abb. 46).

Handelt es sich um verhältnismäßig geringe Spannungsänderungen, bis etwa 15%, so läßt sich noch ein anderes Mittel anwenden. Durch Veränderung der Erregung läßt sich die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung des zugeführten Drehstroms beliebig gestalten (siehe S. 88 f., Fig. 109 f.). Nun zeigt ein Transformator, wie auf S. 72 gezeigt, je nach der Phasenverschiebung des Sekundärstroms, größeren oder geringeren Spannungsabfall. Bei Phasenvoreilung tritt sogar eine Spannungserhöhung auf. Man ist also in der Lage, durch Veränderung der Erregung des Einankerumformers die zugeführte Drehstromspannung und damit die Gleichspannung zu beeinflussen. Der Transformator reagiert um so mehr, je größer seine Streuung ist und man verwendet deshalb sog. **Streutransformatoren**.

Eine vorgeschaltete Drosselspule hat einen ähnlichen Erfolg.

B. Der Kaskadenumformer.

65. Die Wirkungsweise des Kaskadenumformers.

Ein Drehstromasynchronmotor und ein Einankerumformer sitzen starr gekuppelt auf derselben Welle (Taf. XVI, Abb. 47). Die Rotorwicklung des Motors ist im Betrieb nicht kurzgeschlossen, sondern mit dem Anker des Umformers verbunden, wie es Fig. 154 schematisch zeigt.

Das Drehfeld des Umformers muß im Raume stillstehen. Seine Drehrichtung muß also entgegengesetzt sein, wie die des Motors und seines Drehfelds. Deshalb folgen in der Fig. 154 die Zahlen 1, 2, 3 beim Motor im Uhrzeigersinn, beim Umformer entgegengesetzt.

Um die nötige Spannung für den Einankerumformer zu liefern, muß die Schlüpfung des Rotors ziemlich groß sein. Sie ist $(n_1 - n)$, wenn n die Drehzahl des Rotors und n_1 diejenige des Motordrehfelds ist.

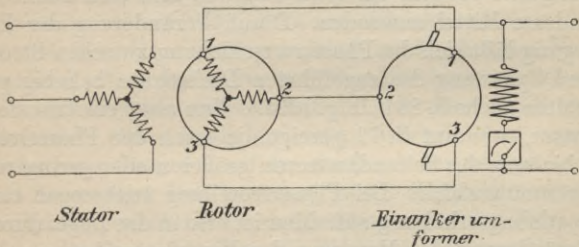


Fig. 154. Schema eines Kaskadenumformers.

Hat der Motor p_1 Polpaare, der Umformer p_2 , dann ist die Umdrehungszahl des Motordrehfeldes

$$(51) \quad n_1 = \frac{60 \cdot N_1}{p_1} \text{ Umdr. i. d. Min.},$$

wenn N_1 Periodenzahl der zugeführten Spannung ist.

Die Drehzahl des Umformerfeldes ist abhängig von seiner Polzahl p_2 und der Periodenzahl N_2 des dem Umformer aus dem Rotor zufließenden Stroms. Die letztere ist

$$(52) \quad N_2 = \frac{n_1 - n}{60} \cdot p_2.$$

Die Drehzahl des Umformerfeldes läßt sich hieraus be-

stimmen und außerdem der Drehzahl n des Umformerankers gleichsetzen:

$$(53) \quad n = \frac{60 \cdot N_2}{p_2} = \frac{(n_1 - n) \cdot p_1}{p_2} \text{ Umdr. i. d. Min.,}$$

woraus nach Umformung und unter Benützung von Gl. (51)

$$(54) \quad n = \frac{n_1 p_1}{p_1 + p_2} = \frac{60 N_1}{p_1 + p_2} \text{ Umdr. i. d. Min.}$$

Die Drehzahl des Kaskadenumformers hängt also von der Summe der Polzahlen der zwei gekuppelten Maschinen ab und ist ebenso groß wie die einer einzigen Synchronmaschine, deren Polzahl gleich dieser Summe ist. Die Drehstromseite erhält deshalb weniger Pole, als sie bei einem gewöhnlichen Motor und der gleichen Tourenzahl erhalten würde. Die Abmessungen werden deshalb gering. Ebenso hat die Gleichstromseite eine geringere Frequenz und Umdrehungszahl, also günstigere Konstruktionsbedingungen als ein gewöhnlicher Einankerumformer.

Da der Kaskadenumformer Gleichstromerregung hat, muß die Tourenzahl, unabhängig von der Belastung, stets den Wert der Gl. (54) haben, d. h. das Aggregat hat den Charakter einer Synchronmaschine. Die Drehzahl bleibt konstant, solange die zugeführte Periodenzahl N_1 gleichbleibt.

66. Die Leistungsverhältnisse des Kaskadenumformers.

Der Asynchronmotor des Kaskadenumformers arbeitet nur zum Teil als Motor. Der andere Teil der zugeführten Energie wird transformatorisch auf den Rotor übertragen und von diesem mit der Rotorperiodenzahl N_2 an den Umformer abgegeben. Bei stillstehendem Mo-

tor würde die ganze Energie transformatorisch auf den Rotor übertragen werden, bei nahezu synchron laufendem Rotor würde die ganze Energie in mechanische umgesetzt und übertragen werden. Im vorliegenden Falle wird ein Teil der Energie, welcher dem Verhältnis der Drehzahl n des Rotors zur Drehzahl n_1 des Drehfeldes entspricht, in mechanische Energie umgesetzt. Der Rest wird vom Rotor elektrisch abgegeben und verhält sich zur Gesamtenergie wie die Schlüpfung $(n_1 - n)$ zur Drehzahl n_1 des Statorfeldes. Ganz entsprechend muß natürlich der Umformer zum Teil als Gleichstromgenerator und zum Teil als Einankerumformer wirken. Die mechanisch übertragene Energie verhält sich also zur rein elektrisch übertragenen Energie stets wie $n : (n_1 - n)$ oder, was sich leicht ermitteln läßt, wie $p_1 : p_2$, also wie die Polzahl des asynchronen Teils zu der des synchronen. Bei gleicher Polzahl beider Maschinen wird die vom Drehstrommotor aufgenommene Leistung zur einen Hälfte mechanisch, zu anderen Hälfte elektrisch auf die Gleichstromseite übertragen. Um wie beim Einankerumformer günstige Erwärmungsverhältnisse zu bekommen, wird auch der Kaskadenumformer sechs-, oft auch zwölfphasig an den Rotor angeschlossen.

67. Der Betrieb und die Regulierung des Kaskadenumformers.

Wie den Einankerumformer kann man auch den Kaskadenumformer von der Gleichstromseite aus anlassen und mit Phasenlampen parallelschalten. Man kann aber auch den Asynchronmotor benützen und von der Drehstromseite aus schalten. Dabei unterbricht man zunächst die Verkettung des Rotors und schaltet Widerstände zum Anlassen ein wie bei einem gewöhnlichen Asyn-

chronmotor. Nach dem Parallelschalten wird dieser Anlasser sodann wie üblich kurzgeschlossen. Den richtigen Zeitpunkt für das Kurzschließen erkennt man an einem Voltmeter, das zwischen zwei der drei für den Anlasser bestimmten Schleifringe geschaltet wird. Je näher man dem Synchronismus kommt, um so langsamer werden die Schwankungen dieses Voltmeters und man schließt in dem Augenblick kurz, wo der Zeiger durch Null hindurchgeht.

Die auf der Gleichstromseite abgegebene Spannung steht auch beim Kaskadenumformer in einem ganz bestimmten Verhältnis zur zugeführten Drehstromspannung. Denn einerseits ist wegen der konstanten Drehzahl die Rotorspannung immer dieselbe, solange die zugeführte Spannung die gleiche ist, andererseits gilt für den Einankerumformer das starre Übersetzungsverhältnis, das auf S. 134f. geschildert worden ist. Doch kann wie beim Einankerumformer so auch hier in engen Grenzen (bis 10%) die Spannung durch den Erregerstrom des Umformers beeinflußt werden. Zunächst wird durch Veränderung des Erregerstroms nur die Phasenverschiebung von Strom und Spannung des Umformerdrehstroms verändert. Der Asynchronmotor, durch dessen Rotor dieser phasenverschobene Strom fließen muß, verhält sich aber wie ein Transformator, und zwar wie ein Transformator mit großer Streuung (vgl. sein Diagramm Fig. 120, S. 100). Die Rotorspannung wird also bei Phasenvoreilung gesteigert, bei Phasennacheilung verringert. Der asynchrone Teil des Kaskadenumformers vertritt somit von selbst die Stelle des Streutransformators, der beim Einankerumformer zur Spannungsregulierung durch den Erregerstrom nötig ist.

68. Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Umformer.

Da es sich vor allem um die Umwandlung von Drehstrom in Gleichstrom handelt, soll die Vergleichung sich auch nur hierauf beziehen.

Am bequemsten für den Betrieb ist ohne Zweifel ein Motorgenerator mit Asynchronmotor, wegen der bequemen Anlaßmöglichkeit, seiner großen Überlastbarkeit und der unbegrenzten Regulierfähigkeit der Gleichstromseite. Annähernd so bequem ist der Kaskadenumformer. Auch er kann asynchron anlaufen und ist außerordentlich überlastbar. Außerdem ist er mechanisch leichter zu bauen als der Motorgenerator. Ein Transformator ist unbedingt nötig beim Einankerumformer. Dagegen kann er bei den anderen Umformergruppen bis zu den für Motoren üblichen Spannungen entbehrt werden. Liegt die Notwendigkeit vor, in weiteren Grenzen die Gleichspannung zu regulieren, so sind die Motorgeneratoren die geeigneten Umformer. Bei den anderen sind noch besondere Regulierapparate nötig. In engen Grenzen aber lassen sich auch deren Spannungen beeinflussen.

↓ Vor dem Einankerumformer hat der Kaskadenumformer die kleinere Umdrehungszahl voraus. Der einfachste Umformer im Aufbau und der billigste ist der Einankerumformer.

69. Die üblichen magnetischen Sättigungen in den Maschinen und Transformatoren für Wechselstrom.

Die Wahl der magnetischen Sättigungen B im Eisen ist bei den verschiedenen Maschinenarten verschiedenen Rücksichten unterworfen. Mit Rücksicht auf die Kosten ist man veranlaßt, das magnetische Material in den Maschinen möglichst gut auszunützen, d. h. möglichst hoch zu sättigen. Diesem Bestreben wird jedoch dadurch eine

Grenze gesetzt, daß bei hohen Sättigungen der magnetische Widerstand des Eisens und die Verluste im Eisen infolge von Hysterese und Wirbelströmen unverhältnismäßig groß werden. Heutzutage übliche Werte der Sättigungen in den Transformatoren und Wechselstrommaschinen sind im folgenden zusammengestellt.

Transformatoren:

Bei Luftkühlung $B = 10\text{--}12\ 000$,
bei Ölkühlung $B = 13\ 500\text{--}15\ 000$.

Synchronmaschinen:

Luft	Ankerzähne	Ankereisen	Polkerne
$B = 8000$	20—22 000	6—10 000	16—17 000

Asynchronmaschinen:

	Statorzähne	Rotorzähne
für $N = 40\text{--}60$	$B = 15\text{--}18\ 000$	18—20 000
für $N = 20\text{--}30$	$B = 16\text{--}20\ 000$	20—22 000
	Statoreisen	Rotoreisen
	$B = 6\text{--}10\ 000$	8—12 000
	$B = 8\text{--}12\ 000$	10—14 000

Sättigung in der Luft $B = 3500\text{--}6500$,
meist 4500—5500.

Einphasenmotoren:

Luft	Zähne	Statoreisen und Rotoreisen
$B = 4\text{--}6000$	15—18 000	7—8000.

Über den Einfluß der Erwärmung auf den Betrieb, Kapselung und Kühlung vergleiche man das zu den Gleichstrommaschinen in Teil II, S. 98 ff. Gesagte.

Die Bedeutung der benutzten Buchstaben.

Kleine lateinische Buchstaben.

l	Länge in cm
n	Minutliche Umdrehungszahl
n_s	Sekundliche Umdrehungszahl
p	Zahl der Polpaare
q	Querschnitt, Fläche in qcm
t	Zeit in Sekunden
v	Streuungskoeffizient
x	Beliebige Strecke der Abszissenachse
z	Windungszahl
z_1	Leiterzahl

Große lateinische Buchstaben.

A	Arbeit, Energie
A_h	Hystereseeffekt
A_{h+w}	Hysteresee- und Wirbelstromeffekt
A_s	Arbeit pro Sekunde, Effekt, Leistung
AW	Amperewindungen
B	Feldstärke, magnetische Induktion
D	Spannung, Klemmenspannung in Volt
D_{eff}	Effektivwert der Spannung
D_{mom}	Momentanwert der Spannung
D_{max}	Maximalwert der Spannung
E	EMK
E_s	EMK der Selbstinduktion, Streuspannung
E_{ind}	Induzierte EMK
E_{eff}	Effektivwert der EMK
E_{max}	Maximalwert der EMK
E_{mom}	Momentanwert der EMK
EMK	Elektromotorische Kraft
J	Strom
J_a	Ankerstrom
$J_a z_a$	Anker-AW
J_{eff}	Effektivwert des Stroms
J_{h+w}	Wattkomponente des Leerlaufstroms
J	Leerlaufstrom

J_{μ}	Magnetisierungsstrom, wattlose Komponente des Leerlaufstroms
J_m	Erreger(Magnet)strom
$J_m z_m$	Erreger-AW
J_{\max}	Maximalwert des Stroms
J_{mom}	Momentanwert des Stroms
$J \cdot z$	Amperewindungen
K	Resultierendes, wirklich vorhandenes Feld
KVA	Kilo-Volt-Ampere
KW	Kilowatt
M_f	Magnetisierungsfähigkeit
N	Frequenz, Periodenzahl
T	Periode eines Wechselstroms
V	Volumen in ccm
VA	Volt-Ampere
W	Widerstand in Ohm

Griechische Buchstaben.

α	Winkel
η	Wirkungsgrad
π	Kreiskonstante
φ	Phasenwinkel zwischen Strom und Spannung
ω	Winkelgeschwindigkeit
Φ	Kraftlinienzahl, Kraftlinienfeld
Φ_{\max}	Maximale Kraftlinienzahl
Φ_{mom}	Momentane Kraftlinienzahl
Φ_a	Kraftlinien, die vom Ankerstrom geschaffen werden
Φ_m	Kraftlinien, die vom Erregerstrom geschaffen werden

Indizes.

a	im Anker
abs	in absolutem Maß
eff	effektiv
err	die Erregung betreffend
h	durch Hysterese
ind	induziert
m	in der Magnet(Erreger)wicklung
max	Maximalwert
mom	Momentanwert
r	durch Reibung
w	durch Wirbelströme
s	sekundlich

Register.

- Alternator 5.
Amperewindungen, Zusammensetzung von 35.
Amperewindungsdiagramm 37.
— des Generators 40.
— des Synchronmotors 86.
— des Transformators 61.
Anker des Asynchronmotors 96.
— des Generators 26f.
— des Kommutatormotors 123.
— des Umformers 133ff.
—, Kurzschluß- 94.
—, Phasen- 95.
—, Schleifring- 96.
Ankerrückwirkung 41.
Ankerwicklung des Asynchronmotors 83.
— des Generators 5.
Anlasser 109.
Anlaßwiderstand beim Asynchronmotor 109.
Anlaufen des Asynchronmotors für Drehstrom 108.
— des Synchronmotors 85f.
Anzugsmoment des Asynchronmotors 104.
Armatur s. Anker.
Asynchrongenerator 113.
Asynchronmotor 81. 94.
—, einphasiger 115.
—, mehrphasiger 92ff.
Außenpolrad 29.
Autotransformator 75.
- Betrieb des Asynchronmotors** 102ff.
— des Generators 41ff.
— des Synchronmotors 87f.
- Betrieb des Transformators 64ff.
Booster 120.
Bürsten beim Kommutatormotor 123ff.
- Dämpferwicklung** 51.
Déri 128.
Diagramm für Dreieckschaltung 16. 23.
— für Dreiphasenstrom 12.
— für Sternschaltung 16. 22.
Diagramme des Asynchronmotors 96ff.
— des Generators 38ff.
— des Synchronmotors 86.
— des Transformators 61ff.
Drehfeld 81ff.
Drehfeldwicklung 83.
Drehmoment des Asynchronmotors 102.
Drehrichtung des Drehstrommotors 112.
Drehstrom 11ff.
Drehstromasynchronmotor 113.
Drehstromgenerator 14ff.
Drehstrommotor, Asynchron- 92ff.
—, Kommutatormotor 129.
—, Synchron- 84ff.
Drehstromtransformator 60.
Dreieckschaltung 16f. 23.
Dreilochwicklung 9.
Dreiphasenstrom 11ff.
— -diagramm 22.
— generator 13.
Dreiphasiger Wechselstrom 12.
Drosselspule 79.
- Effekt des Wechselstroms** 25.
Effektivwert 19.
Eichberg 127.
Einankerumformer 132f.
Einlochwicklung 14.
Einphasenkommutatormotor 81. 123ff.
Einphasenmotoren 90. 115. 123.
Einphasenstrom 9.
Einphasenstromgenerator 9.
Einphasentransformator 58.
Einphasiger Asynchronmotor 115.
— Kommutatormotor 123ff.
— Synchronmotor 90.
— Wechselstrom 9.
Einschalten des Asynchronmotors 108.
— des Synchronmotors 85.
Eisenverluste im Diagramm 77. 107.
EMK des Transformators 67.
— einer Wechselstrommaschine 17ff. 21.
— Grundgleichung 20.
— des Einankerumformers 135.
Erregermaschine 6. 43.
Erregerstrom 6.
— des Generators 52.
— des Synchronmotors 88.
Erwärmung, zulässige 55. 60.
Erzeugung von Wechselstrom 6.
- Felddiagramm** 37.
— des Asynchronmotors 96ff.

- Felddiagramm des Generators 38ff.
 — des Synchronmotors 86.
 — des Transformators 61ff.
 Felder, Zusammensetzung 35.
 Feldmagnete 28ff.
 Frequenz 18.
Generator, Aufbau 5.
 — für Drehstrom 13.
 — für Einphasenstrom 7.
 —, asynchroner 113.
 Gleichpoltype 31.
 Gleichstromanker 100.
Heylandsches Diagramm 105.
 Hystereseverluste 78.
Jahreswirkungsgrade 74.
 Induktionsmotor 81.92ff. 94.
 Induktionsregler 119.
 Isolation 27.
Käfiganker 94.
 Kappsches Diagramm 70.
 Kaskadenumformer 139.
 Kerntransformator 59.
 Kilovoltampere 55.
 Klemmen 6.
 Klemmenspannung des Transformators 66.
 Klemmenspannung der Wechselstrommaschine 19. 40.
 Kollektormotor 81. 123ff.
 Kommutatormotor 81. 123ff.
 Kompensationswicklung 126.
 Konverter 132.
 Kosinuskurve 16.
 Kraftlinienfeld s. Feld.
 Kreisdiagramm 105f.
 Kühlung durch Öl 60.
 — — Ventilation 28.
 Kupferverluste im Diagramm 78.
 Kurzschlußanker 94.
 Kurzschlußspannung 69.
Latour 127.
 Läufer 93.
 Leerlauf eines Transformators 64.
 Leerlaufdiagramm des Transformators 65.
 Leerlaufstrom des Asynchronmotors 107.
 — des Transformators 65. 78.
 Leistung des Drehstroms 25.
 — des Generators 55.
 — des Transformators 74.
 — des Wechselstroms 25. 55.
 Leistungsfaktor 25.
 Leitungsspannung bei Verkettung 16. 22.
 Leitungsstrom bei Verkettung 16. 24.
Magnetisierungsstrom 65.
 Magnetrad 5. 28.
 Magnetwicklung 5.
 Manteltransformator 59.
 Mehrphasenstrom 9.
 —, verkettet 15.
 Mehrphasenstromtransformator 60.
 Mehrphasiger Asynchronmotor 92ff.
 — Synchronmotor 84ff.
 — Wechselstrom 11.
 Motoren 80ff.
 — -Verwendbarkeit 130.
 Motorgenerator 132.
Nacheilung des Stroms beim Generator 52.
 — — Synchronmotor 89.
 Neutrale Zone 123.
 Nulleiter 16.
 Nuten 27.
Ölkühlung 60.
Parallelarbeiten von Transformatoren 73.
 Parallelschalten von Generatoren 44ff.
 Pendeln 48.
 Periode 18.
 Periodenzahl 18.
 Phasenanker 95.
 Phasenlampe 45.
 Phasennacheilung siehe Nacheilung.
 Phasenstrom 22.
 — -spannung 22.
 Phasenverschiebung beim Synchronmotor 87ff.
 — beim zweiphasigen Wechselstrom 10.
 — beim dreiphasigen Wechselstrom 12.
 — beim vierphasigen Wechselstrom 135.
 Phasenvoreilung s. Voreilung.
 Phasenvoltmeter 45.
 Phasenwicklung 11. 13. 16. 22.
 Polrad 5. 28.
 Polschuh 6.
 Polteilung 7.
 Polumschaltung 112.
 Polwechsel 19.
 Potentialregulator 119.
 Primäranker 93.
Reguliertransformator 76. 110f.
 Regulierung der Drehzahl des Asynchronmotors 111f.
 — des Erregerstroms 43.
 Reihenschlußmotor 124.
 Repulsionsmotor 126.
 Resonanz 48.
 Resultierende AW 36ff.
 Resultierendes Feld 36ff.
 Rotierende Umformer Rotor 6. 93. [132].
Sättigungen, übliche 145.
 Schleifringanker 96.
 Schleifringe beim Asynchronmotor 95.
 — beim Generator 6.
 Schlüpfung 94.
 Schwingung des Wechselstroms 18.
 — einer Maschine 50.
 Sechspannenstrom 34.
 Sekundäranker 93.
 Serienmotor 124.
 Sinusförmige EMK 7.
 Spannung s. Klemmenspannung.

- Spannungsabfall 68.
 Spannungsänderung 44.
 Spannungsdiagramm,
 Kappsches 72.
 Sparschaltung 76.
 Spulenkopf 8.
 Spulenwicklung, Dreh-
 strom 13f.
 — für Einphasenstrom 8.
 Ständer 93.
 Stator 6. 93.
 Stern-Dreieckschalter
 110.
 Sternschaltung 16. 22.
 Streufeld 63.
 Streuspannung 70f.
 Streutransformator 139.
 Streuung 63.
 — beim Asynchronmotor
 99.
 — beim Transformator
 64.
 Stromdreieck 100.
 Stromwärme s. Kupfer-
 verluste.
 Synchron 85.
 Synchrongenerator 115.
 Synchronisierende Kräfte
 51.
 Synchronismus 45.
 Synchronmotor, einpha-
 siger 90.
 —, mehrphasiger 81. 84ff.
 Temperaturerhöhung, zu-
 lässige 55.
 Tourenregulierung beim
 Asynchronmotor 111.
 Transformator 57ff.
 Transformator diagram-
 me 64ff.
 Turbogenerator 28. 32.
 Übererregter Synchron-
 motor 89.
 Übersetzungsverhältnis
 des Transformators 67.
 Übersynchron 115.
 Umdrehungszahl des
 Drehfeldes 84.
 — des Synchronmotors
 85.
 Umformer 132ff.
 Untererregung 54.
 Vektordiagramm 11.
 Ventilationsschlitze 28.
 Verkettung von Mehr-
 phasenstrom 15.
 Verkettungspunkt 15.
 Verwendbarkeit d. Wech-
 selstrommotoren 130.
 Vierphasenstrom 34. 135.
 V-Kurve 53. 89.
 Volt-Ampere 55.
 Voreilung des Stroms
 beim Asynchrongene-
 rator 114.
 — — beim Synchron-
 generator 53.
 — — beim Synchron-
 motor 89.
 Wattstrom 78.
 Wechspelotype 29.
 Wechselspannung, Er-
 zeugung von 6ff.
 — Größe der 17ff.
 Wechselstrom, einphasi-
 ger 7.
 —, Erzeugung von 6ff.
 —, mehrphasiger 11.
 Wechselstromdynamo 5.
 — -erzeuger 5ff.
 — -generator 5.
 — -kommutatormotoren
 — -maschine 5. [123ff.
 — -motoren 80ff.
 — siehe auch Asynchron-
 motor, Induktionsmo-
 tor, Kommutatormo-
 tor, Synchronmotor.
 Wechselstrommotoren,
 ihre Verwendbarkeit
 130.
 Wechselstromtransfor-
 mator 57ff.
 Welle des Wechsel-
 stroms 18.
 Wicklung eines Dreh-
 feldankers 83.
 — eines Generators 14.
 — eines Phasenankers 96.
 Winter-Eichberg 127.
 Wirbelstromverluste 78.
 Wirkungsgrad des Ein-
 ankerumformers 137.
 — des Generators 55.
 — der Motoren 130.
 — des Transformators 74.
 Zusammensetzung von
 AW 35.
 — von Feldern 35.
 Zusatzmaschine 139.
 Zwillochwicklung 9.
 Zweiphasenstrom 9f. 33.

Verzeichnis der Abbildungen auf den Tafeln.

Tafel I.

- Abb. 1. Drehstromgenerator für direkte Kupplung von 2000 KVA, 6000 Volt, 50 Per., 94 Umdr. i. d. Min. (Bergmann-Elektrizitätswerke A.-G., Berlin).
- Abb. 2. Drehstrom-Schwungradgenerator für direkte Kupplung von 2500 KVA mit angebaute Erregermaschine (Felten & Guillaume-Lahmeyerwerke A.-G., Frankfurt a. M.).

Tafel II.

- Abb. 3. Wechselstromgenerator für direkte Kupplung, 4500/4900 Volt, 264/168,5 Ampere, 1000 Umdr. i. d. Min. mit angebaute Erregermaschine für 525 Volt und 67 Ampere (Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H., Berlin).
- Abb. 4. Drehstromgenerator mit angebaute Erregermaschine für Riemenantrieb (Deutsche Elektrizitätswerke Garbe, Lahmeyer & Co. A.-G. zu Aachen).

Tafel III.

- Abb. 5. Drehstrom-Schwungradgenerator mit Außenpolrad für Antrieb durch einen direkt gekuppelten Dieselmotor von 950 KVA, 2650 Volt, 167 Umdr. i. d. Min., 50 Per. (Maschinenfabrik Oerlikon bei Zürich).
- Abb. 6. Wechselstromgenerator mit angebaute Erregermaschine und einem Polrad, dessen Pole abwechselnd mit Wicklung versehen sind (Elektrizitäts-A.-G. vormals Kolben & Co., Prag-Vysocan).

Tafel IV.

- Abb. 7. Anker eines 20 poligen Drehstromgenerators mit Vierlochstabwicklung (frühere Gesellschaft für elektrische Industrie in Karlsruhe).
- Abb. 8. Teil der Ankerwicklung eines Drehstromgenerators mit Zweilochwicklung f. 10 500 Volt, 6000 PS und 50 Per. (Felten & Guillaume-Lahmeyerwerke A.-G., Frankfurt a. M.). Die 5 Ventilationsschlitze sind deutlich sichtbar

Tafel V.

- Abb. 9. Polrad mit schräggestellten Polschuhen zur Erzeugung von möglichst sinusförmig verteilten Kraftlinienfeldern (Maschinenfabrik Oerlikon bei Zürich).
- Abb. 10. Polrad mit abgetreppten Polschuhen zur Erzeugung von möglichst sinusförmig verteilten Kraftlinienfeldern (Maschinenfabrik Oerlikon bei Zürich).

Tafel VI.

- Abb. 11. Polrad für einen Drehstromgenerator mit vertikaler Welle zur direkten Kupplung mit einer langsam laufenden Wasserturbine (Maschinenfabrik Oerlikon bei Zürich).
- Abb. 12. Teil eines Polrads für einen Drehstromgenerator (Maschinenfabrik Oerlikon bei Zürich). Die Art der Befestigung der aus Blechen bestehenden Pole ist deutlich sichtbar.

Tafel VII.

- Abb. 13. Anker eines Drehstromturbogenerators mit vierpoliger Vierlochwicklung für sehr hohe Tourenzahl für Dampfturbinen-Antrieb (Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim).
- Abb. 14. Polrad für einen Drehstromturbogenerator mit sehr hoher Tourenzahl (für Dampfturbinenantrieb). (Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim). Links sitzt der Anker für die angebaute Erregermaschine.
- Abb. 15. Polrad für einen Turbogenerator mit eingelegter Wicklung, aber ohne Kappen (Siemens-Schuckert-Werke, G. m. b. H., Berlin).

Tafel VIII.

- Abb. 16. Einphasen-Wechselstrom-Transformator (Kerntype) für 2900 KVA, 6000/60 000 Volt, 10²/₃ Per. mit Schlangen für Wasserkühlung ohne Ölkasten (Brown, Boveri & Cie, A.-G., Mannheim).
- Abb. 17. Einphasen-Wechselstrom-Transformator (Manteltype) für Einbau in Ölkasten (Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin).
- Abb. 18. Einphasen-Wechselstrom-Transformator im Ölkasten (Siemens-Schuckert-Werke, G. m. b. H., Berlin).
- Abb. 19. Einphasentransformator für Einbau in Ölkasten (Bergmann-Elektrizitätswerke A.-G., Berlin).
- Abb. 20. Ölkasten zum Transformator von Abb. 19.

Tafel IX.

- Abb. 21. Drehstromtransformator mit Ölkühlung, im Blechkasten eingebaut (Maschinenfabrik Eßlingen bei Stuttgart).
- Abb. 22. Drehstromtransformator für Ölkühlung (Maschinenfabrik Eßlingen bei Stuttgart).
- Abb. 23. Drehstromtransformator für 42 KVA, 1000/220 Volt (Sie-

mens-Schuckert-Werke, G. m. b. H., Berlin).

- Abb. 24. Drehstromtransformator, im Ölkasten eingebaut (Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin).
- Abb. 25. Drehstromtransformator mit Ölkühlung. (Maschinenfabrik Oerlikon bei Zürich.) Der Transformator gehört in den daneben stehenden, mit Öl gefüllten Blechkasten.

Tafel X.

- Abb. 26. Kurzschlußläufer (Käfiganker) für einen asynchronen Drehstrommotor mit kleinen Ventilationsflügeln (Deutsche Elektrizitätswerke Garbe, Lahmeyer & Co., A.-G. zu Aachen,).
- Abb. 27. Schleifringläufer mit Phasenwicklung für einen asynchronen Drehstrommotor (Deutsche Elektrizitätswerke Garbe, Lahmeyer & Co. A.-G.) zu Aachen.
- Abb. 28. Asynchroner Drehstrommotor mit Schleifringanker mit abgenommenem Lagerschild (Maschinenfabrik C. & E. Fein in Stuttgart).
- Abb. 29. Offener asynchroner Drehstrommotor mit Schleifringanker (Felten & Guilleaume-Lahmeyerwerke A.-G., Frankfurt a. M.).
- Abb. 30. Ganz geschlossener asynchroner Drehstrommotor mit Schleifringanker (gegen Staub und Spritzwasser geschützt) (Felten & Guilleaume-Lahmeyerwerke A.-G., Frankfurt a. M.).
- Abb. 31. Asynchroner Drehstrommotor mit Schleifringanker, Kurzschluß- und Bürstenabhebevorrichtung (frühere Gesellschaft für elektrische Industrie, Karlsruhe in Baden).
- Abb. 32. Asynchroner Drehstrommotor mit Schleifringläufer, mit Bürstenabhebe- und Kurzschlußvorrichtung (Leistung 100 PS, 750 Touren) (Maschinenfabrik Eßlingen bei Stuttgart).

Tafel XI.

Abb. 33. Asynchroner Drehstrommotor mit direkt angebaurem Anlasser, aufgebautem Ampere-meter und Ausschalter, mit zwangsläufiger Vorrichtung zum Kurzschließen der Schleifringe und Abheben der Bürsten (Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim).

Abb. 34. Asynchroner Drehstrommotor für 750 PS, 1500 Umdr. i. d. Min., 960 Volt, Frequenz 50, mit Schleifringanker, Kurzschluß- und Bürstenabhebevorrichtung (Bergmann-Elektrizitätswerke A.-G., Berlin).

Tafel XII.

Abb. 35. Asynchroner Drehstrommotor für 3000 Volt, 1560 PS, 1485 Umdr. (Siemens-Schuckert-Werke, G. m. b. H., Berlin).

Abb. 36. Asynchroner Drehstrommotor, 500 Volt, 175 PS, 50 Per., 368 Touren, mit angebaute Steuerwalze und ölgekühltem Widerstand (Siemens-Schuckert-Werke, G. m. b. H., Berlin). Der Motor ist ventiliert gekapselt und hat nach unten gerichtete Flanschen zum Anschluß an Kühlluftkanäle.

Abb. 37. Bestandteile eines asynchronen Drehstrommotors mit Schleifringen und Vorrichtung zum Kurzschließen und Abheben der Bürsten (Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim).

Tafel XIII.

Abb. 38. Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußkommutatormotor 130 Volt, 90 Ampere, 10 PS, 1400 Umdr., 50 Per. (Siemens-Schuckert-Werke, G. m. b. H., Berlin).

Abb. 39. Einphasen-Wechselstrom-Kommutatormotor, Schaltung Déri (Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim).

Abb. 40. Einphasen-Wechselstrom-Kommutatormotor für 50 PS, 1800 Touren, 200 Volt, 50 Per. (Siemens-Schuckert-Werke, G. m. b. H., Berlin).

Abb. 41. Drehstromkommutatormotor der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Berlin.

Tafel XIV.

Abb. 42. Motorgenerator der Maschinenfabrik Eßlingen bei Stuttgart. Der Motor (rechts) ist ein asynchroner Drehstrommotor, der Gleichstromgenerator hat Wendepole.

Abb. 43. Drehstrom-Gleichstrom-Umformer-Aggregat (Motor-Generator). (Siemens-Schuckert-Werke, G. m. b. H., Berlin.) Der Motor (links) ist ein Drehstrom-Synchronmotor von 885 PS Normalleistung bei 5500 Volt mittlerer Spannung, 100 Polwechsel, 375 Umdr., mit rechts abgebauter Erregermaschine. Zum Anlassen ist außerdem noch ein kleiner Drehstrom-Asynchronmotor links angebaut (Anwurfmotor).

Tafel XV.

Abb. 44. Einankerumformer für Drehstrom-Gleichstrom mit Drehstromasynchronmotor zum Anlassen (Anwurfmotor) (Fellen & Guilleaume-Lahmeyerwerke A.-G., Frankfurt a. N.).

Abb. 45. Stator und Rotor eines Drehstrom-Asynchronmotors für 500 KVA, 70 Volt und 428 Umdreh. in d. Min. (Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim).

Tafel XVI.

Abb. 46. Einankerumformer der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Berlin mit angebaurem synchronem Drehstromgenerator zur Regulierung der Spannung.

Abb. 47. Kaskadenumformer der Siemens-Schuckert-Werke, G. m. b. H., Berlin.

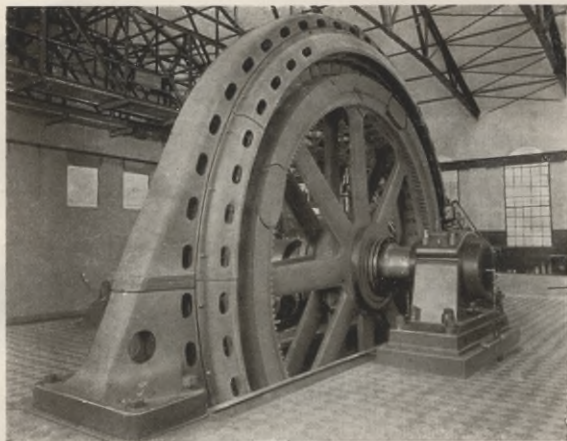


Abb. 1.

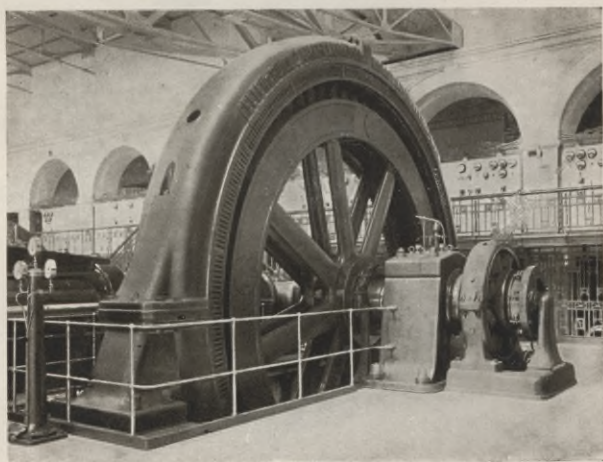


Abb. 2.

Tafel I. Drehstromgeneratoren.

Herrmann, Elektrotechnik III.

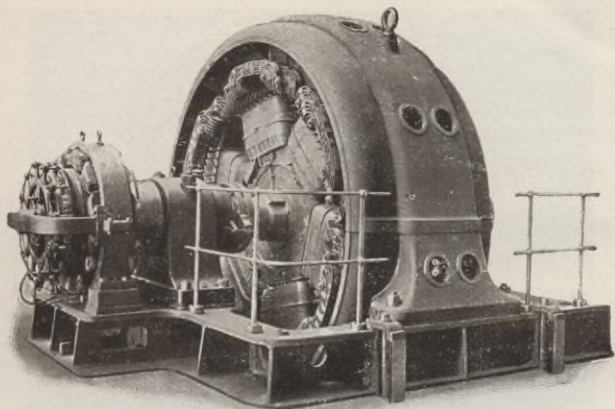


Abb. 3.

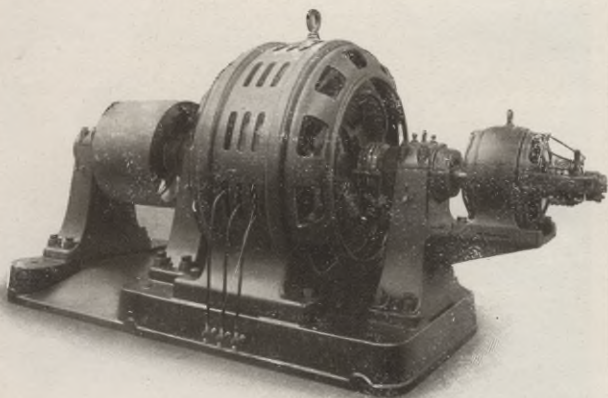


Abb. 4.

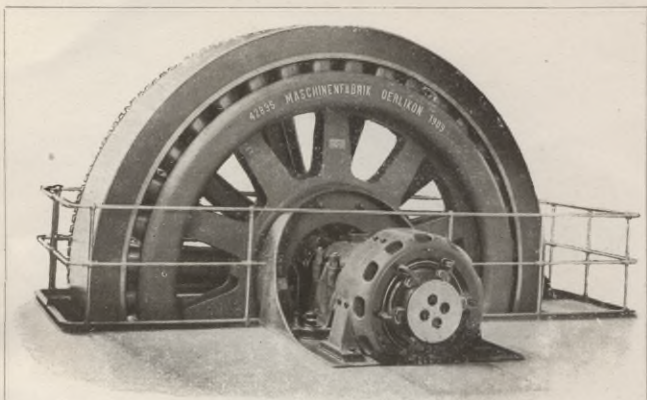


Abb. 5.

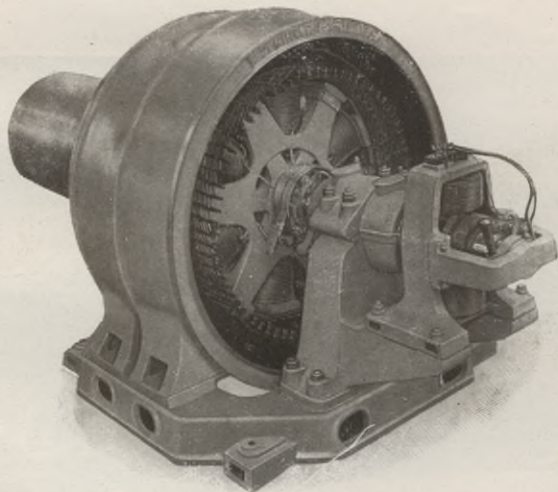


Abb. 6.

Tafel III. Drehstromgeneratoren.

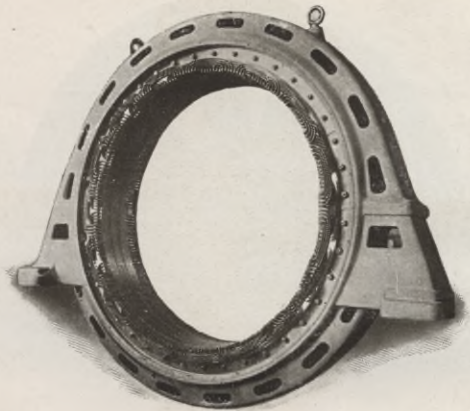


Abb. 7.

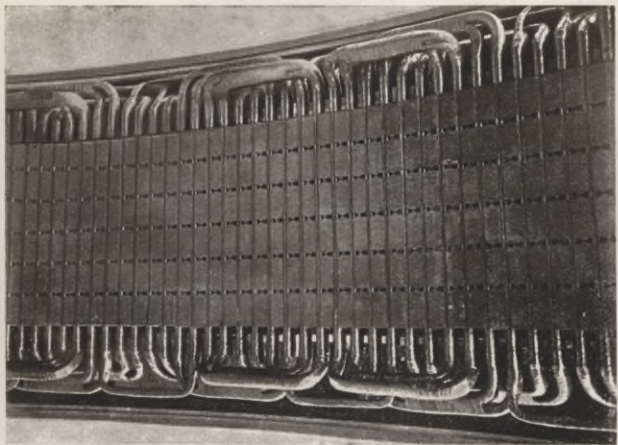


Abb. 8.

Tafel IV. Ankerwicklungen.

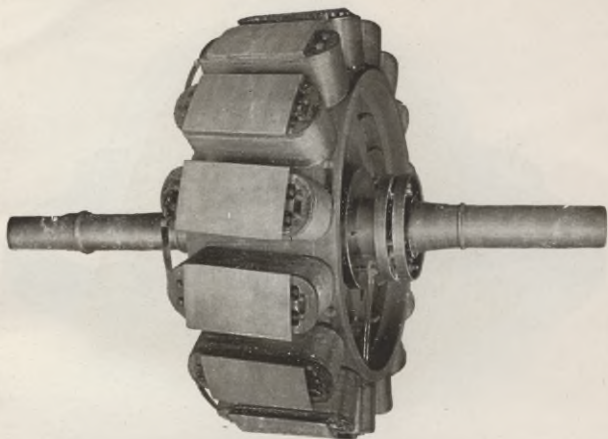


Abb. 9.

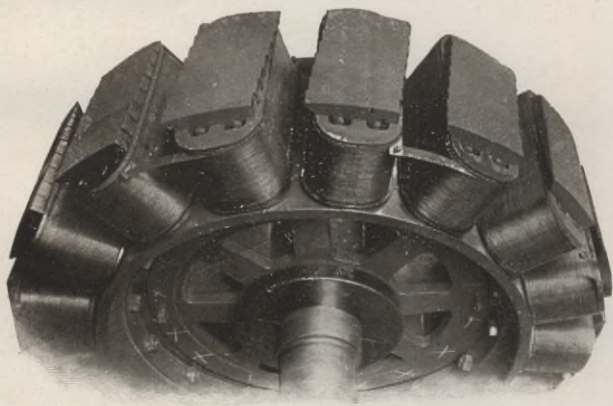


Abb. 10.

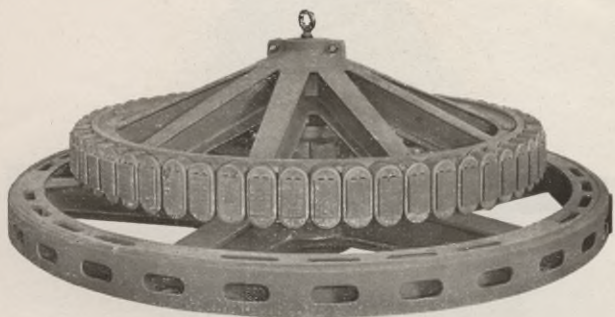


Abb. 11.

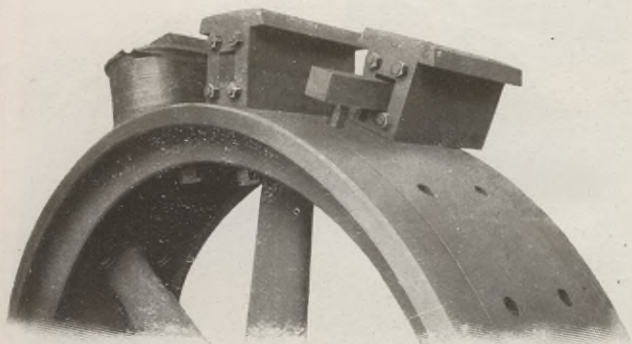


Abb. 12.

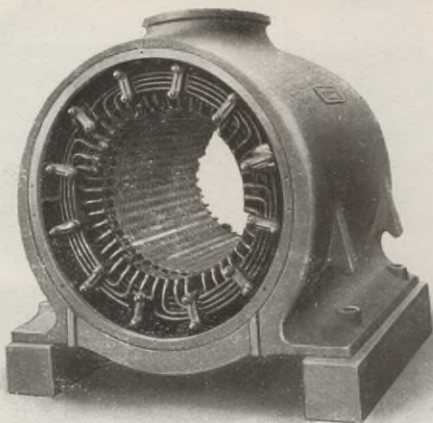


Abb. 13.

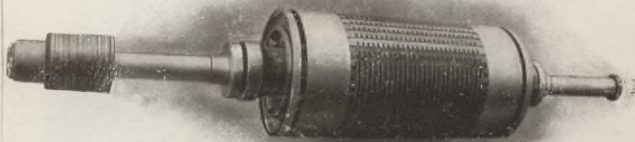


Abb. 14.

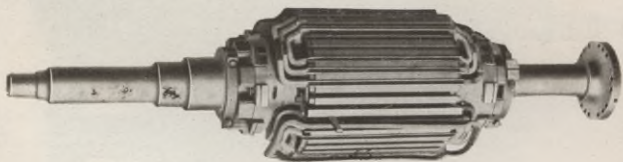


Abb. 15.

Tafel VII. Anker und Polräder für Turbogeneratoren.

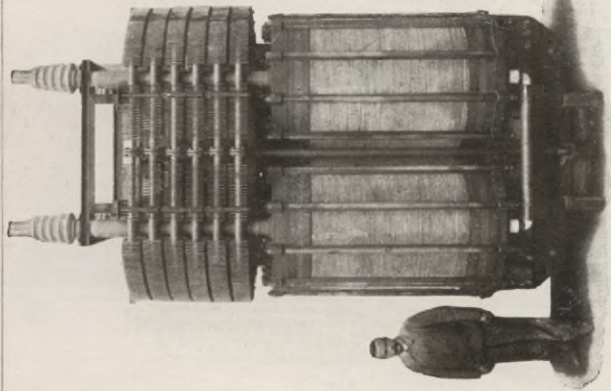


Abb. 16.

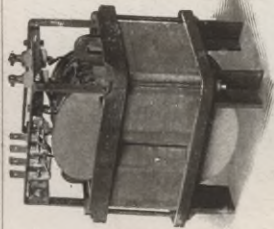


Abb. 17.

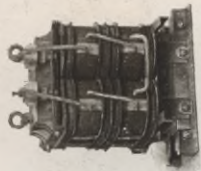


Abb. 19.



Abb. 18.

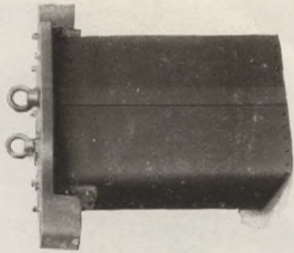


Abb. 20.



Abb. 21.



Abb. 23.

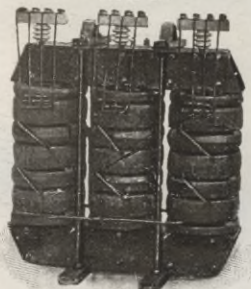


Abb. 22.



Abb. 24.

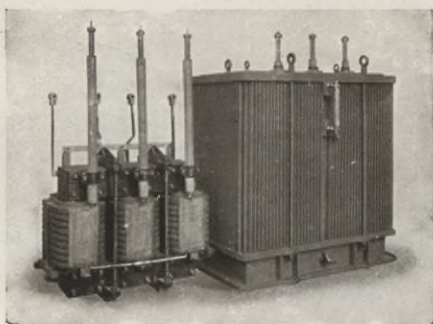


Abb. 25.

Tafel IX. Drehstromtransformatoren.

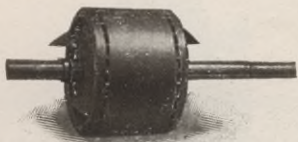


Abb. 26.



Abb. 27.



Abb. 28.

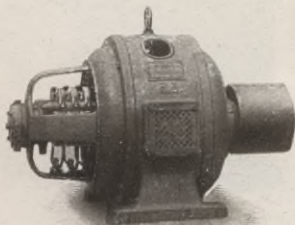


Abb. 29.

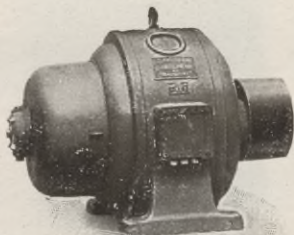


Abb. 30.

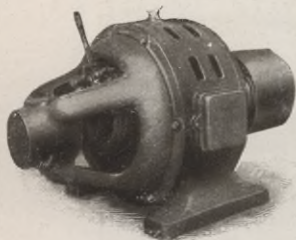


Abb. 31.

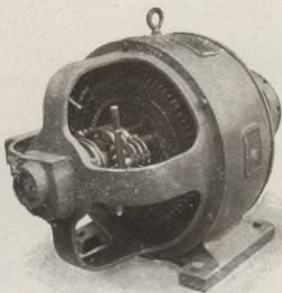


Abb. 32.

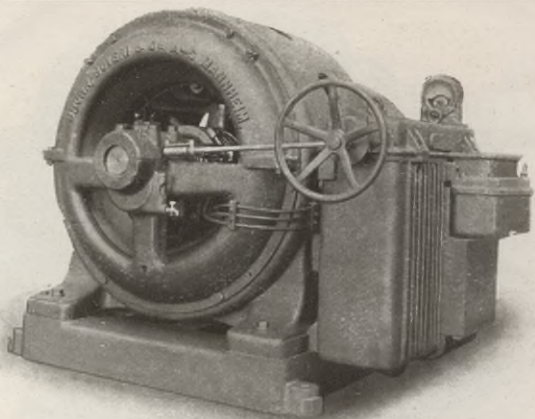


Abb. 33.

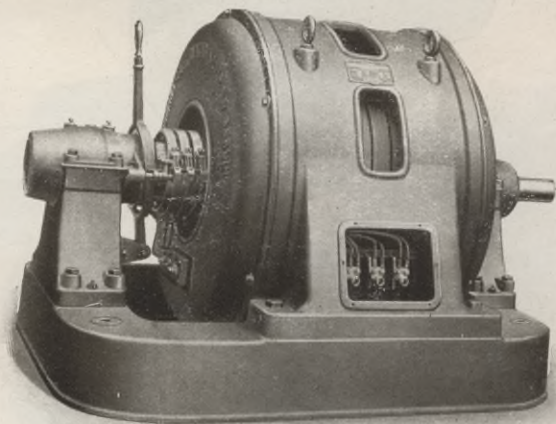


Abb. 34.

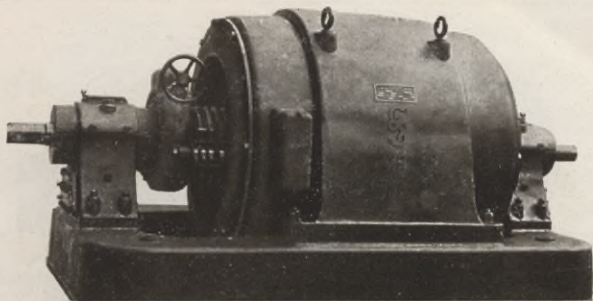


Abb. 35.

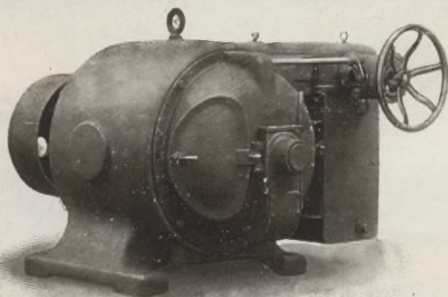


Abb. 36.

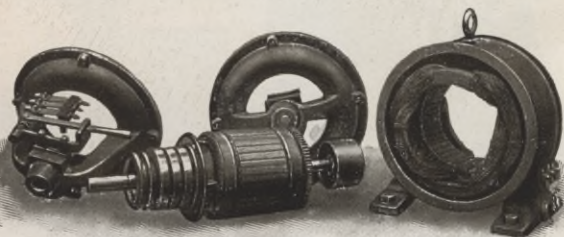


Abb. 37.



Abb. 38.

Abb. 39.

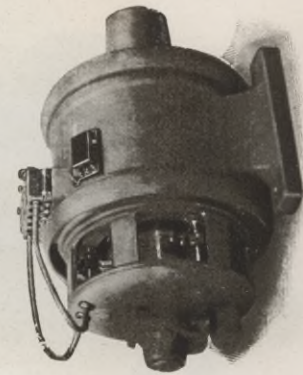


Abb. 40.

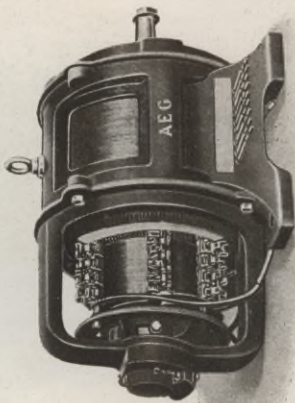


Abb. 41.

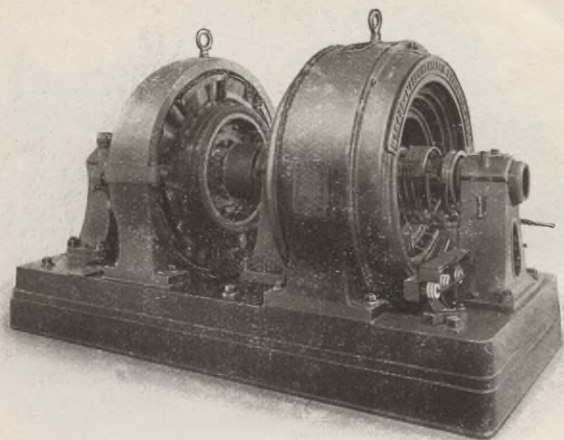


Abb. 42.

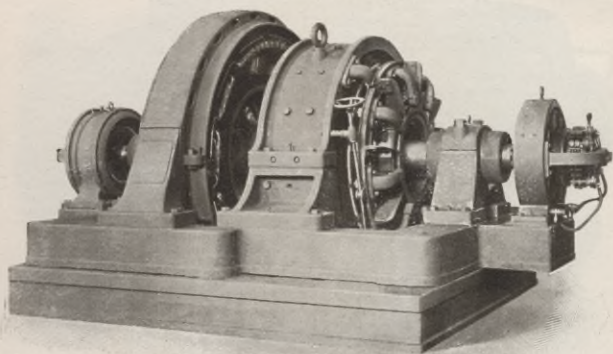


Abb. 43.

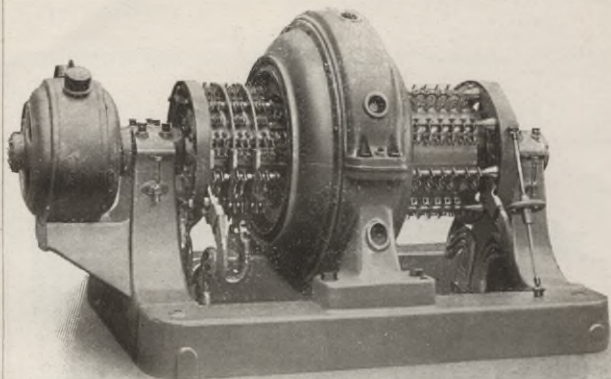


Abb. 44.

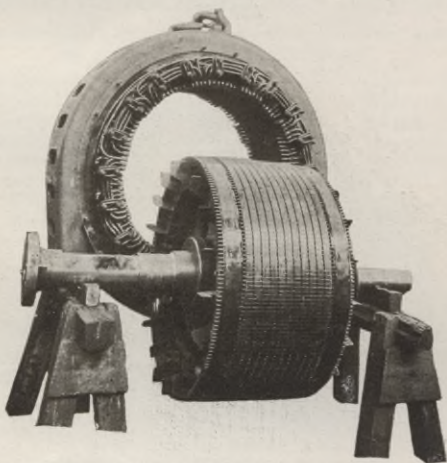


Abb. 45.

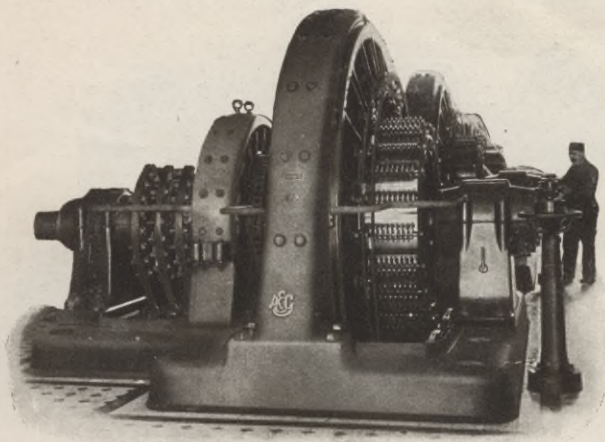


Abb. 46.

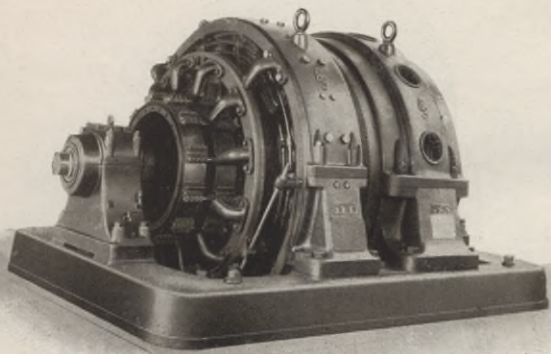


Abb. 47.

S. 61

Technikum Mittweida

Königreich Sachsen.

Direktor: PROFESSOR A. HOLZT



Höheres technisches Institut für Ausbildung in der Elektrotechnik und im gesamten Maschinenbau

Getrennte Studienpläne für Elektro-Ingenieure, Maschinen-Ingenieure, Bureau- u. Betriebstechniker u. Werkmeister der Elektrotechnik und des Maschinenbaues.

Reich ausgestattet. elektrot. u. Maschinenbau-Laboratorien. Lehrfabrik-Werkstätten zur Ausbildung von Praktikanten und Lehrlingen (3000 qm bebaute Grundfläche).

Auf allen bisher beschickten Ausstellungen erhielten das Technikum Mittweida bzw. seine Präzisions-Werkstätten hervorragende Auszeichnungen. Industrie- u. Gewerbe-Ausstellung Plauen: die Ausstellungsmedaille der Stadt Plauen „für hervorragende Leistungen. Industrie- und Gewerbe-Ausstellung Leipzig: die Kgl. Staatsmedaille „für hervorrag. Leistungen im techn. Unterrichtswesen“. Industrie-Ausstellung Zwickau: die gold. Medaille. Internationale Weltausstellung Lüttich: den Prix d'honneur.

Älteste und besuchteste Anstalt
Aufnahmen im April und Oktober

Programm und Jahresbericht der Anstalt, sowie nähere Auskunft erhält man unentgeltlich vom

Sekretariat des Technikum Mittweida.

Elektrotechn. Lehranstalt d. Physikal. Vereins zu Frankfurt a. M.

Fachunterricht durch in der Praxis stehende Ingenieure
Praktische Übungen im Laboratorium und Maschinenraum

Dauer des Kursus: $\frac{3}{4}$ Jahr. Beginn: 6. Januar. Schulgeld: M. 160.—
Ausbildung von Mechanikern, Maschinenbauern, Monteuren für die
Tätigkeit als **Werkmeister, Obermonteure, Betriebsbeamte,
Installateure der Elektrotechnik.** Aufnahmebedingungen: Be-
standene Lehre und weitere praktische Tätigkeit in der Werkstatt,
im Maschinenbetrieb oder auf Montage, Fertigkeit im Zeichnen,
Sicherheit im Zahlen- und Buchstabenrechnen und in den Elementen
der Geometrie (durch Besuch einer Fortbildungsschule zu erwerben).
Ausführl. Lehrplan d. d. Sekretariat, Frankfurt a. M., Kettenhofweg 136.



Städt. Polytechnische Lehranstalt Friedberg i. H.

5 Bahnminuten von Bad Nauheim

$\frac{1}{2}$ Bahnstunde von Frankfurt a. M.

Direktor: Dr. Ing. H. Kröner, Regierungsbaumeister

Abteilungen für Maschinenbau, Elektrotechnik, Architektur
und Bauingenieurwesen. — Programm durch das Sekretariat.

Beginn der Semester April und Oktober



Ingenieur-Schule u. Technikum

Elektrotechnik, Maschinenbau,
Heizung, Gas- u. Wassertechnik,
Handelsing., Hochbau, Tiefbau,
Eisenbau, Eisenbetonbau, $\frac{1}{4}$ jährl.
neue Vorträge, Grupp.- u. Einzel-
unterricht, 1685 Stud. 5 Laborat.
Kürz. Studiendauer. Progr. gratis

Mecklenburg

Strelitz



Bogenlampen

Scheinwerfer

Elektrizitätszähler

Transformatoren

u. Nebenapparate

Körting & Mathiesen

Aktiengesellschaft

Leutzsch - Leipzig

MASCHINENFABRIK OERLIKON

OERLIKON BEI ZÜRICH

Telegramm-Adresse: Usine Oerlikon

Elektrische Zentralen für Kraft-
übertragung • Umformeranlagen
Transformatoranlagen • Kom-
plette Apparatenanlagen • Elek-
trische Bahnen • Elektrische
Lokomotiven • Dampfturbinen
Generatoren • Elektromotoren
Transformatoren • Elektrisch
betriebene Hebezeuge • Kranen
Förderwinden • Elektromechan.
Anwendungen aller Art • Elektr.
Wasserzersetzung - Apparate

Maschinenfabrik Eblingen

Abteilung für Elektrotechnik

.....
Dynamomaschinen

□ Elektromotoren □

Erstellung elektrischer
Licht- u. Kraftanlagen

.....
Ingenieurbesuch und Kostenvoranschläge kostenlos

Maschinenbaukatalog

Verlag des Maschinenbauers
Dresden
Elektrische Maschinen
Bauart und Konstruktion
Eisen- u. Stahlbau
Maschinenbau
Verlag des Maschinenbauers
Dresden

Sammlung

Jeder Band
in Leinw. geb.

90 Pf.

Götschen

Verzeichnis der bis jetzt erschienenen Bände.

Abwässer. Wasser und Abwässer. Ihre Zusammensetzung, Beurteilung u. Unterjuchung von Professor Dr. Emil Hafelhoff, Vorsteher der landw. Versuchsstation in Marburg in Hessen. Nr. 473.

Ackerbau- u. Pflanzenbaulehre v. Dr. Paul Rippert i. Essen u. Ernst Langenbeck, Gr.-Lichterfelde. Nr. 232.

Agrarwesen und Agrarpolitik von Prof. Dr. W. Wygodzinski in Bonn. 2 Bändchen. I: Boden u. Unternehmung. Nr. 592.

— II: Kapital u. Arbeit in der Landwirtschaft. Bewertung der landwirtschaftl. Produkte. Organisation des landwirtschaftl. Berufsstandes. Nr. 593.

Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung v. Dr. Karl Grauer. Nr. 329.

Agrikulturchemische Kontrollwesen, Das, v. Dr. Paul Kriehle in Leopoldshall-Stahfurt. Nr. 304.

— **Untersuchungsmethoden** von Prof. Dr. Emil Hafelhoff, Vorsteher der landwirtschaftl. Versuchsstation in Marburg in Hessen. Nr. 470.

Akkumulatoren, Die, für Elektrizität v. Kais. Reg.-Rat Dr.-Ing. Richard Abrecht in Berlin-Behlendorf. Mit 52 Figuren. Nr. 620.

Akustik. Theoret. Physik I: Mechanik u. Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an d. Techn. Hochschule in Wien. Mit 19 Abb. Nr. 76.

— **Musikalische,** von Professor Dr. Karl L. Schäfer in Berlin. Mit 36 Abbild. Nr. 21.

Algebra. Arithmetik und Algebra von Dr. S. Schubert, Professor an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.

Algebra. Beispielsammlung z. Arithmetik und Algebra von Dr. Herm. Schubert, Prof. a. d. Gelehrtenschule d. Johanneums i. Hamburg. Nr. 48.

Algebraische Kurven v. Eugen Beutel. Oberreallehrer in Baihingen-Enz, I: Kurvendiskussion. Mit 57 Fig. im Text. Nr. 435.

— — II: Theorie u. Kurven dritter u. vierter Ordnung. Mit 52 Fig. im Text. Nr. 436.

Alpen, Die, von Dr. Rob. Sieger, Professor an der Universität Graz. Mit 19 Abb. u. 1 Karte. Nr. 129.

Althochdeutsche Literatur mit Grammatik, Übersetzung u. Erläuterungen v. Th. Schauffler, Prof. am Realgymnasium in Ulm. Nr. 28.

Alttestamentl. Religionsgeschichte von D. Dr. Max Böhr, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 292.

Amphibien. Das Tierreich III: Reptilien u. Amphibien v. Dr. Franz Werner, Prof. an der Universität Wien. Mit 48 Abbild. Nr. 383.

Analyse, Techn.-Chem., von Dr. G. Lunge, Prof. a. d. Eidgen. Polytechnischen Schule in Zürich. Mit 16 Abb. Nr. 195.

Analysis, Höhere, I: Differentialrechnung. Von Dr. Frdr. Junker, Rektor des Realgymnasiums u. der Oberrealschule in Göppingen. Mit 68 Figuren. Nr. 87.

— — **Repetitorium und Aufgabensammlung zur Differentialrechnung** von Dr. Frdr. Junker, Rektor d. Realgymnas. u. d. Oberrealsch. in Göppingen. Mit 46 Fig. Nr. 146.

- Analysis, Höhere, II: Integralrechnung.** Von Dr. Friedr. Junker, Rektor des Realgymnasiums u. d. Oberrealschule in Göppingen. Mit 89 Figuren. Nr. 88.
- **Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung** von Dr. Friedr. Junker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen. Mit 50 Figuren. Nr. 147.
- **Niedere**, von Prof. Dr. Benedikt Sporer in Ehingen. Mit 5 Fig. Nr. 53.
- Arbeiterfrage, Die gewerbliche**, von Werner Combart, Prof. an der Handelshochschule Berlin. Nr. 209.
- Arbeiterversicherung** siehe: Sozialversicherung.
- Archäologie** von Dr. Friedrich Koepf, Prof. an der Universität Münster i. W. 3 Bändchen. N. 28 Abb. im Text u. 40 Tafeln. Nr. 538/40.
- Arithmetik u. Algebra** von Dr. Herm. Schubert, Prof. a. d. Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.
- **Beispielsammlung zur Arithmetik und Algebra** von Dr. Herm. Schubert, Prof. a. d. Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.
- Armee Pferd, Das**, und die Versorgung der modernen Heere mit Pferden v. Felix von Damitz, General der Kavallerie z. D. u. ehemal. Preuß. Remonteinспекteur. Nr. 514.
- Armenwesen und Armenfürsorge.** Einführung in d. soziale Hilfsarbeit v. Dr. Adolf Weber, Prof. an der Handelshochschule in Köln. Nr. 346.
- Ästhetik, Allgemeine**, von Prof. Dr. Max Diez, Lehrer a. d. Kgl. Akademie d. bild. Künste in Stuttgart. Nr. 300.
- Astronomie.** Größe, Bewegung u. Entfernung der Himmelskörper v. A. F. Möbius, neu bearb. von Dr. Herm. Kobold, Prof. an der Universität Kiel. I: Das Planetensystem. Mit 33 Abbildungen. Nr. 11.
- **II: Kometen, Meteore u. das Sternsystem.** Mit 15 Figuren und 2 Sternkarten. Nr. 529.
- Astronomische Geographie** von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
- Astrophysik.** Die Beschaffenheit der Himmelskörper v. Prof. W. F. Wälicenus. Neu bearbeitet von Dr. G. Lubendorff in Potsdam. Mit 15 Abbild. Nr. 91.
- Atherische Öle und Riechstoffe** von Dr. F. Kochussen in Miltitz. Mit 9 Abbildungen. Nr. 446.
- Auffagewürfe** v. Oberstudient Dr. L. W. Straub, Rektor des Eberhard-Ludwigs-Gymnas. i. Stuttg. Nr. 17.
- Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate** von Wilh. Weitbrecht, Prof. der Geodäsie in Stuttgart. 2 Bändchen. Mit 16 Figuren. Nr. 302 u. 641.
- Außereuropäische Erdteile, Länderkunde der**, von Dr. Franz Heiberich, Professor an der Exportakademie in Wien. Mit 11 Textärtchen und Profilen. Nr. 63.
- Australien.** Landeskunde u. Wirtschaftsgeographie des Festlandes Australien von Dr. Kurt Hassert, Prof. d. Geographie an d. Handels-Hochschule in Köln. Mit 8 Abb., 6 graph. Tab. u. 1 Karte. Nr. 319.
- Autogenes Schweiß- und Schneidverfahren** von Ingen. Hans Niese in Kiel. Mit 30 Figuren. Nr. 499.
- Bade- u. Schwimmbadkalten, Öffentliche**, v. Dr. Karl Wolff, Stadtoberbaur., Hannover. M. 50 Fig. Nr. 380.
- Baden.** Badische Geschichte von Dr. Karl Brunner, Prof. am Gymnas. in Pforzheim u. Privatdozent der Geschichte an der Technischen Hochschule in Karlsruhe. Nr. 230.
- **Landeskunde von Baden** von Prof. Dr. D. Rienig i. Karlsruhe. Mit Profil, Abb. u. 1 Karte. Nr. 199.
- Bahnhöfe, Hochbauten der Bahnhöfe** v. Eisenbahnbauinspekt. C. Schwab, Vorstand d. Kgl. C.-Hochbauinspektion Stuttgart II. I: Empfangsgebäude. Nebengebäude. Güterschuppen. Lokomotivschuppen. Mit 91 Abbildungen. Nr. 515.
- Balkanstaaten. Geschichte d. christlichen Balkanstaaten** (Bulgarien, Serbien, Rumänien, Montenegro, Griechenland) von Dr. R. Roth in Rempen. Nr. 331.
- Bankwesen. Technik des Bankwesens** von Dr. Walter Conrad, stellvert. Vorsteher der statist. Abteilung der Reichsbank in Berlin. Nr. 484.

- Vauführung.** Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen der Vauführung v. Archt. Emil Beutinger, Affistent an d. Techn. Hochschule in Darmstadt. M. 25 Fig. u. 11 Tabell. Nr. 399.
- Vaufunft, Die, des Abendlandes v. Dr. R. Schäfer, Affist. a. Gewerbe-
museum, Bremen. Mit 22 Abb. Nr. 74.**
- **des Schulhauses v. Prof. Dr.-Ing. Ernst Vetterlein, Darmstadt. I: Das Schulhaus. M. 38 Abb. Nr. 443.**
- **— II: Die Schulräume — Die Nebenanlagen. M. 31 Abb. Nr. 444.**
- Vaufeine.** Die Industrie der künstlichen Vaufeine und des Mörtels von Dr. G. Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.
- Vaufstoffkunde, Die, v. Prof. G. Haberstroh, Oberl. a. d. Herzogl. Vau-
gewerkschule Holzminde. Mit 36 Abbildungen. Nr. 506.**
- Vayern.** Bayerische Geschichte von Dr. Hans Odel in Augsburg. Nr. 160.
- **Landeskunde des Königreichs Vayern v. Dr. W. Göb, Prof. a. d. Kgl. Techn. Hochschule München. M. Profil., Abb. u. 1 Karte. Nr. 176.**
- Vefestigungswesen.** Die geschichtliche Entwicklung des Vefestigungswesens vom Aufkommen der Pulvergeschütze bis zur Neuzeit von Neuleaur, Major v. Stabe d. 1. Westpreuß. Pionierbataill. Nr. 17. Mit 30 Bildern. Nr. 569.
- Veschwerderecht.** Das Disziplinar- u. Veschwerderecht für Heer u. Marine v. Dr. Max E. Mayer, Prof. a. d. Univ. Straßburg i. E. Nr. 517.
- Vetriebskraft, Die zweckmäßigste, von Friedr. Barth, Oberingen. in Nürnberg. 1. Teil: Einleitung. Dampf-
kraftanlagen. Verschied. Kraft-
maschinen. M. 27 Abb. Nr. 224.**
- **— II: Gas-, Wasser- u. Wind-
kraftanlagen. M. 31 Abb. Nr. 225.**
- **— III: Elektromotoren. Betriebs-
kostentabellen. Graph. Darstell.
Wahl d. Vetriebskraft. M. 27 Abb.
Nr. 474.**
- Vewegungsspiele v. Dr. E. Kohnrausch,
Prof. am Kgl. Kaiser Wilhelms-
Gymn. zu Hannover. M. 15 Abb.
Nr. 96.**
- Vleicherei.** Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe v. Dr. Wilh. Massot, Prof. a. d. Preuß. höh. Fachschule für Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186
- Vlütensplanzen, Das System der, mit
Ausfluß der Gynnospermen von
Dr. R. Pilger, Kustos am Kgl. Bo-
tanischen Garten in Berlin-Dahlem
Mit 31 Figuren. Nr. 393.**
- Vodenkunde von Dr. P. Bageler in
Königsberg i. Pr. Nr. 455.**
- Vrandenburgisch-Preußische Ge-
schichte von Prof. Dr. W. Thamm,
Dir. des Kaiser Wilhelms-Gym-
nasiums in Montabaur. Nr. 600.**
- Vrasilien.** Landeskunde der Republik
Brasilien von Bel Rodolpho von
Ihering. Mit 12 Abbildungen und
1 Karte. Nr. 373.
- Vrauerereiwesen I: Mälzerei von Dr.
Paul Dreverhoff, Dir. der Brauer-
u. Mälzerschule zu Grimma. Mit
16 Abbildungen. Nr. 303.**
- Britisch-Nordamerika. Landeskunde
von Britisch-Nordamerika v. Prof.
Dr. A. Doppel in Bremen. Mit
13 Abb. und 1 Karte. Nr. 284.**
- Vuchführung in einfachen u. doppelt-
ten Posten v. Prof. Rob. Stern,
Oberl. d. Öffentl. Handelslehranst.
u. Doz. d. Handelshochschule zu
Leipzig. M. vielen Formul. Nr. 115.**
- Buddha von Professor Dr. Edmund
Harby. Nr. 174.**
- Burgenkunde, Abriss der, von Hofrat
Dr. Otto Piper in München. Mit
30 Abbildungen. Nr. 119.**
- Bürgerliches Gesetzbuch siehe: Recht
des BGB.**
- Byzantinisches Reich. Geschichte des
byzantinischen Reiches von Dr.
K. Roth in Kempten. Nr. 190.**
- Chemie, Allgemeine u. physikalische,
von Dr. Max Rudolphi, Prof. an
der Techn. Hochschule in Darmstadt.
Mit 22 Figuren. Nr. 71.**
- **Analytische, von Dr. Johannes
Goppe in München. I: Theorie und
Gang der Analyse. Nr. 247.**
- **— II: Reaktion der Metalloide und
Metalle. Nr. 248.**
- **Anorganische, von Dr. Jos. Klein
in Mannheim. Nr. 37.**

- Chemie, Geschichte der**, von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chemischen Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. **I:** Von den ältesten Zeiten bis z. Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.
- **II:** Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.
- **der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium d. Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. **I. II:** Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191. 192.
- **III:** Karbochlyische Verbindungen. Nr. 193.
- **IV:** Heterochlyische Verbindungen. Nr. 194.
- **Organische**, von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.
- **Pharmazeutische**, von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. 3 Bändchen. Nr. 543/44 u. 588.
- **Physiologische**, von Dr. med. A. Legahn in Berlin. **I:** Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.
- **II:** Dissimilation. Nr. 1 Tafel. Nr. 241.
- **Toxikologische**, von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.
- Chemische Industrie, Anorganische**, von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. **I:** Die Leblancsoda-industrie und ihre Nebenzweige. Mit 12 Tafeln. Nr. 205.
- **II:** Salinentwesen, Kalisalze, Düngerindustrie u. Verwandtes. Mit 6 Tafeln. Nr. 206.
- **III:** Anorganische chemische Präparate. Nr. 6 Taf. Nr. 207.
- Chemische Technologie, Allgemeine**, von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.
- Chemisch-Technische Analyse** von Dr. G. Lunge, Prof. an der Eidgen. Polytechnischen Schule in Zürich. Mit 16 Abbild. Nr. 195.
- Christlichen Literaturen des Orients, Die**, von Dr. Anton Baumstark. **I:** Einleitung. — Das christlich-aramäische u. d. koptische Schrifttum. Nr. 527.
- **II:** Das christl.-arab. und das äthiop. Schrifttum. — Das christl. Schrifttum d. Armenier und Georger. Nr. 528.
- Dampfkessel, Die**. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. den praktischen Gebrauch von Obergeringieur Friedr. Barth in Nürnberg. **I:** Kesselsysteme und Feuerungen. Mit 43 Fig. Nr. 9.
- **II:** Bau und Betrieb der Dampfkessel. Nr. 57 Fig. Nr. 521.
- Dampfmaschinen, Die**. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedr. Barth, Obergeringieur in Nürnberg. 2 Bdchn. **I:** Wärmetheoretische und dampftechnische Grundlagen. Mit 64 Fig. Nr. 8.
- **II:** Bau und Betrieb der Dampfmaschinen. Mit 109 Fig. Nr. 572.
- Dampfturbinen, Die**, ihre Wirkungsweise u. Konstruktion von Ingen. Herm. Wilda, Prof. a. staatl. Technikum in Bremen. Mit 104 Abb. Nr. 274.
- Desinfektion** von Dr. M. Christian, Stabsarzt a. D. in Berlin. Mit 18 Abbildungen. Nr. 546.
- Determinanten** von P. B. Fischer, Oberl. a. d. Oberrealsch. z. Großlichterfelde. Nr. 402.
- Deutsche Altertümer** von Dr. Franz Fuhs, Dir. d. städt. Museums in Braunschweig. Nr. 70 Abb. Nr. 124.
- Deutsche Fortbildungsschulwesen**, Das, nach seiner geschichtlichen Entwicklung u. in seiner gegenwärt. Gestalt von H. Sierds, Revisor gewerbl. Fortbildungsschulen in Schleswig. Nr. 392.
- Deutsches Fremdwörterbuch** von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.
- Deutsche Geschichte** von Dr. F. Kurze, Prof. a. Kgl. Luisengymnas. in Berlin. **I:** Mittelalter (bis 1519) Nr. 33.
- **II:** Zeitalter der Reformation und der Religionskriege (1517 bis 1648). Nr. 34.
- **III:** Vom Westfälischen Frieden bis zur Auflösung des alten Reichs (1648—1806). Nr. 35.
- siehe auch: Quellenkunde.
- Deutsche Grammatik und kurze Geschichte der deutschen Sprache** von Schulrat Prof. Dr. D. Lyon in Dresden. Nr. 20.

- Deutsche Handelskorrespondenz** von Prof. Th. de Beauz, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 182.
- Deutsches Handelsrecht** von Dr. Karl Lehmann, Prof. an der Universität Göttingen. 2 Bde. Nr. 457 u. 458.
- Deutsche Heldensage, Die**, von Dr. Otto Luitpold Friczel, Prof. an d. Universität Würzburg. Nr. 32.
- Deutsche Kirchenlied**, Das, in seinen charakteristischen Erscheinungen ausgewählt v. D. Friedrich Spitta, Prof. a. d. Universität in Straßburg i. E. I: Mittelalter u. Reformationszeit. Nr. 602.
- Deutsches Kolonialrecht** von Prof. Dr. S. Edler von Hoffmann, Studien- direktor der Akademie für kommunale Verwaltung in Düsseldorf. Nr. 318.
- Deutsche Kolonien. I: Togo und Kamerun** von Prof. Dr. R. Dove. Mit 16 Tafeln u. 1 lithogr. Karte. Nr. 441.
- **II: Das Südseegebiet und Kiautschow** von Prof. Dr. R. Dove. Mit 16 Tafeln u. 1 lith. Karte. Nr. 520.
- **III: Ostafrika** von Prof. Dr. R. Dove. Mit 16 Tafeln u. 1 lithogr. Karte. Nr. 567.
- **IV: Südwestafrika** von Prof. Dr. R. Dove. Mit 16 Taf. u. 1 lithogr. Karte. Nr. 637.
- Deutsche Kulturgeschichte** von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.
- Deutsches Leben im 12. u. 13. Jahrhundert.** Realkommentar zu den Volks- u. Kunstepen u. zum Minne- sang. Von Prof. Dr. Jul. Dieffen- bacher in Freiburg i. B. I: Öffent- liches Leben. Mit zahlreichen Ab- bildungen. Nr. 93.
- **II: Privatleben.** Mit zahl- reichen Abbildungen. Nr. 328.
- Deutsche Literatur des 13. Jahrhun- derts.** Die Epigonen d. höfischen Epos. Auswahl a. deutschen Dich- tungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junk, Aktuaris der Kaiserlichen Akademie der Wissen- schaften in Wien. Nr. 289.
- Deutsche Literaturdenkmäler des 14. u. 15. Jahrhunderts.** Ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Janken, Direktor d. Königin Luise- Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 181.
- Deutsche Literaturdenkmäler des 16. Jahrhunderts. I: Martin Luther u. Thom. Murner.** Ausgewählt u. mit Einleitungen u. Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Ober- lehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.
- **II: Hans Sachs.** Ausgewählt u. erläut. v. Prof. Dr. J. Sahr. Nr. 24.
- Deutsche Literaturdenkmäler des 16. Jahrhunderts. III: Von Brant bis Kollenhagen: Brant, Hutten, Fischart, sowie Terepos u. Fabel.** Ausgew. u. erläut. von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 36.
- **des 17. und 18. Jahrhunderts bis Klopstock. I: Lyrik** von Dr. Paul Legband in Berlin. Nr. 364.
- **II: Prosa** v. Dr. Hans Legband in Kassel. Nr. 365.
- Deutsche Literaturgeschichte** von Dr. Max Koch, Prof. an der Universität Breslau. Nr. 31.
- **der Klassikerzeit** v. Carl Weitbrecht, durchgesehen u. ergänzt v. Karl Berger. Nr. 161.
- **des 19. Jahrhunderts** von Carl Weitbrecht, neu bearbeitet von Dr. Rich. Weitbrecht in Wimpfen. I. II. Nr. 134. 135.
- Deutschen Mundarten, Die**, von Prof. Dr. S. Reis in Mainz. Nr. 605.
- Deutsche Mythologie. Germanische Mythologie** von Dr. Eugen Mogk, Prof. a. d. Univerf. Leipzig. Nr. 15.
- Deutschen Personennamen, Die**, v. Dr. Rud. Kleinpaul i. Leipzig. Nr. 422.
- Deutsche Poetik** von Dr. R. Borinski, Prof. a. d. Univ. München. Nr. 40.
- Deutsche Rechtsgeschichte** v. Dr. Richard Schröder, Prof. a. d. Univerf. Heidel- berg. I: Bis z. Mittelalter. Nr. 621.
- **II: Die Neuzeit.** Nr. 664.
- Deutsche Redelehre** von Hans Probst, Gymnasialprof. i. Bamberg. Nr. 61.
- Deutsche Schule, Die, im Auslande** von Hans Amrhein, Seminarober- lehrer in Rheydt. Nr. 259.
- Deutsches Seerecht** v. Dr. Otto Bran- dis, Oberlandesgerichtsrat in Ham- burg. I: Allgem. Lehren: Personen u. Sachen d. Seerechts. Nr. 386.
- **II: Die einz. seerechtl. Schulver- hältnisse: Verträge des Seerechts u. außervertragliche Haftung.** Nr. 387.

- Deutsche Stadt, Die, und ihre Verwaltung.** Eine Einführung i. d. Kommunalpolitik d. Gegenw. Herausgeg. v. Dr. Otto Rost, Beigeordn. d. Stadt Düsseldorf. I: Verfassung u. Verwaltung im allgemeinen; Finanzen und Steuern; Bildungs- und Kunstpflege; Gesundheitspflege. Nr. 617.
- II: Wirtschafts- u. Sozialpolitik. Nr. 662.
- III: Technik: Städtebau, Tief- u. Hochbau. Mit 48 Abb. Nr. 663.
- Deutsche Stammeskunde** v. Dr. Rud. Much, a. o. Prof. a. d. Univ. Wien. Mit 2 Kart. u. 2 Taf. Nr. 126.
- Deutsches Unterrichtsweisen. Geschichte des deutschen Unterrichtswezens** v. Prof. Dr. Friedrich Seiler, Direktor des Kgl. Gymnasiums zu Luckau. I: Von Anfang an bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.
- II: Vom Beginn d. 19. Jahrh. bis auf die Gegenwart. Nr. 276.
- Deutsche Urheberrecht, Das, an literarischen, künstlerischen u. gewerblichen Schöpfungen, mit besonderer Berücksichtigung der internat. Verträge** v. Dr. Gust. Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.
- Deutsche Volkslied, Das, ausgewählt u. erläutert** von Prof. Dr. Zul. Sahr. 2 Bändchen. Nr. 25 u. 132.
- Deutsche Wehrverfassung** von Karl Andres, Geheimer Kriegsrat u. vortragender Rat im Kriegsministerium in München. Nr. 401.
- Deutsches Wörterbuch** v. Dr. Richard Loewe. Nr. 64.
- Deutsche Zeitungsweisen, Das, von Dr. Robert Brunhuber** in Köln a. Rh. Nr. 400.
- Deutsches Zivilprozessrecht** von Prof. Dr. Wilhelm Rüd. in Straßburg i. E. 3 Bände. Nr. 428—430.
- Deutschland in römischer Zeit** von Dr. Franz Cramer, Provinzialschulrat zu Münster i. W. Mit 23 Abbildungen. Nr. 633.
- Dichtungen aus mittelhochdeutscher Frühzeit.** In Ausw. mit Einltg. u. Wörterb. herausgeg. v. Dr. Herm. Janzen, Direktor d. Königin Luise-Schule i. Königsberg i. Pr. Nr. 137.
- Dietscheyen.** Rudrun und Dietrich-eyen. Mit Einleitung u. Wörterbuch von Dr. D. L. Jiriczek, Prof. a. d. Universität Würzburg. Nr. 10.
- Differentialrechnung** von Dr. Friedr. Junker, Rektor d. Realgymnasiums u. der Oberrealschule in Göppingen. Mit 68 Figuren. Nr. 87.
- **Repetitorium u. Aufgabensammlung zur Differentialrechnung** von Dr. Friedr. Junker, Rektor d. Realgymnasiums u. d. Oberrealschule in Göppingen. Mit 46 Fig. Nr. 146.
- Drogenkunde** von Rich. Dorfewitz in Leipzig und Georg Ottersbach in Hamburg. Nr. 413.
- Druckwasser- und Druckluft-Anlagen.** Pumpen, Druckwasser- u. Druckluft-Anlagen von Dipl.-Ing. Rudolf Vogdt, Regierungsbaumstr. a. D. in Lachen. Mit 87 Fig. Nr. 290.
- Eddalieder** mit Grammatik, Uebersetzg. u. Erläuterungen von Dr. Wilhelm Ranisch, Gymnasialoberlehrer in Osnabrück. Nr. 171.
- Eisenbahnbau. Die Entwicklung des modernen Eisenbahnbaues** v. Dipl. Ing. Alfred Virl, o. ö. Prof. a. d. k. k. Deutschen Techn. Hochschule in Prag. Mit 27 Abbild. Nr. 553.
- Eisenbahnen, Die Linienführung der,** von H. Wegele, Professor an der Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 52 Abbildungen. Nr. 623.
- Eisenbahnfahrzeuge** von H. Himmenthal, Regierungsbaumeister u. Oberingen. in Hannover. I: Die Lokomotiven. Mit 89 Abbild. im Text und 2 Tafeln. Nr. 107.
- II: Die Eisenbahnwagen und Bremsen. Mit Anh.: Die Eisenbahnfahrzeuge im Betrieb. Mit 56 Abb. im Text u. 3 Taf. Nr. 108.
- Eisenbahnpolitik. Geschichte d. deutschen Eisenbahnpolitik** v. Betriebsinspektor Dr. Edwin Rech in Karlsruhe i. B. Nr. 533.
- Eisenbahnverkehr, Der, v. Kgl. Eisenbahn-Rechnungsdirektor Th. Wilbrand** in Berlin-Friedenau. Nr. 618.
- Eisenbetonbau, Der, v. Reg.-Baumstr. Karl Köhle.** Mit 75 Abbildungen. Nr. 349.
- Eisenbetonbrücken** von Dr.-Ing. K. W. Schaechterle in Stuttgart. Mit 104 Abbildungen. Nr. 627.
- Eisenhüttenkunde** von A. Krauß, dipl. Hütteningenieur. I: Das Roheisen. Mit 17 Fig. u. 4 Taf. Nr. 152.
- II: Das Schmiedeeisen. Nr. 25 Fig. u. 5 Taf. Nr. 153.

- Eisenkonstruktionen im Hochbau** von Ingen. Karl Schind' er in Weissen. Mit 115 Figuren. Nr. 322.
- Eiszeitalter, Das**, v. Dr. Emil Werth in Berlin-Wilmersdorf. Mit 17 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 431.
- Elastizitätslehre für Ingenieure I: Grundlagen und Allgemeines über Spannungszustände**, Zylinder, Ebene Platten, Torsion, Gekrümmte Träger. Von Dr.-Ing. Max Enßlin, Prof. a. d. Kgl. Bau- gewerkschule Stuttgart und Privat- dozent a. d. Techn. Hochschule Stutt- gart. Mit 60 Abbild. Nr. 519.
- Elektrischen Meßinstrumente, Die**, von J. Herrmann, Prof. an der Techn. Hochschule in Stuttgart. Mit 195 Figuren. Nr. 477.
- Elektrische Telegraphie, Die**, von Dr. Lud. Kellstab. Mit 19 Fig. Nr. 172.
- Elektrizität. Theoret. Physik III: Elek- trizität u. Magnetismus** von Dr. Gust. Jäger, Prof. a. d. Techn. Hoch- schule in Wien. Mit 33 Abbildgn. Nr. 78.
- Elektrochemie** von Dr. Heinr. Danneel in Genf. I: Theoretische Elektro- chemie u. ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 16 Fig. Nr. 252.
- II: Experiment. Elektrochemie, Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lö- sungen. Mit 26 Fig. Nr. 253.
- Elektromagnet. Lichttheorie. Theoret. Physik IV: Elektromagnet. Licht- theorie u. Elektronik** von Professor Dr. Gust. Jäger in Wien. Mit 21 Figuren. Nr. 374.
- Elektrometallurgie** von Dr. Friedrich Regelsberger, Kaiserl. Reg.-Rat in Steglitz-Berlin. Nr. 16 Fig. Nr. 110.
- Elektrotechnik. Einführung in die Starkstromtechnik** v. J. Herrmann, Prof. d. Elektrotechnik an der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 95 Fig. u. 16 Taf. Nr. 196.
- II: Die Gleichstromtechnik. Mit 118 Fig. und 16 Taf. Nr. 197.
- III: Die Wechselstromtechnik. Mit 154 Fig. u. 16 Taf. Nr. 198.
- Elektrotechnik. Die Materialien des Maschinenbaues und der Elektro- technik** von Ingenieur Prof. Her- mann Wilda in Bremen. Mit 3 Abbildgn. Nr. 476.
- Elfaß-Lothringen, Landeskunde** von, v. Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abbild. u. 1 Karte. Nr. 215.
- Englisch-deutsches Gesprächsbuch** von Prof. Dr. E. Hausknecht in Lau- fanne. Nr. 424.
- Englische Geschichte** v. Prof. L. Gerber, Oberlehrer in Düsseldorf. Nr. 370.
- Englische Handelskorrespondenz** von E. E. Whitfield, M. A., Oberlehrer an King Edward VII Grammar School in King's Lynn. Nr. 237.
- Englische Literaturgeschichte** von Dr. Karl Weiser in Wien. Nr. 69.
- — Grundzüge und Haupttypen d. englischen Literaturgeschichte von Dr. Arnold M. M. Schröder, Prof. an der Handelshochschule in Köln. 2 Teile. Nr. 286, 287.
- Englische Phonetik mit Lesestücken** von Dr. A. C. Dunstan, Lektor an der Univerf. Königsberg i. Pr. Nr. 601.
- Entwicklungsgeschichte der Tiere** von Dr. Johannes Meisenheimer, Prof. der Zoologie an der Universität Jena. I: Furchung, Primitiv- anlagen, Larven, Formbildung, Em- bryonalhüllen. Mit 48 Figuren. Nr. 378.
- II: Organbildung. Mit 46 Fig. Nr. 379.
- Epigonen, Die**, des höfischen Epos. Auswahl aus deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junt, Aktuaris der Kaiser- lichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.
- Erdbau** von Reg.-Baum. Erwin Link in Stuttgart. Mit vielen Abbild. Nr. 630.
- Erdmagnetismus, Erdstom u. Polar- licht** von Dr. A. Rippoldt, Mitglied des Königl. Preussischen Meteorolo- gischen Instituts in Potsdam. Mit 7 Tafeln und 16 Figuren. Nr. 175.
- Erdteile, Länderkunde der außereuro- päischen**, von Dr. Franz Heiderich, Professor an der Exportakademie in Wien. Mit 11 Textklärtchen und Profilen. Nr. 63.
- Ernährung und Nahrungsmittel** von Oberabtsarzt Professor S. Bischoff in Berlin. Mit 4 Abbild. Nr. 464.

- Ethik** von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 90.
- Europa, Länderkunde von**, von Dr. Franz Heiderich, Prof. a. d. Exportakademie in Wien. Mit 14 Textfärthchen u. Diagrammen u. einer Karte der Alpen-einteilung. Nr. 62.
- Exkursionsflora von Deutschland** zum Bestimmen d. häufigeren i. Deutschland wildwachsenden Pflanzen von Dr. W. Rigula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. 2 Teile. Mit je 50 Abbildungen. Nr. 268 und 269.
- Experimentalphysik** v. Prof. R. Lang in Stuttgart. I: Mechanik der festen, flüssigen und gasigen Körper. Mit 125 Figuren. Nr. 611.
- Explosivstoffe.** Einführung in d. Chemie der explosiven Vorgänge von Dr. S. Brunswig in Steglitz. Mit 6 Abbild. und 12 Tab. Nr. 333.
- Familienrecht. Recht d. Bürgerlichen Gesetzbuches. Viertes Buch: Familienrecht** von Dr. Heinrich Tische, Prof. a. d. Univ. Göttingen. Nr. 305.
- Färberei. Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe** von Dr. Wilhelm Massot, Prof. an der Preussischen höheren Fachschule f. Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186.
- Feldgeschütz, Das moderne, v. Oberstleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer a. d. Militärtechn. Akademie in Berlin. I: Die Entwicklung des Feldgeschützes seit Einführung des gezogenen Infanteriegewehrs bis einschl. der Erfindung des rauchl. Pulvers, etwa 1850 bis 1890.** Mit 1 Abbild. Nr. 306.
- — **II: Die Entwicklung d. heutigen Feldgeschützes auf Grund der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1890 bis zur Gegenwart.** Mit 11 Abbild. Nr. 307
- Fernsprechwesen, Das**, von Dr. Ludwig Hellstab in Berlin. Mit 47 Fig. und 1 Tafel. Nr. 155.
- Festigkeitslehre** v. W. Hauber, Dipl.-Ingenieur. Mit 56 Fig. Nr. 288.
- **Aufgabensammlung zur Festigkeitslehre mit Lösungen** von R. Haren, Diplom-Ingenieur in Mannheim. Mit 42 Fig. Nr. 491.
- Fette, Die, und Ole** sowie die Seifen- u. Kerzenfabrikat. u. d. Harze, Lade, Firnisse m. ihren wicht. Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun in Berlin. I: Einf. in d. Chemie, Besprech. einiger Salze u. d. Fette u. Ole. Nr. 335.
- — **II: Die Seifenfabrikation, die Seifenanalyse und die Kerzenfabrikation.** Mit 25 Abbild. Nr. 336.
- — **III: Harze, Lade, Firnisse.** Nr. 337.
- Feuerwaffen. Geschichte d. gesamten Feuerwaffen bis 1850.** Die Entwicklung der Feuerwaffen v. ihrem ersten Auftreten bis zur Einführung der gezogenen Hinterlader, unter besonderer Berücksichtig. d. Heeresbewaffnung von Major a. D. W. Gohlke, Steglitz-Berlin. Mit 105 Abbildungen. Nr. 530.
- Feuerwerkerei, Die**, von Direktor Dr. Alfons Buiard, Vorstand des Städtischen Chemischen Laboratoriums in Stuttgart. Mit 6 Fig. Nr. 634.
- Filzfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Rosamentiereerei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation** von Professor Max Bürtler, Geh. Regierungsr. im Kgl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Fig. Nr. 185.
- Finanzsysteme der Großmächte, Die**, (Internat. Staats- und Gemeindefinanzwesen) v. D. Schwarz, Geh. Oberfinanzrat in Berlin. 2 Bänden. Nr. 450 und 451.
- Finanzwissenschaft** von Präsident Dr. R. van der Borcht in Berlin. I: Allgemeiner Teil. Nr. 148.
- — **II: Besonderer Teil (Steuerlehre).** Nr. 391.
- Finnisch-ugrische Sprachwissenschaft** von Dr. Josef Szinnhei, Prof. an der Universität Budapest. Nr. 463.
- Finnland. Landeskunde des Europäischen Rußlands nebst Finnlands** von Prof. Dr. A. Philippson in Halle a. S. Nr. 359.
- Firnisse. Harze, Lade, Firnisse** von Dr. Karl Braun in Berlin. (Fette und Ole III.) Nr. 337.
- Fische. Das Tierreich IV: Fische** von Prof. Dr. Max Kauter in Neapel. Mit 37 Abbild. Nr. 356.

- Fischerei und Fischzucht** von Dr. Carl Eckstein, Prof. a. d. Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.
- Flora. Exkursionsflora von Deutschland** zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen v. Dr. W. Migula, Prof. a. d. Forstakademie Eisenach. 2 Teile. Mit je 50 Abbild. Nr. 268, 269.
- Flußbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold in Stuttgart. Mit 103 Abbildungen. Nr. 597.
- Forensische Psychiatrie** von Professor Dr. W. Weygandt, Dir. d. Irrenanstalt Friedrichsberg i. Hamburg. 2 Bändchen. Nr. 410 u. 411.
- Forstwissenschaft** v. Dr. W. Schwappach, Prof. a. d. Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirig. bei d. Hauptstation d. forstl. Versuchswesens. Nr. 106.
- Fortbildungsschulwesen, Das deutsche**, nach seiner geschichtl. Entwicklung u. i. sein. gegenwärt. Gestalt v. H. Sierds, Revisor gewerbl. Fortbildungsschulen in Schleswig. Nr. 392.
- Franken. Geschichte Frankens** v. Dr. Christ. Meyer, Kgl. preuß. Staatsarchivar a. D., München. Nr. 434.
- Frankreich. Französische Geschichte** v. Dr. R. Sternfeld, Prof. an der Universität Berlin. Nr. 85.
- Frankreich. Landesk. v. Frankreich** v. Dr. Rich. Neufe, Direkt. d. Oberrealschule in Spandau. 1. Bändch. Nr. 23 Abb. im Text u. 16 Landschaftsbild. auf 16 Taf. Nr. 466.
— 2. Bändchen. Mit 15 Abb. im Text, 18 Landschaftsbild. auf 16 Tafeln u. 1 lithogr. Karte. Nr. 467.
- Französisch-deutsches Gesprächsbuch** von C. Francillon, Lektor am orientalischn. Seminar u. an d. Handelshochschule in Berlin. Nr. 596.
- Französische Handelskorrespondenz** v. Prof. Th. de Beaure, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 183.
- Französisches Lesebuch** mit Wörterverzeichnis von Cyprien Francillon, Lektor a. orient. Seminar u. a. d. Handelshochschule i. Berlin. Nr. 643.
- Fremdwort, Das, im Deutschen** v. Dr. Rud. Kleinpaul, Leipzig. Nr. 55.
- Fremdwörterbuch, Deutsches**, von Dr. Rud. Kleinpaul, Leipzig. Nr. 273.
- Fuge. Erläuterung u. Anleitung zur Komposition** derselben v. Prof. Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 418.
- Funktionentheorie, Einleitung in die**, (Theorie der komplexen Zahlenreihen) v. Max Rose, Oberlehrer an der Goetheschule in Deutsch-Wilmersdorf. Mit 10 Fig. Nr. 581.
- Fußartillerie, Die, ihre Organisation, Bewaffnung u. Ausbildg.** v. Splett, Oberleutnant im Lehrbataillon der Fußartillerie-Schießschule u. Viermann, Oberleutnant in der Versuchsbatter. d. Artillerie-Prüfungskommission. Mit 35 Fig. Nr. 560.
- Gardinenfabrikation. Textilindustrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen u. Gardinenfabrikation u. Filzfabrikation** von Prof. Max Gürtler, Geh. Reg.-Rat im Kgl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Figuren. Nr. 185.
- Gas- und Wasserinstallationen mit Einschluß der Abortanlagen** von Prof. Dr. phil. und Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbildungen. Nr. 412.
- Gasstrommaschinen, Die**, v. Ing. Alfred Kirshke in Kiel. 2 Bändchen. Mit vielen Figuren. Nr. 316 u. 651.
- Gasthäuser und Hotels** von Architekt Max Wöhler in Düsseldorf. I: Die Bestandteile u. die Einrichtung des Gasthauses. Mit 70 Fig. Nr. 525.
— II: Die verschiedenen Arten von Gasthäusern. Mit 82 Fig. Nr. 526.
- Gebirgsartillerie. Die Entwicklung der Gebirgsartillerie** von Klusmann, Oberst u. Kommandeur der 1. Feld-Art.-Brigade in Königsberg i. Pr. Mit 78 Bildern und Übersichtstafeln. Nr. 531.
- Genossenschaftswesen, Das, in Deutschland** v. Dr. Otto Linde in Düsseldorf. Nr. 384.
- Geodäsie** von Prof. Dr. C. Reinherz in Hannover. Neubearbeitet von Dr. G. Förster, Observator a. Geodätisch. Inst. Potsdam. M. 68 Abb. Nr. 102.
- **Vermessungskunde** v. Diplom-Ing. B. Werkmeister, Oberlehrer an der Kais. Techn. Schule i. Straßburg i. E. I: Feldmessen u. Nivellieren. Mit 146 Abb. II: Der Theodolit. Trigonometrische und barometr. Höhenmessung. Tachymetrie. Mit 109 Abbildungen. Nr. 468, 469.

- Geographie, Geschichte der**, von Prof. Dr. Konrad Kretschmer i. Charlottenburg. Mit 11 Kart. im Text. Nr. 624.
- Geologie** in kurzem Auszug f. Schulen u. zur Selbstbelehrung zusammengestellt v. Prof. Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbild. u. 4 Tafeln mit 51 Figuren. Nr. 13.
- Geometrie, Analytische, der Ebene** v. Prof. Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 52 Figuren. Nr. 65.
- **Aufgabensammlung zur Analytischen Geometrie der Ebene** von D. Th. Bürklen, Professor am Kgl. Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Mit 32 Fig. Nr. 256.
- **des Raumes** von Prof. Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 28 Abbildungen. Nr. 89.
- **Aufgabensammlung zur Analytischen Geometrie des Raumes** von D. Th. Bürklen, Professor am Kgl. Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Mit 8 Fig. Nr. 309.
- **Darstellende**, von Dr. Robert Haufner, Prof. an d. Univ. Jena. I. Mit 110 Figuren. Nr. 142.
- II. Mit 40 Figuren. Nr. 143.
- **Ebene**, von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit 111 zweifarbigen Figuren. Nr. 41.
- **Projektive**, in synthet. Behandlung von Dr. Karl Doehlemaun, Prof. an der Universität München. Mit 91 Figuren. Nr. 72.
- Geometrische Optik, Einführung in die**, von Dr. W. Hinrichs in Wilmersdorf-Berlin. Nr. 532.
- Geometrisches Zeichnen** von H. Becker, Architekt u. Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neubearbeitet von Prof. J. Vonderlinn in Münster. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.
- Germanische Mythologie** von Dr. E. Mogk, Prof. a. d. Univ. Leipzig. Nr. 15.
- Germanische Sprachwissenschaft** von Dr. Rich. Loewe. Nr. 238.
- Gesangskunst. Technik der deutschen Gesangskunst** von Ost. Noë u. Dr. Hans Joachim Moser. Nr. 576.
- Geschäfts- und Warenhäuser** v. Hans Schliepmann, Königl. Baurat in Berlin. I: Vom Laden zum „Grand Magasin“. Mit 23 Abb. Nr. 655.
- Geschäfts- und Warenhäuser** v. Hans Schliepmann, Königl. Baurat in Berlin. II: Die weitere Entwicklung der Kaufhäuser Mit 39 Abbildungen. Nr. 656.
- Geschichtswissenschaft, Einleitung in die**, v. Dr. Ernst Bernheim, Prof. an der Univ. Greifswald. Nr. 270.
- Geschütze, Die modernen, der Fußartillerie** v. Mummehoff, Major u. Lehrer an d. Fußartillerie-Schießschule in Jüterbog. I: Vom Auftreten d. gezogenen Geschütze bis zur Verwendung des rauchschwachen Pulvers 1850—1890. Mit 50 Textbildern. Nr. 334.
- II: Die Entwicklung der heutigen Geschütze der Fußartillerie seit Einführung des rauchschwachen Pulvers 1890 bis zur Gegenwart. Mit 33 Textbildern. Nr. 362.
- Geschwindigkeitsregler der Kraftmaschinen, Die**, von Dr.-Ing. S. Kröner in Friedberg. Mit 33 Figuren. Nr. 604.
- Gesetzbuch, Bürgerliches**, (siehe: Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches).
- Gesundheitslehre. Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten** v. E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. S. Seiler. Mit 47 Abbild. u. 1 Tafel. Nr. 18.
- Gewerbehygiene** von Dr. E. Roth in Potsdam. Nr. 350.
- Gewerbewesen** von Berner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. I. II. Nr. 203, 204.
- Gewerbliche Arbeiterfrage, Die**, von Berner Sombart, Prof. a. d. Handelshochschule Berlin. Nr. 209.
- Gewerbliche Bauten. Industrielle und gewerbliche Bauten** (Speicher, Lagerhäuser u. Fabriken) v. Architekt Heinr. Salzmann in Düsseldorf. I: Allgemeines über Anlage und Konstruktion der industriellen und gewerblichen Bauten. Nr. 511.
- II: Speicher und Lagerhäuser. Mit 123 Figuren. Nr. 512.
- Gewichtswesen. Maß-, Münz- u. Gewichtswesen** von Dr. Aug. Blind, Prof. a. d. Handelsschule in Köln. Nr. 283.
- Gießereimaschinen** von Dipl.-Ing. Emil Treiber in Heidenheim a. B. Mit 51 Figuren. Nr. 548.

- Glas- und keramische Industrie** (Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine und des Mörtels I) v. Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Tafeln. Nr. 233.
- Gleichstrommaschine, Die,** von Ing. Dr. C. Rinzbrunner in London. Mit 81 Figuren. Nr. 257.
- Gletscherkunde** v. Dr. Fritz Machacek in Wien. Mit 5 Abbildungen im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.
- Gotische Sprachdenkmäler mit Grammatik, Übersetzung u. Erläuterung.** v. Dr. Herm. Janken, Direktor d. Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 79.
- Gottfried von Straßburg. Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg.** Auswahl a. d. höfisch. Epos m. Anmerk. u. Wörterbuch v. Dr. K. Marold, Prof. am Kgl. Friedrichs-Kollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.
- Graphischen Künste, Die,** von Carl Kampmann, k. k. Lehrer an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbildungen u. Beilagen. Nr. 75.
- Griechische Altertumskunde** v. Prof. Dr. Rich. Meiß, neu bearbeitet v. Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.
- Griechische Geschichte** von Dr. Heinrich Sivoboda, Professor an d. deutschen Universität Prag. Nr. 49.
- Griechische Literaturgeschichte** mit Berücksichtigung d. Geschichte der Wissenschaften v. Dr. Alfred Gerde, Prof. an der Univ. Breslau. 2 Bändchen. Nr. 70 u. 557.
- Griechischen Papyri, Auswahl aus,** von Prof. Dr. Robert Helbing in Karlsruhe i. B. Nr. 625.
- Griechischen Sprache, Geschichte der,** I: Bis zum Ausgange d. klassischen Zeit v. Dr. Otto Hoffmann, Prof. a. d. Univ. Münster. Nr. 111.
- Griechische u. römische Mythologie** v. Prof. Dr. Herm. Steuding, Rekt. d. Gymnas. in Schneeberg. Nr. 27.
- Grundbuchrecht, Das formelle,** von Oberlandesgerichtsr. Dr. F. Krebschmar in Dresden. Nr. 549.
- Handelspolitik, Auswärtige,** von Dr. Heinr. Sieveling, Professor an der Universität Zürich. Nr. 245.
- Handelsrecht, Deutsches,** von Dr. Karl Lehmann, Prof. an d. Universität Göttingen. I: Einleitung. Der Kaufmann u. seine Hilfspersonen. Offene Handelsgesellschaft. Kommandit- u. stille Gesellsch. Nr. 457. — II: Aktiengesellschaft. Gesellsch. m. b. H. Eing. Gen. Handelsgesch. Nr. 458.
- Handelschulwesen, Das deutsche,** von Direktor Theodor Blum in Dessau. Nr. 558.
- Handelsstand, Der,** von Rechtsanwält Dr. jur. Bruno Springer in Leipzig (Kaufm. Rechtsf. Bd. 2). Nr. 545.
- Handelswesen, Das,** von Geh. Regierungsrat Dr. Wilh. Lexis, Professor an der Universität Göttingen. I: Das Handelspersonal und der Warenhandel. Nr. 296. — II: Die Effektenbörse und die innere Handelspolitik. Nr. 297.
- Handfeuerwaffen, Die Entwicklung der,** seit der Mitte des 19. Jahrhunderts u. ihr heutiger Stand von G. Wrzodek, Hauptmann u. Kompaniechef im Inf.-Reg. Freiherr Hiller von Gartringen (4. Posen'sches) Nr. 59 in Soldau. Mit 21 Abbildgn. Nr. 366.
- Harmonielehre** von A. Halm. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 120.
- Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg.** Auswahl aus d. höfischen Epos mit Anmerk. u. Wörterbuch von Dr. K. Marold, Prof. am Königl. Friedrichs-Kollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.
- Harze, Lacke, Firnisse** von Dr. Karl Braun in Berlin. (Die Fette und Ole III). Nr. 337.
- Hebezeuge, Die,** ihre Konstruktion u. Berechnung von Ing. Prof. Herm. Wilda, Bremen. Mit 399 Abb. Nr. 414.
- Heeresorganisation, Die Entwicklung der,** seit Einführung der stehenden Heere von Otto Neuschler, Hauptmann u. Batteriechef in Ulm. I: Geschichtl. Entwicklung bis zum Ausgange d. 19. Jahrh. Nr. 552.
- Heizung u. Lüftung** v. Ing. Johannes Rörting in Düsseldorf. I: Das Wesen u. die Berechnung der Heizungs- u. Lüftungsanlagen. Mit 34 Figuren. Nr. 342.

- Heizung u. Lüftung v. Ing. Johannes Köring** in Düsseldorf. II: Die Ausführung d. Heizungs- u. Lüftungsanlagen. Mit 191 Figuren. Nr. 343.
- Hessen. Landeskunde des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck v. Prof. Dr. Georg Greim** in Darmstadt. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 376.
- Hieroglyphen** von Geh. Regier.-Rat Dr. Ab. Erman, Prof. an der Universität Berlin. Nr. 608.
- Hochspannungstechnik, Einführ. in die moderne**, von Dr.-Ing. K. Fischer in Hamburg-Bergedorf. Mit 92 Fig. Nr. 609.
- Holz, Das. Aufbau, Eigenschaften u. Verwendung v. Ing. Prof. Herm. Wilba** in Bremen. Mit 33 Abb. Nr. 459.
- Hotels. Gasthäuser und Hotels** von Archit. Max Wöhler in Düsseldorf. I: Die Bestandteile u. d. Einrichtg. d. Gasthauses. M. 70 Fig. Nr. 525.
— II: Die verschiedenen Arten von Gasthäusern. Mit 82 Figuren. Nr. 526.
- Hydraulik v. W. Hauber, Dipl.-Ing.** in Stuttgart. Mit 44 Figuren. Nr. 397.
- Hygiene des Städtebaus, Die**, von Prof. S. Chr. Rußbaum in Hannover. Mit. 30 Abb. Nr. 348.
— **des Wohnungswesens, Die**, von Prof. S. Chr. Rußbaum in Hannover. Mit 5 Abbild. Nr. 363.
- Iberische Halbinsel. Landeskunde der Iberischen Halbinsel** von Dr. Fritz Regel, Prof. a. d. Univ. Würzburg. M. 8 Kartchen u. 8 Abb. im Text u. 1 Karte in Farbendruck. Nr. 235.
- Indische Religionsgeschichte** von Prof. Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.
- Indogerman. Sprachwissenschaft** von Dr. R. Meringer, Professor an der Univerf. Graz. M. 1 Tafel. Nr. 59.
- Industrielle u. gewerbliche Bauten** (Speicher, Lagerhäuser u. Fabriken) von Architekt Heinr. Salzmänn in Düsseldorf. I: Allgemeines üb. Anlage u. Konstruktion d. industriellen u. gewerblichen Bauten. Nr. 511.
— II: Speicher und Lagerhäuser. Mit 123 Figuren. Nr. 512.
- Infektionskrankheiten, Die, und ihre Verhütung** von Stabsarzt Dr. W. Hoffmann in Berlin. Mit 12 vom Verfasser gezeichneten Abbildungen und einer Fiebertafel. Nr. 327.
- Insekten. Das Tierreich V: Insekten** von Dr. J. Groß in Neapel (Stazione Zoologica). Mit 56 Abbildungen. Nr. 594.
- Instrumentenlehre v. Musikdir. Franz Mayerhoff** in Chemnitz. I: Text. Nr. 437.
— II: Notenbeispiele. Nr. 438.
- Integralrechnung** von Dr. Friedr. Junker, Rekt. d. Realgymnasiums u. d. Oberrealschule in Göppingen. Mit 89 Figuren. Nr. 88.
— **Repetitorium u. Aufgabensammlung zur Integralrechnung** von Dr. Friedr. Junker, Rekt. d. Realgymnasiums u. der Oberrealschule in Göppingen. M. 52 Fig. Nr. 147.
- Israel. Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit** von Lic. Dr. F. Benzinger. Nr. 231.
- Italienische Handelskorrespondenz v. Prof. Alberto de Beauz**, Oberlehrer am Königl. Institut S. S. Annunziata in Florenz. Nr. 219.
- Italienische Literaturgeschichte** von Dr. Karl Böhler, Professor an der Universität München. Nr. 125.
- Kalkulation, Die, im Maschinenbau** von Ingen. S. Bethmann, Dozent am Technikum Altenburg. Mit 63 Abbildungen. Nr. 486.
- Kältemaschinen. Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- und Kältemaschinen** von M. Röttinger, Dipl.-Ing. in Mannheim. Mit 73 Figuren. Nr. 2.
- Kamerun. Die deutschen Kolonien I: Togo und Kamerun** von Prof. Dr. Karl Dove. Mit 16 Tafeln und einer lithogr. Karte. Nr. 441.
- Kanal- und Schleusenbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold in Stuttgart. Mit 78 Abb. Nr. 585.
- Kant, Immanuel.** (Geschichte der Philosophie Bd. 5) von Dr. Bruno Bauch, Prof. a. d. Univ. Jena. Nr. 536.
- Kartell u. Trußt v. Dr. S. Tschierch** in Düsseldorf. Nr. 522
- Kartenkunde** von Dr. M. Groll, Kartograph i. Berlin. 2 Bändchen. I: Die Projektionen. Mit 56 Fig. Nr. 30.

- Kartenkunde** von Dr. M. Gross, Kartograph in Berlin. II: Der Karteninhalt und das Messen auf Karten. Mit 39 Fig. Nr. 599.
- Kartographische Aufnahmen u. geograph. Ortsbestimmung auf Reisen** von Dr.-Ing. R. Hugerhoff, Prof. an der Forstakademie zu Tharandt. Mit 73 Figuren. Nr. 607.
- Kaufmännische Rechtskunde. I:** Das Wechselwesen v. Rechtsanwalt Dr. Rud. Mothes in Leipzig. Nr. 103.
- **II:** Der Handelsstand v. Rechtsanwalt Dr. jur. Bruno Springer, Leipzig. Nr. 545.
- Kaufmännisches Rechnen** von Prof. Richard Just, Oberlehrer a. d. Öffentl. Handelshochschule d. Dresdener Kaufmannschaft. I. II. III. Nr. 139, 140, 187.
- Keramische Industrie. Die Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine und des Mörtels** von Dr. Gust. Rauter. I: Glas- u. keram. Industrie. Mit 12 Taf. Nr. 233.
- Kerzenfabrikation. Die Seifenfabrikation, die Seifenanalyse und die Kerzenfabrikation** von Dr. Karl Braun in Berlin. (Die Fette u. Die II.) Mit 25 Abb. Nr. 336.
- Kiautschou. Die deutschen Kolonien II: Das Südseegebiet und Kiautschou** v. Prof. Dr. R. Dove. Mit 16 Taf. u. 1 lithogr. Karte. Nr. 520.
- Kinematik** von Dipl.-Ing. Hans Polster, Assst. a. d. Kgl. Techn. Hochschule Dresden. M. 76 Abb. Nr. 584.
- Kirchenrecht** v. Dr. E. Sehling, ord. Prof. d. Rechte in Erlangen. Nr. 377.
- Klima und Leben (Bioklimatologie)** von Dr. Wilh. R. Ehardt, Assst. an der öffentl. Wetterdienststelle in Weilburg. Nr. 629.
- Klimakunde I: Allgemeine Klimalehre** von Prof. Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Taf. u. 2 Figuren. Nr. 114.
- Kolonialgeschichte** von Dr. Dietrich Schäfer, Professor der Geschichte an der Universität Berlin. Nr. 156.
- Kolonialrecht, Deutsches**, von Prof. Dr. H. Ebler von Hoffmann, Studien- direktor d. Akademie für kommunale Verwaltung in Düsseldorf. Nr. 318.
- Kometen. Astronomie. Größe, Bewegung u. Entfernung d. Himmelskörper v. A. F. Möbius, neu bearb. v. Dr. Herm. Kobold, Prof. an der Univ. Kiel. II: Kometen, Meteore u. das Sternsystem.** Mit 15 Fig. u. 2 Sternkarten. Nr. 529.
- Kommunale Wirtschaftspflege** von Dr. Alfons Rieß, Magistratsassessor in Berlin. Nr. 534.
- Kompositionelle Lehre. Musikalische Formenlehre** v. Steph. Krehl. I. II. M. viel. Notenbeispiel. Nr. 149, 150.
- Kontrapunkt. Die Lehre von der selbstständigen Stimmführung** v. Steph. Krehl in Leipzig. Nr. 390.
- Kontrollwesen, Das agrilkulturchemische**, von Dr. Paul Kirzche in Leopoldshall-Staffurt. Nr. 304.
- Koordinatensysteme v. Paul B. Fijcher, Oberl. a. d. Oberrealschule zu Groß-Lichterfelde.** Mit 8 Fig. Nr. 507.
- Körper, Der menschliche, sein Bau und seine Tätigkeiten** von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre v. Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abb. u. 1 Tafel. Nr. 18.
- Kostenanschlag** siehe: Veranschlagen.
- Kriegsschiffbau. Die Entwicklung des Kriegsschiffbaues vom Altertum bis zur Neuzeit.** Von Tjard Schwarz, Geh. Marinebaurat und Schiffbau-Direktor. I. Teil: Das Zeitalter der Ruderschiffe u. der Segelschiffe für die Kriegsführung zur See vom Altertum bis 1840. Mit 32 Abbildungen. Nr. 471.
- — II. Teil: Das Zeitalter der Dampfschiffe für die Kriegsführung zur See von 1840 bis zur Neuzeit. Mit 81 Abbildungen. Nr. 472.
- Kriegswesen, Geschichte des**, von Dr. Emil Daniels in Berlin. I: Das antike Kriegswesen. Nr. 488.
- — II: Das mittelalterliche Kriegswesen. Nr. 498.
- — III: Das Kriegswesen der Neuzeit. Erster Teil. Nr. 518.
- — IV: Das Kriegswesen der Neuzeit. Zweiter Teil. Nr. 537.
- — V: Das Kriegswesen der Neuzeit. Dritter Teil. Nr. 568.
- Kristallographie** v. Dr. W. Brühns, Prof. a. d. Bergakademie Clausthal. Mit 190 Abbild. Nr. 210.

- Kristalloptik, Einführung in die**, von Dr. Eberhard Buchwald i. München. Mit 124 Abbildungen. Nr. 619.
- Kudrun und Dietrichen**. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. D. L. Jiriczek, Professor an der Universität Würzburg. Nr. 10.
- Kultur, Die, der Renaissance**. Gesittung, Forschung, Dichtung v. Dr. Robert F. Arnold, Professor an der Universität Wien. Nr. 189.
- Kulturgeschichte, Deutsche**, von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.
- Kurvendiskussion, Algebraische Kurven** von Eug. Ventel, Oberreallehrer in Baihingen-Enz. I: Kurvendiskussion. Mit 57 Fig. im Text. Nr. 435.
- Kurzschrift** siehe: Stenographie.
- Küstenartillerie. Die Entwicklung der Schiffs- und Küstenartillerie bis zur Gegenwart** v. Korvettenkapitän Huning. Mit Abbildungen und Tabellen. Nr. 606.
- Lacke, Harze, Lacke, Firnisse** von Dr. Karl Braun in Berlin. (Die Fette und Ole III.) Nr. 337.
- Lagerhäuser. Industrielle und gewerbliche Bauten.** (Speicher, Lagerhäuser u. Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmann, Düsseldorf. II: Speicher u. Lagerhäuser. Mit 123 Fig. Nr. 512.
- Länder- und Völkernamen** von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 478.
- Landstraßenbau** von Kgl. Oberlehrer A. Liebmann, Betriebsdirekt. a. D. i. Magdeburg. Mit 44 Fig. Nr. 598.
- Landwirtschaftliche Betriebslehre** v. E. Langenbeck in Groß-Lichterfelde. Nr. 227.
- Landwirtschaftlichen Maschinen, Die**, von Karl Walther, Diplom.-Ing. in Mannheim. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildgn. Nr. 407—409.
- Lateinische Grammatik. Grundriß der latein. Sprachlehre** v. Prof. Dr. W. Botsch in Magdeburg. Nr. 82.
- **Sprache. Geschichte der lateinischen Sprache** von Dr. Friedrich Stolz, Professor an der Universität Innsbruck. Nr. 492.
- Licht. Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme.** Von Dr. Gust. Jäger, Prof. an der Techn. Hochschule in Wien. W. 47 Abb. Nr. 77.
- Logarithmen. Vierstellige Tafeln und Gegendafeln für logarithmisches u. trigonometrisches Rechnen** in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Herm. Schubert, Prof. an der Lehrerschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 81.
- **Fünfstellige**, von Professor August Adler, Direktor der k. f. Staatsoberschule in Wien. Nr. 423.
- Logik. Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie** von Professor Dr. Th. Eshenans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.
- Lokomotiven. Eisenbahnfahrzeuge** von H. Hünenthal. I: Die Lokomotiven. Mit 89 Abb. im Text u. 2 Tafeln. Nr. 107.
- Lothringen. Geschichte Lothringens** von Dr. Herm. Derichsweiler, Geh. Regierungsrat in Straßburg. Nr. 6.
- **Landeskunde v. Elsaß-Lothringen** v. Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abb. u. 1 Karte. Nr. 215.
- Lötrohrprobierkunde. Qualitative Analyse mit Hilfe des Lötrohrs** von Dr. Mart. Henglein in Freiberg i. Sa. Mit 10 Figuren. Nr. 483.
- Lübeck. Landeskunde d. Großherzogtümer Mecklenburg u. der Freien u. Hansestadt Lübeck** v. Dr. Sebald Schwarz, Direktor der Realschule zum Dom in Lübeck. Mit 17 Abbildungen und Karten im Text und 1 lithographischen Karte. Nr. 487.
- Luftelektrizität** von Dr. Karl Kähler, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter am Königl. Preuß. Meteorologisch-Magnetischen Observatorium in Potsdam. Mit 18 Abbildungen. Nr. 649.
- Lustsalpeter. Seine Gewinnung** durch den elektrischen Flammenbogen von Dr. G. Brion, Prof. an der Kgl. Bergakademie in Freiberg. Mit 50 Figuren. Nr. 616.
- Luft- und Meeresströmungen** von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationschule zu Lübeck. Mit 27 Abbildungen und Tafeln. Nr. 551.
- Lüftung. Heizung und Lüftung** von Ing. Johannes Körting in Düsseldorf. I: Das Wesen und die Berechnung d. Heizungs- u. Lüftungsanlagen. Mit 34 Fig. Nr. 342.

- Lüftung, Heizung und Lüftung** von Ing. Johannes Körting in Düsseldorf. II: Die Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 191 Figuren. Nr. 343.
- Luther, Martin, und Thom. Murner.** Ausgewählt und mit Einleitungen u. Anmerkungen versehen v. Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolai-Gymnasium zu Leipzig. Nr. 7.
- Magnetismus. Theoretische Physik III. Teil: Elektrizität u. Magnetismus.** Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Technischen Hochschule Wien. Mit 33 Abbildungen. Nr. 78.
- Mälzerei. Brauereiwesen I: Mälzerei** von Dr. P. Dreverhoff, Direktor d. Öffentlichen und 1. Sächsl. Versuchstation für Brauerei und Mälzerei, sowie der Brauer- und Mälzerschule zu Grimma. Nr. 303.
- Maschinenbau, Die Kalkulation im,** von Ingenieur H. Bethmann, Doz. am Technikum Altenburg. Mit 63 Abbildungen. Nr. 486.
- **Die Materialien des Maschinenbaues und der Elektrotechnik** von Ingenieur Prof. Hermann Wilda. Mit 3 Abbildungen. Nr. 476.
- Maschinenelemente, Die.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. d. praktischen Gebrauch von Fr. Barth, Oberingen. in Nürnberg. Mit 86 Fig. Nr. 3.
- Maschinenzeichnen, Praktisches,** von Ing. Richard Schiffner in Warmbrunn. I: Grundbegriffe, Einfache Maschinenteile bis zu den Kupplungen. Mit 60 Tafeln. Nr. 589.
- **II: Lager, Riemen- und Seilscheiben, Zahnräder, Kolbenpumpe.** Mit 51 Tafeln. Nr. 590.
- Maschanalyse** von Dr. Otto Köhm in Darmstadt. Mit 14 Fig. Nr. 221.
- Maß-, Münz- und Gewichtswesen** von Dr. August Blind, Professor an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.
- Materialprüfungswesen.** Einführung in die moderne Technik d. Materialprüfung von R. Memmler, Dipl.-Ingenieur, ständ. Mitarbeiter am Kgl. Material-Prüfungsamte zu Groß-Lichterfelde. I: Materialeigenschaften. — Festigkeitsversuche. — Hilfsmittel für Festigkeitsversuche. Mit 58 Figuren. Nr. 311.
- Materialprüfungswesen.** Einführung in die moderne Technik d. Materialprüfung von R. Memmler, Dipl.-Ingenieur, ständ. Mitarbeiter am Kgl. Material-Prüfungsamte zu Groß-Lichterfelde. II: Metallprüfung und Prüfung von Hilfsmaterialien d. Maschinenbaues. — Baumaterialprüfung. — Papierprüfung. — Schmiermittelprüfung. — Einiges über Metallographie. Mit 31 Fig. Nr. 312.
- Mathematik, Geschichte der,** von Dr. A. Sturm, Prof. am Obergymnasium in Seitenstetten. Nr. 226.
- Mathematische Formelsammlung und Repetitorium der Mathematik,** enthalten die wichtigsten Formeln u. Lehrfätze d. Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen und sphärischen Trigonometrie, math. Geographie, analyt. Geometrie der Ebene und des Raumes, der Differential- und Integralrechnung von O. Th. Bürklen, Professor am Kgl. Realgymnasium in Schw.-Gmünd. Mit 18 Figuren. Nr. 51.
- Maurer- und Steinhauerarbeiten** von Prof. Dr. phil. und Dr.-Ing. Ed. Schmitt in Darmstadt. 3 Bändchen Mit vielen Abbild. Nr. 419—421.
- Mechanik. Theoret. Physik I. Teil: Mechanik und Akustik.** Von Dr. Gust. Jäger, Prof. an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 19 Abbildungen. Nr. 76.
- Mechanische Technologie** von Geh. Hofrat Professor A. Lüdicke in Braunschweig. 2 Bändchen. Nr. 340, 341.
- Mecklenburg. Landeskunde d. Großherzogtümer Mecklenburg u. der Freien u. Hansestadt Lübeck** von Dr. Sebald Schwarz, Direktor der Realschule zum Dom in Lübeck. Mit 17 Abbild. im Text, 16 Taf. und 1 Karte in Lithographie. Nr. 487.
- Mecklenburgische Geschichte** von Oberlehrer Otto Bitense in Neubrandenburg i. M. Nr. 610.
- Meereskunde, Physische,** von Prof. Dr. Gerhard Schott, Abteilungs- vorsteher bei d. Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 39 Abbildungen im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.

- Meeresströmungen. Luft- u. Meeresströmungen** v. Dr. Franz Schulze, Dir. d. Navigationschule zu Lübeck. Mit 27 Abb. u. Tafeln. Nr. 551.
- Menschliche Körper, Der, sein Bau u. seine Tätigkeiten** von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre v. Dr. med. S. Seiler. Mit 47 Abb. u. 1 Tafel. Nr. 18.
- Metallographie.** Kurze, gemeinverständliche Darstellung der Lehre von den Metallen u. ihren Legierungen unter besond. Berücksichtigung der Metallmikroskopie v. Prof. E. Heyn u. Prof. D. Bauer a. Kgl. Materialprüfungsamt (Gr.-Lichterfelde) d. K. Techn. Hochschule zu Berlin. I: Allgem. Teil. Mit 45 Abb. im Text und 5 Lichtbildern auf 3 Tafeln. Nr. 432.
- II: Spez. Teil. Mit 49 Abbildungen im Text und 37 Lichtbildern auf 19 Tafeln. Nr. 433.
- Metallurgie** von Dr. August Geiz in Kristiansand (Norwegen). I. II. Mit 21 Figuren. Nr. 313, 314.
- Meteore. Astronomie.** Größe, Bewegung u. Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearbeitet von Dr. Herm. Kobold, Prof. a. d. Univ. Kiel. II: Kometen, Meteore u. das Sternensystem. Mit 15 Fig. u. 2 Sternarten. Nr. 529.
- Meteorologie** v. Dr. W. Trabert, Prof. an der Universität Wien. Mit 49 Abbild. u. 7 Tafeln. Nr. 54.
- Militärische Bauten** von Reg.-Baumeister R. Lang in Stuttgart. Mit 59 Abb. Nr. 626.
- Militärstrafrecht** von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an d. Univ. Straßburg i. E. 2 Bde. Nr. 371, 372.
- Mineralogie** von Geheimer Bergrat Dr. R. Brauns, Prof. an d. Univ. Bonn. Mit 132 Abbild. Nr. 29.
- Minnefang und Spruchdichtung.** Walther von der Vogelweide mit Auswahl aus Minnefang und Spruchdichtung. Mit Anmerkungen u. einem Wörterb. von D. Güntter, Prof. an d. Oberrealschule u. an d. Techn. Hochschule i. Stuttgart. Nr. 23.
- Mittelhochdeutsche Dichtungen aus mittelhochdeutscher Frühzeit.** In Auswahl mit Einleitg. u. Wörterbuch herausgeg. von Dr. Hermann Janßen, Dir. d. Königin Luise-Schule i. Königsberg i. Pr. Nr. 137.
- Mittelhochdeutsche Grammatik.** Der Nibelunge Nöt in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik mit kurz. Wörterb. v. Dr. W. Golther, Prof. a. d. Univ. Rostock. Nr. 1.
- Morgenland. Geschichte des alten Morgenlandes** v. Dr. Fr. Hommel, Prof. an d. Universität München. Mit 9 Bildern u. 1 Karte. Nr. 43.
- Morphologie und Organographie der Pflanzen** v. Prof. Dr. W. Nordhausen i. Kiel. Nr. 123 Abb. Nr. 141.
- Mörtel.** Die Industrie d. künstlichen Bausteine und des Mörtels von Dr. G. Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.
- Mundarten, Die deutschen,** von Prof. Dr. S. Reiz in Mainz. Nr. 605.
- Mundarten, Plattdeutsche,** von Dr. Hubert Grimme, Professor an der Univerf. Münster i. W. Nr. 461.
- Münzwesen. Maß-, Münz- und Gewichtswesen** v. Dr. Aug. Blind, Prof. a. d. Handelsschule in Köln. Nr. 283.
- Murner, Thomas.** Martin Luther u. Thomas Murner. Ausgewählt u. m. Einleitungen u. Anmerk. versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaighymnas. zu Leipzig. Nr. 7.
- Musik, Geschichte der alten und mittelalterlichen,** v. Dr. A. Böhrer in Steinhausen. 2 Bdeh. Mit zahlr. Abb. u. Musikbeil. Nr. 121 u. 347.
- Musikalische Akustik** von Professor Dr. Karl L. Schäfer in Berlin. Mit 36 Abbildungen. Nr. 21.
- Musikal. Formenlehre (Kompositionslern)** von Stephan Krehl. I. II. Mit viel. Notenbeisp. Nr. 149, 150.
- Musikästhetik** von Dr. Karl Grunsky in Stuttgart. Nr. 344.
- Musikgeschichte des 17. und 18. Jahrhunderts** von Dr. Karl Grunsky in Stuttgart. Nr. 239.
- Musikgeschichte seit Beginn des 19. Jahrhunderts** v. Dr. K. Grunsky in Stuttgart. I. II. Nr. 164, 165.
- Musiklehre, Allgemeine,** von Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 220.
- Nadelhölzer, Die,** von Dr. F. W. Neger, Prof. an der Königl. Forstakademie zu Tharandt. Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen und 3 Karten. Nr. 355.
- Nahrungsmittel. Ernährung u. Nahrungsmittel** v. Oberstabsarzt Prof. S. Bischoff in Berlin. Mit 4 Abbildungen. Nr. 464.

Nautik. Kurzer Abriss d. täglich an Bord von Handelsschiffen angew. Theils d. Schifffahrtstunde. Von Dr. Franz Schuke, Dir. d. Navigations-
schule zu Lübeck. Mit 56 Abbildgn. Nr. 84.

**Neugriechisch-deutsches Gesprächs-
buch** mit besond. Berücksichtigung d. Umgangssprache v. Dr. Johannes Kalitshunakis, Doz. am Seminar für orient. Sprache in Berlin. Nr. 585.

**Neunzehntes Jahrhundert. Geschichte
des 19. Jahrhunderts** von Oskar Jäger, o. Honorarprof. a. d. Univ. Bonn. 1. Bdch.: 1800—1852. Nr. 216.

— 2. Bändchen: 1853 bis Ende des Jahrhunderts Nr. 217.

Neutestamentliche Zeitgeschichte von Lic. Dr. W. Staerk, Prof. a. der Univ. in Jena. I: Der historische u. kulturgeschichtl. Hintergrund d. Urchristentums. M. 3 Karten. Nr. 325.

— II: Die Religion d. Judentums im Zeitalter des Hellenismus und der Römewerthchaft. Mit 1 Planskizze. Nr. 326.

Nibelunge Nôt, Der, in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterb. v. Dr. W. Goltzher, Prof. an der Univ. Rostod. Nr. 1.

**Nordische Literaturgeschichte I: Die
island. u. norweg. Literatur** des Mittelalters v. Dr. W. Goltzher, Prof. an der Universität Rostod. Nr. 254.

Ruhpflanzen von Prof. Dr. J. Behrens, Vorst. d. Großherzoggl. landwirtschaftl. Versuchsanst. Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.

Ole. Die Fette u. Ole sowie d. Seifen- u. Kerzenfabrikation u. d. Harze, Lade, Firnisse mit ihren wichtigsten Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun in Berlin. I: Einführung in d. Chemie, Besprechung einiger Salze u. der Fette und Ole. Nr. 335.

Ole und Riechstoffe, Atherische, von Dr. F. Rochussen in Miltis. Mit 9 Abbildungen. Nr. 446.

**Optik. Einführung in d. geometrische
Optik** von Dr. W. Hinrichs in Wilmersdorf-Berlin. Nr. 532.

**Orientalische Literaturen. Die Lite-
raturen des Orients** von Dr. W. Haberlandt, Privatdoz. an d. Universität Wien. I: Die Literaturen Ostasiens und Indiens. Nr. 162.

**Orientalische Literaturen. Die Lite-
raturen des Orients** von Dr. W. Haberlandt, Privatdoz. an d. Universität Wien. II: Die Literaturen d. Perier, Semiten und Türken. Nr. 163.

— **Die christlichen Literaturen des
Orients** von Dr. Ant. Baumstark. I: Einleitg. — Das christl.-aramäische u. d. kopt. Schrifttum. Nr. 527.

— II: Das christlich-arabische und das äthiopische Schrifttum. — Das christliche Schrifttum der Armenier und Georgier. Nr. 528.

Ortsnamen im Deutschen, Die, ihre Entwicklung u. ihre Herkunft von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig-Gohlis. Nr. 573.

Ostafrika. (Die deutsch. Kolonien III) von Prof. Dr. R. Dove. Mit 16 Taf. u. 1 lithogr. Karte. Nr. 567.

Osterreich. Osterreichische Geschichte von Prof. Dr. Franz v. Krones, neubearb. von Dr. Karl Uhlirz, Prof. a. d. Univ. Graz. I: Von d. Urzeit b. z. Tode König Albrechts II. (1439). Mit 11 Stammtaf. Nr. 104.

— II: Vom Tode König Albrechts II. bis z. Westf. Frieden (1440—1648). Mit 3 Stammtafeln. Nr. 105.

— **Landeskunde v. Osterreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Prof. an d. Universität Prag. Mit 10 Textillustrationen u. 1 Karte. Nr. 244.

**Ovidius Naso, Die Metamorphosen
des.** In Auswahl mit einer Einleit. u. Anmerk. herausgeg. v. Dr. Jul. Ziehen in Frankfurt a.M. Nr. 442.

Pädagogik im Grundriss von Professor Dr. W. Rein, Direktor d. Pädagog. Seminars a. d. Univ. Jena. Nr. 12.

— **Geschichte der**, von Oberlehrer Dr. S. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.

**Paläogeographie. Geolog. Geschichte
der Meere und Festländer** von Dr. Franz Kossmat in Wien. Mit 6 Karten. Nr. 406.

Paläoklimatologie von Dr. Wilh. R. Eckardt i. Weilburg (Lahn). Nr. 482.

Paläontologie von Dr. Rud. Hoernes, Professor an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.

— **und Abstammungslehre** von Dr. Karl Diener, Prof. an der Univerf. Wien. Mit 9 Abbild. Nr. 460.

- Palästina. Landes- und Volkskunde** Palästinas von Lic. Dr. Gustav Sölscher in Halle. Mit 8 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 345.
- Parallelperspektive.** Rechtwinklige u. schiefwinklige Trigonometrie v. Prof. J. Bonderlinn in Münster. Mit 121 Figuren. Nr. 260.
- Personennamen, Die deutschen,** v. Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 422.
- Petrographie** v. Dr. W. Bruhns, Prof. an der Bergakademie Clausthal. Mit 15 Abbildungen. Nr. 173.
- Pflanze, Die, ihr Bau und ihr Leben** von Prof. Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.
- Pflanzenbaulehre. Ackerbau- und Pflanzenbaulehre** von Dr. Paul Rippert in Essen u. Ernst Langenbeck in Groß-Lichterfelde. Nr. 232.
- Pflanzenbiologie** v. Dr. W. Migula, Professor an d. Forstakademie Eisenach. I: Allgemeine Biologie. Mit 43 Abbildungen. Nr. 127.
- Pflanzenernährung. Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung** v. Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
- Pflanzengeographie** von Professor Dr. Ludwig Diels in Marburg (Hessen). Nr. 389.
- Pflanzenkrankheiten** von Dr. Werner Friedr. Bruch, Privatdoz. i. Gießen. Mit 1 farb. Tafel und 45 Abbildgn. Nr. 310.
- Pflanzenmorphologie. Morphologie u. Organographie d. Pflanzen** von Prof. Dr. M. Nordhausen in Kiel. Mit 123 Abbildungen. Nr. 141.
- Pflanzenphysiologie** von Dr. Adolf Hansen, Prof. an der Universität Gießen. Mit 43 Abbild. Nr. 591.
- Pflanzenreich, Die Stämme des,** von Privatdoz. Dr. Rob. Pilger, Kustos am Rgl. Botan. Garten in Berlin-Dahlem. Mit 22 Abb. Nr. 485.
- Pflanzenwelt, Die, der Gewässer** von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Forstak. Eisenach. Mit 50 Abb. Nr. 158.
- Pflanzenzellenlehre. Zellenlehre und Anatomie der Pflanzen** von Prof. Dr. S. Wiehe in Leipzig. Mit 79 Abbildungen. Nr. 556.
- Pharmakognosie.** Von Apotheker F. Schmitthener, Assist. a. Botan. Institut d. Techn. Hochschule Karlsruhe. Nr. 251.
- Pharmazeutische Chemie** von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. 3 Bändchen. Nr. 513/44 u. 588.
- Philologie, Geschichte d. Klassischen,** v. Dr. Wilh. Kroll, ord. Prof. a. d. Univ. Münster in Westf. Nr. 367.
- Philosophie, Einführung in die,** von Dr. Max Wentscher, Professor an der Universität Bonn. Nr. 281.
- Philosophie, Geschichte d., IV: Neuere Philosophie bis Kant** von Dr. B. Bauch, Professor an der Universität Jena. Nr. 394.
- — V: Immanuel Kant von Dr. Bruno Bauch, Professor an d. Universität Jena. Nr. 536.
- — VI: Die Philosophie im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts von Arthur Drews, Prof. der Philosophie an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. Nr. 571.
- **Hauptprobleme der,** v. Dr. Georg Simmel, Professor an der Universität Berlin. Nr. 590.
- **Psychologie und Logik zur Einf. in d. Philosophie** von Prof. Dr. Th. Essenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.
- Photographie, Die.** Von S. Kessler, Prof. an d. k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 3 Taf. und 42 Abbild. Nr. 94.
- Physik, Theoretische,** von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Techn. Hochschule in Wien. I. Teil: Mechanik und Akustik. Mit 24 Abbildungen. Nr. 76.
- — II. Teil: Licht u. Wärme. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.
- — III. Teil: Elektrizität u. Magnetismus. Mit 33 Abbild. Nr. 78.
- — IV. Teil: Elektromagnet. Lichttheorie und Elektronik. Mit 21 Fig. Nr. 374.
- Physik, Geschichte der,** von Prof. A. Rüstner in Wertheim a. M. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Fig. Nr. 293.
- — II: Die Physik von Newton bis z. Gegenwart. Mit 3 Fig. Nr. 294.
- Physikalisch-Chemische Rechenaufgaben** von Prof. Dr. R. Uebg und Privatdozent Dr. O. Sackur, beide an der Univ. Breslau. Nr. 445.
- Physikalische Aufgabensammlung** von G. Wahler, Prof. der Mathematik u. Physik am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.

- Physikalische Formelsammlung** von O. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Mit 65 Fig. Nr. 136.
- Physikalische Messungsmethoden** von Dr. Wilh. Bahrst, Oberlehrer an d. Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Figuren. Nr. 301.
- Physikalische Tabellen** v. Dr. A. Leid, Oberlehrer an der Comeniuschule zu Berlin-Schöneberg. Nr. 650.
- Physiologische Chemie** von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.
— II: Dissimilation. Mit 1 Taf. Nr. 241.
- Physische Geographie** von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Kgl. Techn. Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
- Physische Meereskunde** von Prof. Dr. Gerh. Schott, Abteilungsvorst. b. d. Deutsch. Seewarte in Hamburg. Nr. 39 Abb. im Text u. 8 Taf. Nr. 112.
- Pilze, Die.** Eine Einführung in die Kenntnis ihrer Formenreihen von Prof. Dr. G. Lindau in Berlin. Mit 10 Figurengruppen i. Text. Nr. 574.
- Planetensystem. Astronomie** (Größe, Bewegung u. Entfernung d. Himmelskörper) von A. F. Möbius, neu bearb. von Dr. Herm. Kobold, Prof. a. d. Univ. Kiel. I: Das Planetensystem. Mit 33 Abbild. Nr. 11.
- Plastik, Die, des Abendlandes** von Dr. Hans Stegmann, Direktor des Bayer. Nationalmuseums in München. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.
— Die, seit Beginn des 19. Jahrhunderts von A. Heilmeyer in München. Mit 41 Vollbildern. Nr. 321.
- Plattdeutsche Mundarten** von Dr. Sub. Grimme, Professor an der Universität Münster i. W. Nr. 461.
- Poetik, Deutsche,** v. Dr. S. Borinski, Prof. a. d. Univ. München. Nr. 40.
- Polarlicht. Erdmagnetismus, Erdstrahl u. Polarlicht** von Dr. A. Rippoldt, Mitglied des Kgl. Preuß. Meteorolog. Instituts zu Potsdam. Mit 7 Taf. u. 16 Figuren. Nr. 175.
- Polnische Geschichte** von Dr. Clemens Brandenburger in Posen. Nr. 338.
- Pommern. Landeskunde** von Pommern von Dr. W. Deede, Prof. an der Universität Freiburg i. B. Mit 10 Abb. und Karten im Text und 1 Karte in Lithographie. Nr. 575.
- Portugiesische Geschichte** v. Dr. Gustav Dierds in Berlin-Steglitz. Nr. 622.
- Portugiesische Literaturgeschichte** von Dr. Karl von Reinhardtstoettner, Professor an der Kgl. Techn. Hochschule München. Nr. 213.
- Posamentiererei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirterei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation** v. Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Kgl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Fig. Nr. 185.
- Postrecht** von Dr. Alfred Wolde, Postinspektor in Bonn. Nr. 425.
- Preßluftwerkzeuge, Die,** von Dipl.-Ing. P. Zittis, Oberlehrer an der Kais. Techn. Schule in Straßburg. Mit 82 Figuren. Nr. 493.
- Preussische Geschichte. Brandenburgisch-Preussische Geschichte** v. Prof. Dr. M. Thamm, Direktor d. Kaiser Wilhelms-Gymnasiums in Montabaur. Nr. 600.
- Preussisches Staatsrecht** von Dr. Fritz Stier-Somlo, Prof. an der Univ. Bonn. 2 Teile. Nr. 298, 299.
- Psychiatrie, Forensische,** von Professor Dr. W. Weygandt, Dir. der Irrenanstalt Friedrichsberg in Hamburg. 2 Bändchen. Nr. 410 und 411.
- Psychologie und Logik zur Einführung in d. Philosophie** v. Prof. Dr. Th. Eshenbans. Mit 13 Fig. Nr. 14.
- Psychophysik, Grundriß der,** v. Prof. Dr. G. F. Lipps in Zürich. Mit 3 Figuren. Nr. 98.
- Pumpen, Druckwasser- und Druckluft-Anlagen.** Ein kurzer Überblick von Dipl.-Ing. Rudolf Vogdt, Regierungsbaumeister a. D. in Aachen. Mit 87 Abbildungen. Nr. 290.
- Quellenkunde d. deutschen Geschichte** von Dr. Carl Jacob, Prof. an der Universität Tübingen. 1. Band. Nr. 279.
- Radioaktivität** von Dipl.-Ing. Wilh. Frommel. Mit 21 Abbildungen. Nr. 317.
- Rechnen, Das, in der Technik u. seine Hilfsmittel** (Rechenstieber, Rechentafeln, Rechenmaschinen usw.) von Ing. Joh. Eug. Mayer in Freiburg i. Br. Mit 30 Abbild. Nr. 405.

- Rechnen, Kaufmännisches**, von Prof. Richard Just, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. I. II. III. Nr. 139, 140, 187.
- Recht des Bürgerlichen Gesetzbuchs.** Erstes Buch: Allg. Teil. I: Einleitung — Lehre v. d. Personen u. v. d. Sachen v. Dr. P. Dertmann, Prof. a. d. Univ. Erlangen. Nr. 447.
- II: Erwerb u. Verlust, Geltendmachung u. Schutz der Rechte von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 448.
- Zweites Buch: Schuldrecht. I. Abtheilung: Allgemeine Lehren von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 323.
- II. Abt.: Die einzelnen Schuldverhältnisse v. Dr. Paul Dertmann, Prof. an der Universität Erlangen. Nr. 324.
- Drittes Buch: Sachenrecht von Dr. F. Krehshmar, Oberlandesgerichtsrat in Dresden. I: Allgem. Lehren. Besitz und Eigentum. Nr. 480.
- II: Begrenzte Rechte. Nr. 481.
- Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Tixe, Professor an der Universität Göttingen. Nr. 305.
- Recht der Versicherungsunternehmungen**, Das, von Regierungsrat a. D. Dr. jur. R. Leibl, erstem Direktor der Nürnberger Lebensversicherungsbank, früher Mitglied des Kaiserlichen Aufsichtsamts für Privatversicherung. Nr. 635.
- Rechtsschutz, Der internationale gewerbliche**, von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied d. Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 271.
- Rechtswissenschaft, Einführung in die**, von Dr. Theodor Sternberg in Berlin. I: Methoden- und Quellenlehre. Nr. 169.
- II: Das System. Nr. 170.
- Redelehre, Deutsche**, v. Hans Probst, Gymnasialprof. in Bamberg. Nr. 61.
- Redeschrift** siehe: Stenographie.
- Reichsfinanzen, Die Entwicklung der**, von Präsident Dr. R. van der Borcht in Berlin. Nr. 427.
- Religion, Die Entwicklung der christlichen**, innerhalb des Neuen Testaments von Professor Dr. Lic. Carl Clemen. Nr. 388.
- Religion, Die, des Judentums im Zeitalter des Hellenismus u. der Römerherrschaft** von Lic. Dr. W. Staerk (Neutestamentliche Zeitgeschichte II.) Mit einer Plan- skizze. Nr. 326.
- Religionen der Naturvölker, Die**, von Dr. Th. Achelis, Professor in Bremen. Nr. 449.
- Religionswissenschaft, Abriss der vergleichenden**, von Professor Dr. Th. Achelis in Bremen. Nr. 208.
- Renaissance. Die Kultur der Renaissance. Gesittung, Forschung, Dichtung** v. Dr. Robert F. Arnold, Prof. a. d. Univerf. Wien. Nr. 189.
- Reptilien. Das Tierreich III: Reptilien und Amphibien.** Von Dr. Franz Werner, Prof. a. d. Univerf. Wien. Mit 48 Abb. Nr. 383.
- Rheinprovinz, Landeskunde der**, von Dr. B. Steinede, Direktor d. Realgymnasiums in Essen. Mit 9 Abb., 3 Kärtchen und 1 Karte. Nr. 388.
- Riechstoffe. Atherische Ole und Riechstoffe** von Dr. F. Kochussen in Wiltsh. Mit 9 Abb. Nr. 446.
- Roman. Geschichte des deutschen Romans** von Dr. Hellm. Mielle. Nr. 229.
- Romanische Sprachwissenschaft** von Dr. Adolf Jauner, Prof. a. d. Univ. Graz. 2 Bände. Nr. 128, 250.
- Römische Altertumskunde** von Dr. Leo Bloch in Wien. Nr. 8 Vollb. Nr. 45.
- Römische Geschichte** von Realgymnasial-Direktor Dr. Jul. Koch in Grunewald. Nr. 19.
- Römische Literaturgeschichte** von Dr. Herm Joachim in Hamburg. Nr. 52.
- Römische und griechische Mythologie** von Professor Dr. Hermann Steuding, Rektor des Gymnasiums in Schneeberg. Nr. 27.
- Römische Rechtsgeschichte** von Dr. Robert von Mahr, Prof. an der Deutschen Univerf. Prag. 1. Buch: Die Zeit d. Volksrechtes. 1. Hälfte: Das öffentliche Recht. Nr. 577.
- 2. Hälfte: Das Privatrecht. Nr. 578.
- 2. Buch: Die Zeit des Amts- und Verkehrsrechtes. 1. Hälfte: Das öffentliche Recht. Nr. 645.
- 2. Hälfte: Das Privatrecht I. Nr. 646.
- 2. Hälfte: Das Privatrecht II. Nr. 647.

- Rußland. Russische Geschichte** von Dr. Wilh. Keeb, Oberlehrer am Obergymnasium in Mainz. Nr. 4.
- **Landeskunde des Europäischen Rußlands nebst Finnlands** von Professor Dr. M. Philippson in Halle a. S. Nr. 359.
- Russisch-Deutsches Gesprächsbuch** von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 68.
- Russische Grammatik** von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 66.
- Russische Handelskorrespondenz** von Dr. Theodor von Rawrasky in Leipzig. Nr. 315.
- Russisches Lesebuch mit Glossar** von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 67.
- Russische Literatur** von Dr. Erich Boehme, Lektor a. d. Handelshochschule Berlin. I. Teil: Auswahl moderner Prosa u. Poesie mit ausführlichen Anmerkungen u. Anzeichenbezeichnung. Nr. 403.
- II. Teil: Всеволодъ Гаршинъ, Разказы. Mit Anmerkungen und Anzeichenbezeichnungen. Nr. 404.
- Russische Literaturgeschichte** von Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.
- Russisches Vokabelbuch, Kleines**, von Dr. Erich Boehme, Lektor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 475.
- Sachenrecht. Recht d. Bürgerl. Gesetzbuches. Drittes Buch: Sachenrecht** von Dr. F. Krehshmar, Oberlandesgerichtsrat i. Dresden. I: Allgemeine Lehren. Besitz u. Eigentum. — II: Begrenzte Rechte. Nr. 480, 481.
- Sachs, Hans.** Ausgewählt u. erläutert v. Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 24.
- Sachsen. Sächsische Geschichte** v. Prof. Otto Kaemmel, Rektor d. Nikolai-Gymnasiums zu Leipzig. Nr. 100.
- **Landeskunde des Königreichs Sachsen** v. Dr. J. Zemmrich, Oberlehrer am Realgymnas. in Blauen. Mit 12 Abb. u. 1 Karte. Nr. 258.
- Säugetiere. Das Tierreich I: Säugetiere** von Oberstudienrat Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.
- Schattenkonstruktionen** von Professor J. Wunderlinn in Münster. Mit 114 Figuren. Nr. 236.
- Schiffs- und Küstenartillerie bis zur Gegenwart, Die Entwicklung der, von Korvettenkapitän Guning. Mit Abbild. und Tabellen.** Nr. 606.
- Schleswig-Holstein. Landeskunde von Schleswig-Holstein, Helgoland u. der freien und Hansestadt Hamburg** von Dr. Paul Hambruch, Abteilungsleiter am Museum für Völkerkunde in Hamburg. Mit Abb., Plänen, Profilen und 1 Karte in Lithographie. Nr. 563.
- Schleusenbau. Kanal- u. Schleusenbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold in Stuttgart. Mit 78 Abbildungen. Nr. 585.
- Schmalspurbahnen (Klein- u. Arbeits- u. Feldbahnen) v. Dipl.-Ing. Aug. Boshart** in Nürnberg. Mit 99 Abbildungen. Nr. 524.
- Schmarotzer und Schmarotkertum in der Tierwelt.** Erste Einführung in die tierische Schmarotkertunde von Dr. Franz v. Wagner, a. o. Prof. a. d. Univ. Graz. Mit 67 Abb. Nr. 151.
- Schreiner-Arbeiten. Tischler- (Schreiner-) Arbeiten I: Materialien, Handwerkszeuge, Maschinen, Einzelverbindungen, Fußböden, Fenster, Fensterladen, Treppen, Aborte** von Prof. E. Biehweger, Architekt in Wien. Mit 628 Fig. auf 75 Tafeln. Nr. 502.
- Schuldrecht. Recht des Bürgerl. Gesetzbuches. Zweites Buch: Schuldrecht. I. Abteilung: Allgemeine Lehren** von Dr. Paul Dertmann, Prof. a. d. Univ. Erlangen. Nr. 323.
- II. Abteilung: Die einzelnen Schuldverhältnisse von Dr. Paul Dertmann, Professor a. d. Universität Erlangen. Nr. 324.
- Schule, die deutsche, im Auslande** von Hans Amrhein, Seminar-Oberlehrer in Rhehdt. Nr. 259.
- Schulhaus. Die Baukunst des Schulhauses** von Prof. Dr.-Ing. Ernst Bletterlein in Darmstadt. I: Das Schulhaus. Mit 38 Abbild. II: Die Schulräume — Die Nebenanlagen. Mit 31 Abbild. Nr. 443 und 444.
- Schulpraxis. Methodik d. Volksschule** von Dr. R. Seyfert, Seminardirektor in Bschopau. Nr. 50.

- Schweiß- und Schneidverfahren, Das autogene,** von Ingenieur Hans Riefe in Kiel. Mit 30 Fig. Nr. 499.
- Schweiz.** Schweizerische Geschichte von Dr. K. Dändliker, Professor an der Universität Zürich. Nr. 188.
- **Landeskunde der Schweiz** von Prof. Dr. S. Wälder in Bern. Mit 16 Abb. und 1 Karte. Nr. 398.
- Schwimmanstalten.** Öffentl. Bade- und Schwimmanstalten von Dr. Karl Wolff, Stadt-Oberbaurat in Hannover. Mit 50 Fig. Nr. 380.
- Seemacht, Die, in der deutschen Geschichte** von Wirl. Admiralitätsrat Dr. Ernst von Halle, Professor an der Universität Berlin. Nr. 370.
- Seerecht, Das deutsche,** von Dr. Otto Brandis, Oberlandesgerichtsrat in Hamburg. I: Allgemeine Lehren: Personen und Sachen des Seerechts. Nr. 386.
- II: Die einzelnen seerechtlichen Schuldverhältnisse: Verträge des Seerechts und außervertragliche Haftung. Nr. 387.
- Seifenfabrikation, Die, die Seifenanalyse und d. Kerzenfabrikation** v. Dr. Karl Braun in Berlin. (Die Fette u. Ole II.) Mit 25 Abbildgn. Nr. 336.
- Semitische Sprachwissenschaft** von Dr. C. Brockmann, Professor an der Univ. Königsberg. Nr. 291.
- Serbokroatische Grammatik** von Dr. Vladimir Corovic, Bibliothekar des bosn.-herzegow. Landesmuseums in Sarajevo (Bosnien). Nr. 638.
- Silikate. Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine und des Mörtels** von Dr. Gustav Rauter in Charlottenburg. I: Glas u. keramische Industrie. Nr. 12 Taf. Nr. 233.
- II: Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.
- Simplicius Simplicissimus** von Hans Jakob Christoffel v. Grimmelshausen. In Auswahl herausgeg. von Prof. Dr. F. Bobertag, Dozent an der Universität Breslau. Nr. 138.
- Skandinavien, Landeskunde von,** (Schweden, Norwegen u. Dänemark) von Heinrich Kerp, Kreisinspektor in Kreuzburg. Mit 11 Abb. und 1 Karte. Nr. 202.
- Slavische Literaturgeschichte** von Dr. Josef Karasik in Wien. I: Ältere Literatur bis zur Wiedergeburt. Nr. 277.
- II: Das 19. Jahrh. Nr. 278.
- Soziale Frage. Die Entwicklung der sozialen Frage** von Professor Dr. Ferdin. Tönnies. Nr. 353.
- Sozialversicherung** von Prof. Dr. Alfred Manes in Berlin. Nr. 267.
- Soziologie** von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 101.
- Spalt- und Schleimpilze.** Eine Einführung in ihre Kenntnis von Prof. Dr. Gustav Lindau, Kurator am Kgl. Botanischen Museum und Privatdozent der Botanik an der Universität Berlin. Mit 11 Abbildungen. Nr. 642.
- Spanien. Spanische Geschichte** von Dr. Gustav Diercks. Nr. 266.
- **Landeskunde der Iberischen Halbinsel** v. Dr. Fritz Regel, Prof. an der Univ. Würzburg. Mit 8 Kärtchen und 8 Abbild. im Text und 1 Karte in Farbendruck. Nr. 235.
- Spanische Handelskorrespondenz** von Dr. Alfredo Rabal de Marizcurrena. Nr. 295.
- Spanische Literaturgeschichte** v. Dr. Rud. Beer, Wien. I. II. Nr. 167, 168.
- Speicher, Industrielle und gewerbliche Bauten (Speicher, Lagerhäuser u. Fabriken)** v. Architekt Heint. Salzmann in Düsseldorf. II: Speicher u. Lagerhäuser. Mit 123 Fig. Nr. 512.
- Spinnerei. Textilindustrie I: Spinnerei und Zwirnerei** von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Figuren. Nr. 184.
- Spitzenfabrikation. Textilindustrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikat. u. Filzfabrikation** von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Kgl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Fig. Nr. 185.
- Spruchdichtung. Walther von der Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang und Spruchdichtung.** Mit Anmerkgn. u. einem Wörterbuch v. Otto Günther, Prof. a. d. Oberrealschule u. an der Technischen Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.

- Staatslehre, Allgemeine**, von Dr. Hermann Rehm, Prof. a. d. Universität Straßburg i. E. Nr. 358.
- Staatsrecht, Allgemeines**, von Dr. Julius Hatschel, Prof. d. Rechte an der Universität Göttingen. 3 Bändchen. Nr. 415—417.
- Staatsrecht, Preussisches**, von Dr. Frier-Somlo, Prof. a. d. Universität Bonn. 2 Teile. Nr. 298, 299.
- Stammeskunde, Deutsche**, von Dr. Rudolf Much, a. v. Prof. a. d. Univ. Wien. Nr. 2 Kart. u. 2 Taf. Nr. 126.
- Statik** von W. Hauber, Dipl.-Ing. I. Teil: Die Grundlehren der Statik starrer Körper. Mit 82 Fig. Nr. 178.
- II. Teil: Angewandte Statik. Mit 61 Figuren. Nr. 179.
- **Graphische**, mit besond. Berücksichtigung der Einflußlinien von Kgl. Oberlehrer Dipl.-Ing. Otto Henkel in Rendsburg. 1. Teil. Mit 121 Fig. Nr. 603.
- Steinhauerarbeiten. Maurer- und Steinhauerarbeiten** von Prof. Dr. phil. und Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildungen. Nr. 419—421.
- Stenographie. Geschichte der Stenographie** von Dr. Arthur Menz in Königsberg i. Pr. Nr. 501.
- Stenographie n. d. System v. F. X. Gabelsberger** von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 246.
- **Die Redeschrift des Gabelsberger'schen Systems** von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 368.
- Stenographie. Lehrbuch d. Vereinfachten Deutschen Stenographie (Einig.-System Stolze-Schrey)** nebst Schlüssel, Lesebüden u. einem Anhang von Professor Dr. Amiel, Oberlehrer des Kadettenkorps in Lichterfelde. Nr. 86.
- **Redeschrift. Lehrbuch der Redeschrift d. Systems Stolze-Schrey nebst Kürzungsbeisp., Lesebüden, Schlüssel und einer Anleitung zur Steigerung der stenographischen Fertigkeit** von Heinrich Dröse, aml. bad. Landtagsstenograph in Karlsruhe (B.). Nr. 494.
- Stereochemie** von Dr. E. Bedekind, Prof. an der Universität Tübingen. Mit 34 Abbildungen. Nr. 201.
- Stereometrie** von Dr. R. Glaser in Stuttgart. Mit 66 Fig. Nr. 97.
- Sternsystem. Astronomie. Größe, Bewegung u. Entfernung d. Himmelskörper v. A. J. Möbius**, neu bearb. v. Dr. Herm. Kobold, Prof. a. d. Univers. Kiel. II: Kometen, Meteore u. das Sternsystem. Mit 15 Fig. u. 2 Sternkarten. Nr. 529.
- Steuersysteme des Auslandes**, Die, v. Geh. Oberfinanzrat D. Schwarz in Berlin. Nr. 426.
- Stilkunde** v. Prof. Karl Otto Hartmann in Stuttgart. Mit 7 Vollbild. u. 195 Textillustrationen. Nr. 80.
- Stöchiometrische Aufgabensammlung** von Dr. Wilh. Bährdt, Oberl. an d. Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit den Resultaten. Nr. 452.
- Straßenbahnen** von Dipl.-Ing. Aug. Boshart in Nürnberg. Mit 72 Abbildungen. Nr. 559.
- Strategie** von Löffler, Major im Kgl. Sächs. Kriegsmin. i. Dresd. Nr. 505.
- Ströme und Spannungen in Starkstromnetzen** v. Jos. Herzog, Dipl.-Elektroing. in Budapest u. Clarence Feldmann, Prof. d. Elektotechnik in Delft. Mit 68 Abb. Nr. 456.
- Südamerika. Geschichte Südamerikas** von Dr. Hermann Lufft. I: Das spanische Südamerika (Chile, Argentinien und die kleineren Staaten). Nr. 632.
- Südseegebiet. Die deutschen Kolonien II: Das Südseegebiet und Kiautschau** v. Prof. Dr. R. Dove. Nr. 16 Taf. u. 1 lith. Karte. Nr. 520.
- Talmud. Die Entstehung des Talmuds** von Dr. S. Funk in Boston. Nr. 479.
- Talmudproben** von Dr. S. Funk in Boston. Nr. 583.
- Technisch-Chemische Analyse** von Dr. G. Lunge, Prof. a. d. Eidgenöss. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.
- Technische Tabellen und Formeln** von Dr.-Ing. W. Müller, Dipl.-Ing. am Kgl. Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde. Mit 106 Figuren. Nr. 579.

Technisches Wörterbuch, enthaltend die wichtigsten Ausdrücke d. Maschinenbaues, Schiffbaues u. d. Elektrotechnik von Erich Krebs in Berlin.

- I. Teil: Dtsch.-Engl. Nr. 395.
- II. Teil: Engl.-Dtsch. Nr. 396.
- III. Teil: Dtsch.-Franz. Nr. 453.
- IV. Teil: Franz.-Dtsch. Nr. 454.

Technologie, Allgemeine chemische, v. Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg Nr. 113.

— **Mechanische**, v. Geh. Hofrat Prof. A. Lübtke in Braunschweig. Nr. 340, 341.

Teerfarbstoffe, Die, mit bes. Berücksichtigung der synthetisch. Methoden v. Dr. Hans Bucherer, Prof. a. d. Kgl. Techn. Hochschule, Dresd. Nr. 214.

Telegraphenrecht v. Postinspektor Dr. jur. Alfred Wolke in Bonn I: Einleitung. Geschichtliche Entwicklung. Die Stellung d. deutsch. Telegraphenwesens im öffentl. Rechte, allgemeiner Teil. Nr. 509.

— II: Die Stellung d. deutsch. Telegraphenwesens im öffentl. Rechte, besonderer Teil. Das Telegraphen-Strafrecht. Rechtsverhältnis d. Telegraphie z. Publikum. Nr. 510.

Telegraphie, Die elektrische, v. Dr. Lud. Kellstab. Mit 19 Fig. Nr. 172.

Testament. Die Entstehung des Alten Testaments v. Lic. Dr. W. Staerk, Prof. a. d. Univ. Jena. Nr. 272.

— **Die Entstehung des Neuen Testaments** v. Prof. Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 285.

Textilindustrie. I: Spinnerei und Zwirnerei v. Prof. Max Gürtler, Geh. Reg.-Rat im Kgl. Landesgewerbeamt, Berlin. Mit 39 Figuren. Nr. 184.

— II: **Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation** v. Prof. M. Gürtler, Geh. Regierungsrat i. Kgl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Nr. 29 Fig. Nr. 185.

— III: **Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe** von Dr. Wilh. Nassot, Prof. a. d. Preuß. höheren Fachschule f. Textilindustr. in Breseld. Mit 28 Fig. Nr. 186.

Thermodynamik (Technische Wärmelehre) v. A. Walther u. M. Röttlinger, Dipl.-Ing. M. 54 Fig. Nr. 242.

Thermodynamik (Technische Wärmelehre). Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- und Kältemaschinen von M. Röttlinger, Dipl.-Ing. in Mannheim. Nr. 2.

Thüringische Geschichte v. Dr. Ernst Devrient in Leipzig. Nr. 352.

Tierbiologie. Abriss der Biologie der Tiere v. Dr. Heinrich Eimroth, Prof. a. d. Univ. Leipzig. Nr. 131.

Tiere, Entwicklungsgeschichte der, von Dr. Johs. Meisenheimer, Prof. der Zoologie a. d. Universität Jena. I: **Zurichtung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen.** Mit 48 Fig. Nr. 378.

— II: **Organbildung.** Mit 46 Figuren. Nr. 379.

Tiergeographie v. Dr. Arnold Jacobi, Professor der Zoologie a. d. Kgl. Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.

Tierkunde von Dr. Franz v. Wagner, Prof. a. d. Universität Graz. Mit 78 Abbildungen. Nr. 60.

Tierreich, Das, I: Säugetiere v. Oberstudienr. Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorst. d. Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. M. 15 Abb. Nr. 282.

— III: **Reptilien und Amphibien** von Dr. Franz Werner, Prof. a. d. Univ. Wien. Mit 48 Abb. Nr. 383.

— IV: **Fische** von Prof. Dr. Max Rauter in Neapel. Nr. 356.

— V: **Insekten** von Dr. J. Groß in Neapel (Stazione Zoologica). Mit 56 Abbildungen. Nr. 594.

— VI: **Die wirbellosen Tiere** von Dr. Ludw. Böhmg, Prof. d. Zool. a. d. Univ. Graz. I: **Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen und Würmer.** Mit 74 Fig. Nr. 439.

— II: **Krebse, Spinnentiere, Tausendfüßer, Weichtiere, Moostierchen, Armfüßer, Stachelhäuter und Manteltiere.** M. 97 Fig. Nr. 440.

Tierzuchtlehre, Allgemeine und spezielle, von Dr. Paul Rippert in Essen. Nr. 228.

Tischler- (Schreiner-) Arbeiten I: Materialien, Handwerkszeuge, Maschinen, Einzelverbindungen, Fußböden, Fenster, Fensterladen, Treppen, Abort von Prof. E. Bieheweger, Architekt in Köln. Mit 628 Figuren auf 75 Tafeln. Nr. 502.

- Logo. Die deutschen Kolonien I: Logo und Kamerun** von Prof. Dr. Karl Dove. Mit 16 Tafeln und einer lithographischen Karte. Nr. 441.
- Toxikologische Chemie** von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.
- Trigonometrie, Ebene und sphärische**, von Prof. Dr. Gerh. Hessenberg in Breslau. Mit 70 Fig. Nr. 99.
- Tropenhygiene** v. Medizinalrat Prof. Dr. Koch, Direktor des Instituts für Schiffs- und Tropenkrankheiten in Hamburg. Nr. 369.
- Trust. Kartell und Trust** von Dr. E. Tschierichly in Düsseldorf. Nr. 522.
- Turnen, Das deutsche**, v. Dr. Rudolf Gajch, Prof. a. König Georg-Gymn. in Dresden. Mit 87 Abb. Nr. 628.
- Turnkunst, Geschichte der**, von Dr. Rudolf Gajch, Prof. a. König Georg-Gymnasium in Dresden. Mit 17 Abbildungen. Nr. 504.
- Ungarn. Landeskunde von Oesterreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Prof. an der Universität Prag. Mit 10 Textillustr. u. 1 Karte. Nr. 244.
- Ungarische Literatur, Geschichte der**, von Prof. Dr. Ludwig Katona und Dr. Franz Szinyei, beide an der Universität Budapest. Nr. 550.
- Ungarische Sprachlehre** v. Dr. Josef Szinyei, o. ö. Prof. an der Universität Budapest. Nr. 595.
- Unterrichtswesen. Geschichte d. deutschen Unterrichtswesens** von Prof. Dr. Friedrich Seiler, Direktor des kgl. Gymnasiums zu Ludau. I. Teil: Von Anfang an bis zum Ende d. 18. Jahrh. Nr. 275.
— II. Teil: Vom Beginn des 19. Jahrhunderts bis auf die Gegenwart. Nr. 276.
- Untersuchungsmethoden, Agrikulturchemische**, von Prof. Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtschaftlichen Versuchsstation in Marburg in Hessen. Nr. 470.
- Urgeschichte der Menschheit** von Dr. Moriz Hoernes, Professor an der Univ. Wien. Mit 85 Abb. Nr. 42.
- Urheberrecht, Das, an Werken der Literatur und der Tonkunst, das Verlagsrecht und das Urheberrecht an Werken d. bildenden Künste u. Photographie** v. Staatsanw. Dr. J. Schlittgen in Chemnitz. Nr. 361.
- Urheberrecht, Das deutsche, an literarischen, künstlerischen u. gewerbl. Schöpfungen**, mit besonderer Berücksichtigung der internationalen Verträge von Dr. Gustav Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.
- Urzeit. Kultur der Urzeit** von Dr. Moriz Hoernes, o. ö. Prof. an der Univ. Wien. 3 Bändch. I: Steinzeit. Mit 40 Bildergrupp. Nr. 564.
— II: Bronzezeit. Mit 36 Bildergruppen. Nr. 565.
— III: Eisenzeit. Mit 35 Bildergruppen. Nr. 566.
- Vektoranalysis** von Dr. Siegf. Valentiner, Prof. an der Bergakademie in Clausthal. Mit 16 Fig. Nr. 354.
- Veranschlagen, Das, im Hochbau**. Kurzgefaßtes Handbuch üb. d. Wessen d. Kostenanschlags v. Architekt Emil Beutinger, Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit vielen Fig. Nr. 385.
- Vereinigte Staaten. Landeskunde der Vereinigten Staaten von Nordamerika** von Professor Heinrich Fischer, Oberlehrer an Luisenstädt. Realgymnasium in Berlin. I. Teil: Mit 22 Karten und Figuren im Text und 14 Tafeln. Nr. 381.
— II. Teil: Mit 3 Karten im Text, 17 Taf. u. 1 lith. Karte. Nr. 382.
- Vergil. Die Gedichte des P. Vergilius Maro**. In Auswahl mit einer Einleitung u. Anmerkungen herausgeg. von Dr. Julius Ziehen. I: Einleitung und Aeneis. Nr. 497.
- Vermessungskunde** von Dipl.-Ing. P. Werkmeister, Oberlehrer an der Kais. Techn. Schule in Straßburg i. E. I: Feldmessen und Nivellieren. Mit 146 Abb. Nr. 468.
— II: Der Theodolit. Trigonometrische u. barometr. Höhenmessung. Tachymetrie. Mit 109 Abbildungen. Nr. 469.
- Versicherungsmathematik** von Dr. Alfred Loewy, Professor an der Universität Freiburg i. B. Nr. 180.
- Versicherungswesen, Das**, von Dr. iur. Paul Moldenhauer, Professor der Versicherungswissenschaft an der Handelshochschule Köln. I: Allgemeine Versicherungslehre. Nr. 262.
— II: Die einzelnen Versicherungszweige. Nr. 636.

- Völkerkunde** v. Dr. Michael Haberlandt, I. u. I. Kustos d. ethnogr. Sammlung d. naturhist. Hofmuseums u. Privatdozent a. d. Univ. Wien. Mit 56 Abbild. Nr. 73.
- Völkernamen. Länder- u. Völkernamen** von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 478.
- Volkbibliotheken** (Bücher- u. Lesehallen), ihre Einrichtung u. Verwaltung v. Emil Jaeschke, Stadtbibliothekar in Elberfeld. Nr. 332.
- Volklied, Das deutsche, ausgewählt und erläutert** von Prof. Dr. Jul. Sahr. 2 Bändchen. Nr. 25, 132
- Volkswirtschaftslehre** von Dr. Carl Johs. Fuchs, Professor an der Universität Tübingen. Nr. 133.
- Volkswirtschaftspolitik** v. Präsident Dr. R. van der Borcht, Berlin. Nr. 177.
- Waffen, Die blauen, und die Schutzwaffen**, ihre Entwicklung von der Zeit der Landsknechte bis zur Gegenwart m. besonderer Berücksichtigung der Waffen in Deutschland, Österreich-Ungarn und Frankreich von W. Gohlke, Feuerwerks-Major a. D. in Berlin-Steglitz. Mit 115 Abbildungen. Nr. 631.
- Wahrscheinlichkeitsrechnung** von Dr. Franz Had, Professor am Eberhard-Ludwigs-Gymnasium in Stuttgart. Mit 15 Fig. im Text. Nr. 508.
- Waldeck. Landeskunde des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck** von Professor Dr. Georg Greim in Darmstadt. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 376.
- Waltherilied, Das, im Vermaße der Urchrift übersetzt u. erläutert** von Prof. Dr. H. Althof, Oberlehrer am Realgymnas. in Weimar. Nr. 46.
- Walther von der Vogelweide, mit Auswahl a. Minnesang u. Spruchdichtung.** Mit Anmerkgn. u. einem Wörterbuch v. Otto Güntter, Prof. a. d. Oberrealschule und an der Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.
- Walzwerke. Die, Einrichtung und Betrieb.** Von Dipl.-Ing. A. Holverschmid, Oberlehrer a. d. Kgl. Maschinenbau-u. Hüttenschule in Duisburg. Mit 151 Abbild. Nr. 580.
- Warenhäuser. Geschäfts- u. Warenhäuser** von Hans Schliepmann, Königl. Baurat in Berlin. I: Vom Laden zum „Grand Magasin“. Mit 23 Abbildungen. Nr. 655.
- II: Die weitere Entwicklung der Kaufhäuser. Mit 39 Abbildungen. Nr. 656.
- Warenkunde** von Dr. Karl Hassack, Prof. u. Leiter der k. k. Handelsakademie in Graz. I. Teil: Unorganische Waren. M. 40 Abb. Nr. 222.
- II. Teil: Organische Waren. Mit 36 Abbildungen. Nr. 223.
- Warenzeichenrecht, Das.** Nach dem Gesetz z. Schutz d. Warenbezeichnungen v. 12. Mai 1894. Von Reg.-Rat J. Neuberg, Mitglied des Kais. Patentamts zu Berlin. Nr. 360.
- Wärme. Theoretische Physik II. T.: Licht u. Wärme.** Von Dr. Gustav Jäger, Prof. a. d. Techn. Hochschule Wien. Mit 47 Abbildgn. Nr. 77.
- Wärmekräftmaschinen. Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- u. Kältemaschinen** von M. Röttinger, Diplom.-Ing. in Mannheim. M. 73 Fig. Nr. 2.
- Wärmelehre, Technische, (Thermodynamik)** v. K. Walther u. M. Röttinger, Dipl.-Ing. Mit 54 Figuren. Nr. 242.
- Wäscherei. Textilindustrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe** von Dr. Wilh. Massot, Prof. an der Preuß. höh. Fachschule für Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Figuren. Nr. 186.
- Wasser, Das, und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe** v. Dr. Ernst Leher, Dipl.-Ing. in Saalfeld. Mit 15 Abbildungen. Nr. 261.
- Wasser und Abwässer. Ihre Zusammenetzung, Beurteilung u. Untersuchung** v. Prof. Dr. Emil Haselhoff, Vorst. d. landwirtsch. Versuchsstation in Marburg in Hessen. Nr. 473.
- Wasserinstallationen. Gas- und Wasserinstallationen mit Einschluß der Abortanlagen** v. Prof. Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbild. Nr. 412.
- Wasserturbinen, Die, von Dipl.-Ing. P. Holl in Berlin. I: Allgemeines. Die Freistrahlturbinen.** Mit 113 Abbildungen. Nr. 541.

- Wasserturbinen, Die,** von Dipl.-Ing. P. Holl in Berlin. II: Die Überdruckturbinen. Die Wasserkraftanlagen. Mit 102 Abbildgn. Nr. 542.
- Wasserversorgung der Ortschaften v. Dr.-Ing. Robert Wehrauch,** Prof. an der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. Mit 85 Fig. Nr. 5.
- Weberei. Textilindustrie II: Weberei, Wirkerei, Fasantiererei, Spitzen- u. Gardinenfabrikation und Filzfabrikation** von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Figuren. Nr. 185.
- Wechselstromerzeuger** von Ing. Karl Bichelmayer, Prof. an der k. k. Technischen Hochschule in Wien. Mit 40 Figuren. Nr. 547.
- Wechselwesen, Das,** v. Rechtsanw. Dr. Rudolf Mothes in Leipzig. Nr. 103.
- Wehrverfassung, Deutsche,** von Geh. Kriegsrat Karl Endres, vortr. Rat i. Kriegsminist. i. München. Nr. 401.
- Werkzeugmaschinen für Holzbearbeitung, Die,** von Ing. Professor Hermann Wilda in Bremen. Mit 125 Abbildungen. Nr. 582.
- Werkzeugmaschinen für Metallbearbeitung, Die,** von Ing. Prof. Hermann Wilda in Bremen. I: Die Mechanismen der Werkzeugmaschinen. Die Drehbänke. Die Fräsmaschinen. Mit 319 Abb. Nr. 561.
- II: Die Bohr- und Schleifmaschinen. Die Hobel-, Schabing- u. Stoßmaschinen. Die Sägen u. Scheren. Antrieb u. Kraftbedarf. Mit 199 Abbild. Nr. 562.
- Westpreußen. Landeskunde der Provinz Westpreußen** von Fritz Braun, Oberlehrer am Kgl. Gymnasium in Graudenz. Mit 16 Tafeln, 7 Textkarten u. 1 lith. Karte. Nr. 570.
- Wettbewerbs, Der unlautere,** von Rechtsanw. Dr. Martin Wassermann in Hamburg. I: Generalklausel, Reklameauswüchse, Ausverkaufswesen, Angestelltenbestechung. Nr. 339.
- II: Kreditbeschädigung, Firmen- und Namenmißbrauch, Verrat von Geheimnissen, Ausländerzusch. Nr. 535.
- Wirbellose Tiere. Das Tierreich VI: Die wirbellosen Tiere** von Dr. Ludwig Böhmig, Prof. d. Zoologie an der Univ. Graz. I: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen u. Würmer. Mit 74 Fig. Nr. 439.
- II: Krebse, Spinnentiere, Tausendfüßer, Weichtiere, Moostierchen, Armfüßer, Stachelhäuter u. Manteltiere. Mit 97 Fig. Nr. 440.
- Wirkerei. Textilindustrie II: Weberei, Wirkerei, Fasantiererei, Spitzen- u. Gardinenfabrikation und Filzfabrikation** von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Figuren. Nr. 185.
- Wirtschaftlichen Verbände, Die,** v. Dr. Leo Müffelmann in Rostock. Nr. 586.
- Wirtschaftspflege. Kommunale Wirtschaftspflege** von Dr. Alfons Rieh, Magistratsass. in Berlin. Nr. 534.
- Wohnungsfrage, Die,** v. Dr. L. Pohle, Prof. der Staatswissenschaften zu Frankfurt a. M. I: Das Wohnwesen in der modernen Stadt. Nr. 495.
- II: Die städtische Wohnungs- und Bodenpolitik. Nr. 496.
- Wolfram von Eschenbach. Hartmann v. Aue, Wolfram v. Eschenbach und Gottfried von Straßburg.** Auswahl aus dem hof. Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Prof. am Königl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.
- Wörterbuch nach der neuen deutschen Rechtschreibung** von Dr. Heinrich Klenz. Nr. 200.
- Deutsches, von Dr. Richard Loewe in Berlin. Nr. 64.
- Technisches, enthaltend die wichtigsten Ausdrücke des Maschinenbaues, Schiffbaues und der Elektrotechnik von Erich Krebs in Berlin. I. Teil: Deutsch-Englisch. Nr. 395.
- II. Teil: Engl.-Dtsch. Nr. 396.
- III. Teil: Dtsch.-Franz. Nr. 453.
- IV. Teil: Franz.-Dtsch. Nr. 454.
- Württemberg. Württembergische Geschichte** v. Dr. Karl Weller, Prof. am Karlsghymnasium in Stuttgart. Nr. 462.

- Württemberg. Landeskunde des Königreichs Württemberg** von Dr. K. Hassert, Professor der Geographie an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern u. 1 Karte. Nr. 157.
- Zeichenschule** von Prof. K. Kimmich in Ulm. Mit 18 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck und 200 Voll- und Textbildern. Nr. 39.
- Zeichnen, Geometrisches**, von G. Beder, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neu bearbeitet von Prof. J. Vonderlinn, Direktor der königl. Baugewerkschule zu Münster. Mit 290 Fig. u. 23 Taf. im Text. Nr. 58.
- Zeitungswesen, Das deutsche**, von Dr. R. Brunhuber, Köln a. Rh. Nr. 400.
- Zeitungswesen, Das moderne**, (Syst. d. Zeitungslehre) von Dr. Robert Brunhuber in Köln a. Rh. Nr. 320.
- Zeitungswesen, Allgemeine Geschichte des**, von Dr. Ludwig Salomon in Jena. Nr. 351.
- Zellenlehre und Anatomie der Pflanzen** von Prof. Dr. G. Wiehe in Leipzig. Mit 79 Abbild. Nr. 556.
- Zentral-Perspektive** von Architekt Hans Freyberger, neu bearbeitet von Professor J. Vonderlinn, Direktor der königl. Baugewerkschule in Münster i. Westf. Mit 132 Fig. Nr. 57.
- Zimmerarbeiten** von Carl Opitz, Oberlehrer an der Kais. Techn. Schule in Straßburg i. E. I: Allgemeines, Ballenlagen, Zwischendecken und Deckenbildungen, hölz. Fußböden, Fachwerkswände, Hänge- und Sprengwerke. Mit 169 Abbildungen. Nr. 489.
- II: Dächer, Wandbekleidungen, Simschalungen, Block-, Bohlen- und Bretterwände, Säune, Türen, Tore, Tribünen und Baugerüste. Mit 167 Abbildungen. Nr. 490.
- Zivilprozeßrecht, Deutsches**, von Prof. Dr. Wilhelm Risch in Straßburg i. E. 3 Bände. Nr. 428—430.
- Zoologie, Geschichte der**, von Prof. Dr. Rud. Burchardt. Nr. 357.
- Zündwaren** von Direktor Dr. Alfons Bujard, Vorstand des Städtischen Chem. Laboratoriums Stuttgart. Nr. 109.
- Zwangsversteigerung, Die, und die Zwangsverwaltung** von Dr. F. Krehshmar, Oberlandesgerichtsrat in Dresden. Nr. 523.
- Zwirnerei. Textilindustrie I: Spinnerei und Zwirnerei** von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im königlichen Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 39 Figuren. Nr. 184.

== Weitere Bände sind in Vorbereitung. ==

In unserm Verlag erschien soeben:

Geschichte der Aufteilung und Kolonisation Afrikas seit dem Zeitalter der Entdeckungen

Erster Band: 1415—1870

Von Dr. Paul Darmstädter
Professor an der Universität Göttingen

Broschiert M. 7.50, gebunden M. 9.50

Das Buch beabsichtigt, in kurzen Zügen, durchweg an der Hand der Quellen, einen Überblick über die Geschichte der Aufteilung und Kolonisation Afrikas, vom Zeitalter der Entdeckungen bis in unsere Tage zu geben. Wie der Titel andeutet, ist die Aufgabe eine doppelte: es soll die Aufteilung des Erdteils geschildert werden, ein Vorgang, der sich zum großen Teil in Europa abgespielt hat und ein wichtiges Kapitel der Weltgeschichte der neueren Zeit bildet; es soll dabei gezeigt werden, wie die Wertschätzung Afrikas in der Meinung der europäischen Völker jeweils eine verschiedene gewesen ist, natürlich unter dem Einfluß der herrschenden kolonialpolitischen Anschauungen, und wie dadurch der mehr oder minder rasche Gang der Aufteilung bestimmt wurde. Dann aber soll auch die Kolonisation, die Verwaltung und Ausnutzung der von den europäischen Nationen in Besitz genommenen Gebiete dargestellt und gezeigt werden, welche Bedeutung die afrikanischen Kolonien für die europäischen Völker gewonnen haben.

Der vorliegende erste Band behandelt die Epoche der portugiesischen Vorherrschaft (15. und 16. Jahrhundert), die Geschichte Afrikas in der Zeit des Sklavenhandels (17. und 18. Jahrhundert), und ausführlicher den Zeitraum vom Ende des 18. Jahrhunderts bis 1870, in dem namentlich die Darstellung der ägyptischen Expedition Napoleons sowie die Geschichte Algeriens und Südafrikas Interesse erwecken werden. In einem zweiten Bande soll die Geschichte der Aufteilung und Kolonisation Afrikas bis in die unmittelbare Gegenwart fortgeführt werden. Ein beträchtlicher und nicht unwichtiger Teil der Geschichte der neuesten Zeit — es sei nur an Tunis und Ägypten, Tripolis und Marokko, die Gründung des Kongostaats und der deutschen Kolonien, den Burenkrieg und die Einigung Südafrikas erinnert — wird in dem Buche zur Darstellung gelangen, das ebenso dem Kolonialpolitiker wie dem Historiker zu dienen bestimmt ist.

In unserm Verlag erschien ferner:

Historik

Ein Organon geschichtlichen Denkens u. Forschens

Von

Dr. Ludwig Rieß

Privatdozent an der Universität Berlin

Erster Band

25 Bogen gr. 8°. Broschiert M. 7.50, in Halbfranz geb. M. 9.50

Die Aufgabe der „Historik“ ist von Wilhelm von Humboldt und von Johann Gustav Droysen am klarsten erfaßt worden. Sie muß die produktive Ausprägung der allgemeinen Gedanken sein, die in den mustergültigen geschichtlichen Betrachtungen übereinstimmend als Ausgangspunkt oder Zielpunkt der Forschung unmittelbar vorausgesetzt werden. Es handelt sich dabei nicht um die methodischen Kunstgriffe der Heuristik, Kritik und Interpretation, sondern um das Eindringen in den Kern aller menschlichen Beziehungen und in die Wirksamkeit der Kräfte, auf denen die Abwandlungen der historischen Begebenheiten beruhen. Dieses Element der Wirklichkeit geistig zu durchdringen ist die Aufgabe, die hier zum ersten Male zu lösen versucht wird. So gestaltet sich die Darstellung zu einer durch scharfe Begriffsbestimmungen und anschauliche Beispiele auf der Höhe wahrer Wissenschaft gehaltenen Enzyklopädie der Grundüberzeugungen der Geschichts- und Menschenkenner.

In unserm Verlag erschien ferner:

Grundriß einer Philosophie des Schaffens als Kulturphilosophie

Einführung in die Philosophie als Weltanschauungslehre

Von

Dr. Otto Braun

Privatdozent der Philosophie in Münster i. W.

Broschirt M. 4.50, gebunden M. 5.—

Der Verfasser findet das Wesen der Philosophie darin, daß sie Gesamtwissenschaft, d. h. Weltanschauungslehre ist: sie erhebt sich auf dem Fundament aller übrigen Wissenschaften und sucht (induktiv) zu einem Weltbilde vorzudringen, dessen „Wahrheit“ durch seine personale Einheitlichkeit bedingt ist. Nachdem der Verfasser sich eine erkenntnistheoretische Basis geschaffen — es wird ein Real-Idealismus vertreten —, sucht er an ein Grunderlebnis anzuknüpfen, das er durch den Begriff „Schaffen“ bezeichnet. Dieses Schaffen führt zur Entwicklung einer Kulturphilosophie — die Formen und Stoffe des Schaffens werden untersucht und dann die Hauptgebiete des Kulturlebens in den Grundzügen dargestellt: Wissenschaft, Kunst, Religion, soziales Leben, Staat, Recht, Sitte, Ethik finden ihre Würdigung. So wird der Versuch gemacht, aus dem Wesen des modernen Geistes heraus eine systematische Weltanschauung zu gewinnen, wobei der kulturimmanente Standpunkt ausschlaggebend ist, wenn auch eine kosmisch-metaphysische Vertiefung sich als notwendig zeigt, der Begriff des Schaffens wird durch einen geschichtsphilosophischen Überblick über das 19. Jahrhundert als notwendig und berechtigt erwiesen.

In unserm Verlag erschien ferner:

Der deutsche Student

Von

Prof. Dr. Theobald Ziegler

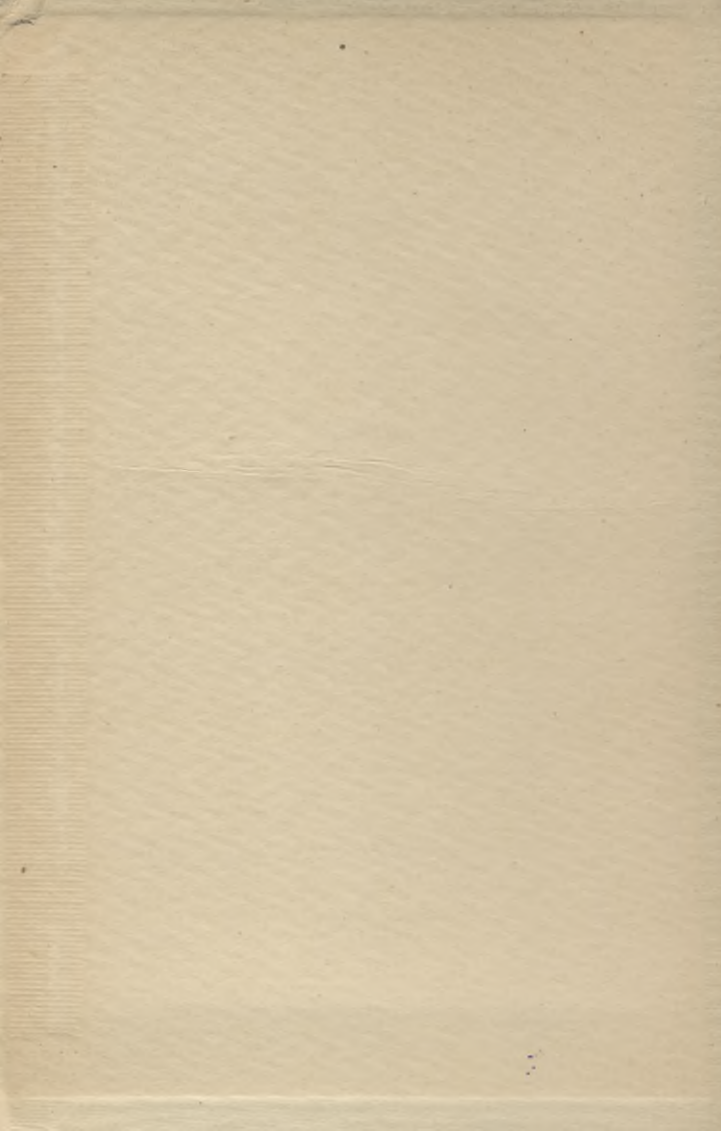
Elfte und zwölfte Auflage

Gebunden M. 3.50

Diese „Studentenpredigten“, wie sie Paulsen genannt hat, haben sich unter der studierenden Jugend viele Freunde erworben. Und so war es nicht zu verwundern, daß das Buch seit seinem Erscheinen fast alljährlich eine neue Auflage erlebte. Herausgewachsen war es aus der fin-de-siècle-Stimmung vor der Jahrhundertwende, die besonders in studentischen Kreisen die Herzen höher schlagen und das Blut rascher kreisen ließ, eben deswegen aber auch nach besonnener Führung sich sehnte. Eine solche fanden sie hier. Den Auflagen im neuen Jahrhundert fügte der Verfasser eine Nachtragsvorlesung hinzu zur Überleitung in ruhigere Bahnen und zur Ergänzung durch manches inzwischen Neugewordene. Im Winter 1905/06 aber hat er in Straßburg die Vorlesung über den deutschen Studenten noch einmal gehalten und hier vor allem die Vorgänge jener bewegten Zeit, des sogenannten „Hochschulstreites“ und des Kampfes gegen die konfessionellen Korporationen freimütig und kritisch besprochen. Der neuen Auflage ist die Vorlesung in dieser späteren Fassung, wenigstens in der ersten größeren Hälfte, zugrunde gelegt worden. Die fin-de-siècle-Stimmung ist verschwunden, dafür sind die Probleme, die das Studentenleben im ersten Jahrzehnt des 20sten Jahrhunderts bewegt haben und bewegen, in den Vordergrund gerückt und so das Buch durchaus modernisiert und wieder ganz aktuell geworden. Dabei hat es eine nicht unbeträchtliche Erweiterung erfahren. Und doch ist der Geist des Buches der alte geblieben, es ist der Geist der Freiheit, die als akademische Studenten und Professoren gleichmäßig am Herzen liegt, und der Geist eines kräftigen sittlichen Idealismus, der sich nicht fürchtet, Jünglinge zu wagen, damit Männer aus ihnen werden. Und auch der alte gute Freund des deutschen Studenten ist der Verfasser geblieben, der ihn versteht, weil er ihn liebt. Das zeigt gleich von vornherein die Widmung des Buches an die Straßburger Studentenschaft. So ist es beim Abgang Zieglers von Straßburg zu einem Vermächtnis an seine jungen Freunde auf allen deutschen Hochschulen geworden, und soll nun auch in der neuen Gestalt wieder vielen eine Hilfe werden und ein Halt.

2100

S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301374



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298037