



**DR. CASSIRER & CO A. G.**  
KABEL- UND GUMMIWERKE  
**CHARLOTTENBURG**  
KEPLERSTRASSE 1-10

**DYNAMODRÄHTE**  
**UND SEIDENDRÄHTE**

**KALIKOBÄNDER**  
**ISOLIERTE LEITUNGEN**  
**MANTELDRÄHTE · BLEIKABEL**

**Conrad W<sub>m</sub>. Schmidt G.m.b.H.**  
**Düsseldorf**

Unsere Abteilung für Elektrizität  
liefert in bekannter vorzüglicher Qualität

**Isolierlacke**

luft- und ofentrocknend, gelb und schwarz

sowie

**Ölleinen · Ölpapier · Ölseide**

# Der Elektrizitätszähler

seine Wirkungsweise, Konstruktion und praktische Handhabung

Für die Bedürfnisse der Praxis dargestellt, auch  
als Lehrbuch für Studierende und Ingenieure

von **R. Ziegenberg, Berlin**

363 Seiten mit vielen Textfiguren. Dauerhaft gebunden M. 18.—

## INHALT:

**A. Einleitung.** — **B. Der elektrische Strom und seine Messung.** Allgemeines über elektrische Messungen; Strom- und Spannungsmessung bei Gleich- und Wechselstrom; Leistungsmessung bei Gleichstrom und Einphasenwechselstrom; Leistungsmessung bei Dreiphasen- oder Drehstrom. — **C. Elektrische Arbeitsmesser oder Zähler, ihre Einteilung und Schaltung.** — **D. Die wichtigsten heutigen Zählersysteme.** Der elektrolytische Zähler; Der Aron-Pendelzähler; Der Motorzähler; Sonderkonstruktionen. — **E. Die verschiedenen Tarife und ihre Zähler.** Pauschaltarif; Einfach- und Staffeltarif; Doppeltarif; Maximaltarif; Zählermiete. — **F. Herstellung, Eichung und Nacheichung von Elektrizitätszählern.** — **G. Gesetzliche Bestimmungen und allgemeine Gesichtspunkte.** Das Gesetz über die elektrischen Maßeinheiten; Systemprüfung und Beglaubigung von Elektrizitätszählern; Genauigkeit. — **H. Der Elektrizitätszähler im praktischen Gebrauch.** Montage; Ablesung; Wartung und Nachprüfung; Fehler und Versager der heutigen Elektrizitätszähler und ihre Behebung.

*Zeitschrift für Dampfkessel- und maschinelle Betriebe*, 7. März 1913: Ein Buch, welches die neuesten Elektrizitätszähler und Nebenapparate behandelt, war schon längst ein dringendes Bedürfnis, da die bisherigen Werke größtenteils veraltet waren. Die neuesten Zählerkonstruktionen, soweit sie in Deutschland auf dem Markte sind, findet man in dem Buch von Ziegenberg vollständig und ausführlich beschrieben. Von den der Vergangenheit angehörenden Fabrikaten findet man wenig in dem Werk, dafür ist es aber „up to date“... Das Buch gibt einen recht guten allgemeinen Überblick über den heutigen Stand des Elektrizitätszählers; da auch die Ausstattung des Werkes gut ist, ist ihm eine gute Verbreitung zu wünschen. Dr.-Ing. O.

*Elektrotechnische Nachrichten*, 1912, Nr. 29: Das Werk wendet sich in erster Linie an die in der Praxis stehenden Ingenieure, Zentralenleiter, Revisoren, Eichbeamten und Monteure, die mit Elektrizitätszählern zu tun haben, um ihnen die für ihre richtige Behandlung nötigen Kenntnisse zu vermitteln. Auch der Studierende soll aus ihm genügende Belehrung über diese wichtigen Meßapparate schöpfen. Zu diesem Zweck ist von ausführlichen theoretischen Darstellungen Abstand genommen, die Wirkungsweise der Apparate vielmehr nur in einfacher Weise, unter Angabe der grundsätzlichen physikalischen Beziehungen und der entsprechenden mathematischen Formeln erörtert... Es erschien nützlich, eine vollständige Aufstellung der insbesondere am Motorzähler vorkommenden Fehler zu geben, ihre Ursachen, woran man die Fehler erkennt und wie man sie beseitigt. Diese Aufstellung, bei der der Verfasser durch mehrere mit dem praktischen Verhalten des Zählers und der Ausführung von Zählerreparaturen bestens vertraute Fachgenossen dankenswerterweise unterstützt wurde, dürfte für jeden mit der Prüfung und Reparatur dieser Meßapparate betrauten Ingenieur, Eichbeamten oder Monteur von großem praktischen Werte sein. Ein ausführliches alphabetisches Namen- und Sachregister trägt das Seinige dazu bei, das Buch zu einem wertvollen Nachschlageregister für die Praxis zu gestalten.

# Gleichstrommessungen der Praxis

die zu ihrer Ausführung erforderlichen Instrumente,  
ihre zweckmäßige Ausführung und Behandlung

von **Rich. Randhagen**

Ingenieur, Direktor der „Nadir“-Fabrik elektrischer Meßinstrumente, Berlin-Wilmersdorf.

Mit 113 Abbildungen und Schaltungsskizzen. Preis geb. M. 7.20

**Inhalt:** 1. Allgemeines über elektrische Messungen. 2. Spannungsmessungen. 3. Strommessungen. 4. Kontrolle über Meßinstrumente. 5. Registrierinstrumente. 6. Thermoelektrische Messungen. 7. Winke für die Wahl der Instrumente unter Berücksichtigung der verschiedenen Anwendungsgebiete.

**Die Elektrotechnische Zeitschrift** schreibt: Schon der einleitende, allgemeine Teil über elektrische Messungen ist in dieser Richtung beachtenswert, indem er sich nicht nur über die günstigsten Dispositionen und über die Fehlerquellen, sondern auch über die Beurteilung und Behandlung der Instrumente sowie über die bei ihnen vorkommenden Defekte verbreitet und manchen beherzigenswerten praktischen Wink gibt. Bei jedem Satze hört man den erfahrenen Praktiker sprechen, und deshalb wird das Buch für jeden, der praktisch zu messen hat, ein wertvoller Ratgeber auf Schritt und Tritt sein, der ihm neue, brauchbare Winke gibt und ihn von alten und üblichen Fehlern und Irrtümern befreit. Die Ausstattung des Buches ist vortrefflich, und sein Gebrauch wird wesentlich dadurch erleichtert, daß alle im alphabetisch geordneten Sachregister enthaltenen Stichworte im Text der dort angegebenen Seite durch fetten Druck hervorgehoben sind, so daß das Auge sofort auf die richtige Stelle gelenkt wird.

E. Müllendorff.

**Die Elektrizität 1911, Nr. 40:** Aus einer großen Erfahrung heraus teilt der Verfasser alles Wichtige mit, was bei der Beschaffung von Instrumenten und beim Messen selbst zu beachten ist.

**Elektrotechnik und Maschinenbau 1911, Nr. 40:** Das Büchlein ist als Ratgeber für den praktischen Ingenieur gedacht, es vermeidet daher alle theoretischen Entwicklungen... Das kleine Buch wird trotz des beschränkten Umfanges recht gute Dienste leisten.

---

## Hofmann, J. W. Fr., Praktische Schemas für Zähler und Meßinstrumente

Prüfung und Behandlung nebst Erläuterungen  
nach Verwaltung, Eichkontrolle und Statistik.

47 Seiten in Lexikonformat, 1 Tabelle und 3 Formulare. Preis M. 5.95.

**Hofmann, J. W. Fr.,** Systemprüfungen neuester Wechselstrom-Zählertypen mit Kurventafeln und Tabellen.

24 Seiten mit 1 Tafel. Preis M. 1.95.

# **E.W.F. Neels**

*Großhandlung für sämtliche elektrotechnische Bedarfsartikel*

## **Charlottenburg 1**

*Wilmersdorfer Straße 143/144*

*Fernsprecher: Amt Wilhelm 6193 / Drahtanschrift: Isolierneels, Charlottenburg*

---

---

### **Spezial-Geschäft für Anker-Isolier-Materialien**

*Jakonettbänder, Hohlschläuche,  
Isolier-, Kaliko- und Parabänder,  
Ölleinen, Ölleinenbänder, Ölseide,  
Ölpapiere, Japanpapiere, Isolier-  
lacke, Preßspan, Glimmer, Mika-  
nit, Vulkanfiber, Lötmaterialien,  
Bergmannkitt, Chatterton-Com-  
pound und Kabel-Vergußmasse  
in Ia Qualitäten zu billigsten Preisen*

---

*Angebote und Muster jederzeit kostenlos zur Verfügung*

---

*Ständiger Lieferant wirtschaftlicher Verbände der Elektrizitäts-  
werke und elektrotechnischen Branche*

---

---

**Sämtliche sonstige Materialien der elektrotech-  
nischen Branche für Hoch- und Niederspannung**  
*in erstklassiger Ausführung zu billigsten Tagespreisen  
prompt ab Lager lieferbar*

**Die Reparaturen**  
an elektrischen Maschinen  
insbesondere die Herstellung der

**Ankerwicklungen**  
an Gleich- und Drehstrommotoren  
Kollektorbau

Fehlerbestimmung und Prüfung elektrischer Maschinen  
Revision elektrischer Kraftanlagen

von

**Fritz Raskop, Ingenieur**

Mit 108 Textfiguren

2. Auflage

Berlin

Verlag von Hermann Meusser

1920

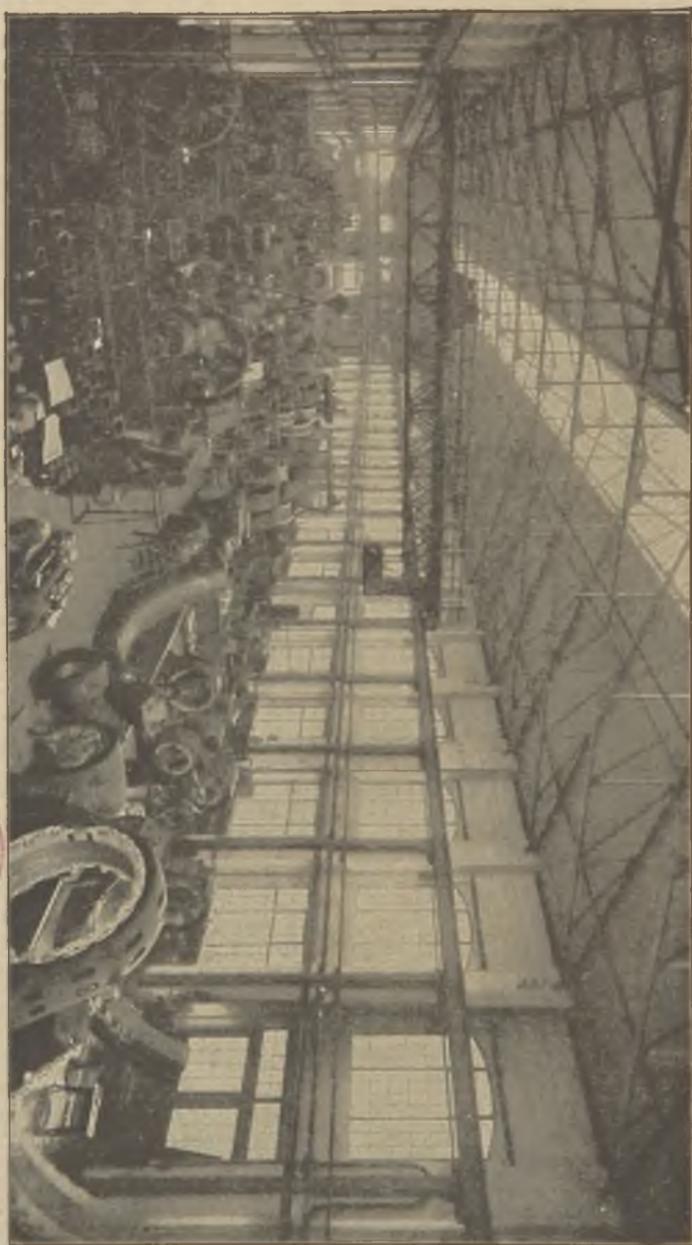
S. 88

S. 08

S. 98

Bergmann-Elektrizitäts-Werke, Aktiengesellschaft, Berlin.

Großmaschinenbau — Wickeler.



1.313.0046



44940

2w. 351/66

## Vorwort zur 1. Auflage.

Das vorliegende kleine Werkchen enthält in knapper Form die Störungen an elektrischen Maschinen und deren Beseitigung durch sachgemäße Reparatur.

Während die Literatur eine Fülle von schätzbaren Werken enthält, die die Konstruktion und Berechnung elektrischer Maschinen in Wort und Bild ausführlich behandeln, fehlt ein für den Praktiker gedachtes Buch, dessen Inhalt sich weniger mit der Behandlung dieses Gebietes, als mit der gebrauchsfertigen Wiederherstellung der kranken Maschine befaßt.

Diese vorhandene Lücke in der Literatur soll durch das gegenwärtige Werkchen in bescheidener Form ausgefüllt werden.

Wenn die Störungen an elektrischen Maschinen nur allgemein gehalten wiedergegeben sind, so geschah dies einerseits aus dem Grunde, weil dieses Thema in anderen Werken\*) bereits ausführlich behandelt ist, andererseits jedoch auch, weil ich auf dem Standpunkt stehe, daß mit der Dauer der praktischen Tätigkeit in Reparaturwerken die Kenntnis der Fehler sich von selbst ergibt. Die allgemeine Anleitung muß selbstverständlich in jedem Falle gegeben sein, damit das nötige Verständnis für die Erkennung des Fehlers vorhanden ist.

Da im allgemeinen die Beseitigung eines Fehlers bzw. die Verhütung desselben durch sachgemäße Arbeit schwieriger ist als die Feststellung, so habe ich dem ersteren Gebiet einen entsprechend größeren Raum gegeben.

Während meiner achtzehnjährigen Tätigkeit in Reparaturwerken elektrischer Maschinen hatte ich Gelegenheit, die Kon-

---

\*) Schulz, Krankheiten elektrischer Maschinen.

struktion und Ausführung, vorzugsweise jedoch auch die Eigenarten der Wicklungen sowie deren Herstellungsweise mit einfachen Hilfsmitteln, an in- und ausländischen Fabrikaten jeder Stromart und Spannung eingehend zu studieren.

Die hierbei gemachten Erfahrungen habe ich in schlichte Worte gekleidet und den reichhaltigen Stoff so zugeschnitten, daß er in knapper Form dem gewerblichen Fortbildungs- und Maschinenbauschüler, dem Maschinisten, Betriebsmonteur usw., vorzugsweise aber allen denjenigen, die entsprechend vorbereitet den Beruf des Ankerwicklers ergreifen wollen oder bereits in der Praxis stehen, dasjenige bietet, was für die Ausführung einer sachgemäßen Reparatur benötigt wird.

Die Reihenfolge der Ausführungen habe ich so gewählt, daß sie dem Wege der kranken Maschine vom Augenblick des Versagens, bis zur erneuten betriebssicheren Montage nach vollzogener Reparatur entspricht.

Besonderer Wert ist auf die Abbildung und Erläuterung der einfachen Hilfsmittel zur Anfertigung von Form- und Stabwicklungen sowie auf die Prüfung des neugewickelten Ankers auf seine Betriebstüchtigkeit gelegt worden.

Jede theoretische Weitläufigkeit habe ich tunlichst vermieden, um meinem Grundsatz „Aus der Praxis — für die Praxis“ entsprechen zu können.

Hagen i. W., im Mai 1919.

**Fritz Raskop**, Ingenieur.

## Vorwort zur 2. Auflage.

4.—9. Tausend.

Der in wenigen Monaten erzielte Absatz der ersten Auflage läßt deutlich erkennen, daß das Werk eine bestandene Lücke in der Literatur ausfüllt.

Größere textliche Änderungen wurden nicht vorgenommen.

Um den Wünschen der bereits perfekt arbeitenden Ankerwickler und Meister in geeigneter Weise nachzukommen, hielt Verfasser es für angebracht, ein zweites Buch über das gleiche Thema zu schreiben.

In dem Inhalt dieses Buches ist auch auf die Wiedergabe kleiner Berechnungsbeispiele zur Ermittlung des Wickel- und Kollektorschrittes sowie auf bestimmte theoretische Einzelheiten konstruktiver Natur Rücksicht genommen worden.

Die leichtverständlich geschriebenen Abhandlungen sind als Fortsetzung und Ergänzung des im vorliegenden Werke behandelten Themas zugeschnitten, aus welchem Grunde auch der Titel „Der Katechismus für die Ankerwicklei — Die Reparaturen an elektrischen Maschinen, II. Band“ gewählt wurde.

Benrath a. Rh., im April 1920.

Der Verfasser.

In Vorbereitung befindet sich:

# KATECHISMUS

für die

# ANKERWICKELEI

von

**Fritz Raskop, Ingenieur**

Mit zahlreichen Textfiguren

In dem Text dieses wiederum für den Praktiker geschriebenen Werkes behandelt der als erfahrener Fachmann bekannte Verfasser die Arbeitsmethoden und die praktischen Arbeitsvorgänge bei Neubau und Reparatur elektrischer Maschinen.

Durch vorzügliche Illustrationen erläutert, beschreibt er den Aufbau der elektrischen Maschinen von der mechanischen Herstellung des Ankers bis zur sachgemäßen Prüfung der fertigen Maschine im Probierfeld.

Ganz besonders ist auf die leichtverständliche Wiedergabe der Bestimmung des praktischen Wirkungsgrades Wert gelegt worden, weil derartige Arbeiten zu den wichtigsten Aufgaben des Praktikers zählen können.

In einem besonderen Abschnitt werden in ganz leichtverständlicher Form die von dem Ankerwickler so sehr begehrten Berechnungsbeispiele für die Berechnung des Wickel- und Kollektorschrittes, der Drahtstärke für Anker- und Feldwicklung, der Schaltungsschritte der Ausgleichverbindungen und Mordeyschaltungen behandelt.

In der Praxis erprobte Tabellen erleichtern das Verständnis bei Nachrechnung der Beispiele.

Der Katechismus bietet dem Ankerwickler die Theorie, die zur Herstellung der Wicklungen benötigt wird.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort . . . . .	III
Inhaltsverzeichnis . . . . .	VII
Verzeichnis der Abbildungen . . . . .	IX
I. Teil: Kenntnisse und Ausbildungsgang des Ankerwicklers. . . . .	1
II. Teil: Einrichtung eines Reparaturwerkes und Fehlererscheinungen an elektrischen Maschinen . . . . .	3
A. Allgemeines . . . . .	6
B. Die Fehlererscheinungen an elektrischen Maschinen . . . . .	9
III. Teil: Fehlerbestimmung und Abbau elektrischer Maschinen . . . . .	16
IV. Teil: Die Herstellung von Wicklungen an Gleich- und Drehstrom- maschinen in Reparaturwerken . . . . .	40
Allgemeines . . . . .	40
Isolationsmaterial . . . . .	42
Isolierlack . . . . .	43
Die Anfertigung von Gleichstrom-Ankerwicklungen . . . . .	44
Schaltungen . . . . .	46
Handwicklungen . . . . .	50
Überschlagwicklungen . . . . .	56
Formspulenwicklungen . . . . .	60
a) Mantelwicklung . . . . .	60
Vorbereitung der Schaltenden . . . . .	73
b) Stirnwicklung . . . . .	75
Stabwicklung . . . . .	77
Das Einlegen der Ankerspulen in die Nuten . . . . .	82
Abdrehen von Kollektoren . . . . .	85
Die Anfertigung von Kollektoren . . . . .	87
Der Zusammenbau des Lamellenkörpers . . . . .	92
Das Ausdrehen des Lamellenkörpers . . . . .	93
Die Anfertigung von Feldspulen . . . . .	96
Die Herstellung der Wicklungen an Drehstrommotoren . . . . .	99
Ständerwicklung . . . . .	102
Ständer mit geschlossenen Nuten . . . . .	106

	Seite
Läuferwicklungen . . . . .	110
Stabwicklungen . . . . .	112
V. Teil: Zusammenbau und Prüfung elektrischer Maschinen . . .	122
Die betriebsfertige Stellung der Bürsten . . . . .	124
Die Befestigung der Riemenscheibe . . . . .	126
Der Gleichstrom-Drehstrom-Umformer . . . . .	127
Die Prüfung der elektrischen Maschinen . . . . .	130
A. Gleichstrommaschinen . . . . .	130
Das Meßverfahren . . . . .	134
B. Drehstrommaschinen . . . . .	140
VI. Teil: Revision elektrischer Kraftanlagen . . . . .	141
Berechnung der Scheibendurchmesser bei Kraftübertragung	
durch Riemen . . . . .	143
Riemenscheiben . . . . .	146
Riemen . . . . .	146
Tabellen . . . . .	149
Muster eines Werkstattbuches . . . . .	163
Bezugsquellen-Nachweis . . . . .	166

## Verzeichnis der Abbildungen.

Nr.	Bezeichnung
Titelbild	Bergmann-Blektrizitäts-Werke
1	Klemmbrett eines Gleichstrom-Nebenschlußmotors.
2	Prüfung eines Gleichstrommotors auf Erdschluß mittels Galvanoskops.
3	Klemmbrett eines Drehstrommotors in Sternschaltung.
4	Klemmbrett eines Drehstrommotors in Dreieckschaltung.
5	Prüfung der Ständerwicklung eines Drehstrommotors auf Unterbrechung.
6	Prüfung der Läuferwicklung eines Drehstrommotors auf Unterbrechung.
7	Prüfung eines Drehstromanlassers auf Unterbrechung.
8	Abziehvorrichtung für Riemenscheiben.
9	Gebrauch der Abziehvorrichtung für Riemenscheiben.
10	Lagerschild mit Bürstenbrille und Markenstrich.
11	Ausbauen eines Ankers mittels eines auf den Wellenstumpf aufgeschobenen Rohres.
12	Kollektor mit verschiedener Anordnung der Arretierungsschrauben.
13	Schleifringkopf mit verschiedener Anordnung der Arretierungsschrauben.
14	Abziehen eines Kollektors unter Verwendung der Scheibenabziehvorrichtung.
15	Festlegung des Wickel- und Schaltungsschrittes durch eingeschlagene Marken.
16	} Spulenheber und der Gebrauch desselben bei der Demontage
17	
18	Vorrichtung zur Demontage von Stabwicklungen bei Drehstromläufer.
19	} Die Stellung der Bürsten bei Gleichstrommaschinen.
20	

Nr.	Bezeichnung
21	Parallelschaltung einer Gleichstrom-Ankerwicklung.
22	Reihenschaltung einer Gleichstrom-Ankerwicklung.
23	Anordnung der Spulen auf den Stirnflächen eines Gleichstrom- ankers mit Handwicklung.
24	
25	
26	
27	Fertig gewickelter Gleichstromanker mit Hohlschlauch überzogenen Schaltenden.
28	Das Abgreifen der Maße für den Ausschnitt eines Preßspanstreifens als Schaltunterlage.
29	Das Aufzeichnen der aus Fig. 28 entnommenen Maße auf eine Preßspantafel.
29a	Gleichstromanker mit Überschlagwicklung.
29b	
29c	
30	Ankerspulen-Wickelmaschine.
31	Zweiteilige Holzschablone zur Anfertigung von Formspulen für Gleichstromanker.
32	Ermittelung der Abmessungen für die Zwischenlage der Holzschablone.
33	Geöffnete Holzschablone mit eingezeichneten Markenstrichen.
34	Der Gebrauch der zweiteiligen Holzschablone mit Anordnung der Drahtrollen.
35	Anker-Formspule in der geöffneten Schablone.
36	Ausgangstelle für die Bewicklung einer Formspule mit Leinenband.
37	Anordnung der Klebestellen der Bandumwicklung.
38	Bewicklung einer Formspule mit Leinenband.
39	Festlegung der Schaltenden bei Formspulen.
40	Abschneiden der Bandlängen für die Bewicklung der Formspulen mit Leinenband.
41 u. 42	Aufziehvorrichtung für Formspulen.
43	Gebrauch der Ziehhölzer beim Aufziehen der Formspulen in einem Schraubstock.
44	Die Anordnung der Schaltenden bei Formspulen.
45	Ausprüfen der Reihenfolge der Schaltenden bei Formspulen.
46	Formspule einer Stirnwicklung für Gleichstromanker.
47	Die Herstellung einer Formspule für Stirnwicklung.
48	

Nr.	Bezeichnung
49	Spulenschablone zum Biegen der Formspulen für Stirnwicklung.
50	Ankerstab nach der ersten Biegung.
51	Fertig gebogener Ankerstab für Gleichstromwicklungen.
52	Aus Winkelleisen hergestellte Biegevorrichtung für Ankerstäbe.
53	Stabbiegevorrichtung für die Ankerstäbe nach Fig. 50 zu biegen.
54	Stabbiegevorrichtung für die Ankerstäbe nach Fig. 51 zu biegen.
55	Ankerstab.
56	Holzform zum Biegen von Ankerstäben für Gleichstromwicklungen.
56 a	Das Einlegen der Formspulen in einen Gleichstromanker. (Die unteren Schaltdrähte sind in den Kollektor eingestemmt.)
57	Schräg gelagerter Gleichstromanker beim Löten.
58	Kollektorbuchse mit Preßring und zylindrischer Mutter.
59	Lamellenkörper und Kollektorbuchse.
60	Abgreifen der Grundmaße zur Berechnung der Kollektorlamellen.
61	Querschnitt einer Kollektorlamelle.
62	Schrumpfring.
63 a	Zusammengepreßter Lamellenkörper.
64	Entnahme der Maße für die schwalbenschwanzartige Ausdrehung des Lamellenkörpers.
64 a	Kollektorlamelle mit eingesetzter Fahne.
64 b	Kollektor mit Fahnen.
65	Holzschablone zur Herstellung von Feldspulen für Gleichstrommaschinen.
66	Anordnung der Leinenbänder bei der Herstellung der Feldspulen.
67	Befestigung des Schaltendes einer Feldspule mittels Bandschlaufe.
68	Isolation eines Anfanges bei Feldspulen.
69	Anordnung der Schaltenden bei Feldspulen.
70 u. 71	Feldspulenform für runde Maschinentypen.
72	Holzschablone zum Biegen von Feldspulen.
73	Anordnung der Holzkeile bei Ständern mit halbgeschlossenen Nuten.
74	Drehstromständer mit eingewickelter Gruppe.
75	Drehstromständer zur Aufnahme der Wicklung vorbereitet.
76	Nadel aus Preßspan mit eingefädeltten Leinenbandstreifen.
77	Drehstromständer mit 3 eingewickelten unteren Gruppen und eine im Entstehen begriffene obere Gruppe.
78 u. 79	Lötverbindungen bei Drehstromwicklungen.
80	Profilstab aus Hartholz als Hilfsmittel bei der Herstellung von Nutenisolationen.
81	Stirnseite eines Drehstromläufers mit eingewickelten Gruppen.

Nr.	Bezeichnung
82	Befestigung der Läuferwicklung durch isolierten Metallring mit Bandagen.
83	Kupferstab aus der Läuferwicklung eines Drehstrommotors.
84	Das Biegen der Kupferstäbe bei der Herstellung der Stabwicklung eines Drehstromläufers.
85	Fertig geformter Stab aus einer Drehstrom-Läuferwicklung.
86	Schematische Darstellung einer Dreieckschaltung.
87	Schematische Darstellung einer Sternschaltung.
88	Klemmbrett eines Drehstromständers mit Anordnung der Schaltenden.
89	Schaltbild einer 4 poligen Drehstrom-Ständerwicklung.
90	Schaltbild einer 2 poligen Drehstrom-Ständerwicklung.
91	Schaltbild einer 6 poligen Drehstrom-Ständerwicklung.
92	Falsche Lagerung eines Gleichstromankers im Gehäuse.
93	Abstand der Bürstenhalter von Mitte-Bürstenbolzen bis Mitte-Bürste.
94	Einschleifen der Bürsten bei Gleichstrommaschinen.
95	Anker aus einem Drehstrom-Gleichstromumformer.
96 u. 97	Zwischenschalten des Amperemeters bei Prüfung von Gleich- und Drehstrommaschinen.
98	Backenbremse.
99	Ausprüfen einer Gleichstrom-Ankerwicklung auf Windungschluß und Unterbrechung.
100	Ausprüfen einer Gleichstrom-Ankerwicklung mittels Magneten und Telephon.
101	Telephon mit U-förmig gebogenem Eisenkern zur Feststellung von Spulenschluß.
102	Prüfeinrichtung der Fa. Siemens u. Halske, Berlin.
103	Schalttafel der Prüfeinrichtung.
104	Anordnung der Riemenscheiben bei Verwendung eines Vorgeleges.
Tafel I	Parallel-(Schleifen-)Wicklung.
Tafel II	Serien-(Reihen-)Wicklung.
Tafel III	Schaltungsschema einer 8 poligen Drehstrom-Läuferwicklung (96 Nuten).

## I. THEIL.

### **Kenntnisse und Ausbildungsgang des Ankerwicklers.**

Die Herstellung von Ankerwicklungen erfordert eine gewisse Handfertigkeit, Verständnis für exakte, peinlich saubere Arbeit, Erfahrung im allgemeinen Maschinenbau und umfassende Kenntnisse in der Wirkungsweise der Ankerwicklungen, sowie der in Frage kommenden Schaltungen der Gleich- und Drehstrommotoren.

Der Ankerwickler darf an der Drehbank und am Schraubstock kein Neuling sein. Er muß auf Grund seiner Ausbildung in der Lage sein, sämtliche Hilfsmittel, die zur Herstellung von Wicklungen benötigt werden, selbst anzufertigen. Nicht zuletzt ist die Beherrschung der vier Grundrechnungsarten, wenn möglich, auch der niederen Mathematik, unerläßliche Bedingung.

Die erforderliche Handfertigkeit kommt im allgemeinen mit der Zeit der praktischen Tätigkeit.

Für die Dauer der Ausbildungszeit bis zum perfekten Ankerwickler möchte ich keine Angaben machen. Die persönliche Auffassungsgabe und Veranlagung, sowie Lust und Liebe zum Beruf dürfte auch hier wie bei vielen anderen Berufsarten den Ausschlag geben.

Neben der praktischen Ausbildung muß gleichzeitig die theoretische Ausbildung erfolgen. Gerade der Beruf des Ankerwicklers erfordert die Verschmelzung der Theorie und Praxis zu aussichtsreichem Schaffen.

Zur Erreichung der Kenntnisse im allgemeinen Maschinenbau ist die praktische Tätigkeit in einer Schlosser- und Dreherei auf die Dauer von zwei bis drei Jahren zu empfehlen. Die Handhabung der Feile, der Gebrauch der Drehbank, Bohrmaschine und Meßwerkzeuge usw. bildet die Grundlage der Ausbildung.

In diesen Jahren sind die durch den Besuch der Volksschule

erworbenen Kenntnisse in der experimentalen Physik durch Studium leichtverständlicher technischer Bücher und praktischer Übungen weiter auszubauen.

Der Besuch der gewerblichen Fortbildungsschule und die Abendkurse an den Maschinenbauschulen helfen in ganz hervorragender Weise die theoretischen Kenntnisse auszubauen und zu befestigen.

Die Literatur der Elektrotechnik enthält eine Fülle schätzbare Werke, welche die Wirkungsweise der elektrischen Maschinen in Wort und Bild erschöpfend erklären. Diese größtenteils allgemein gehaltenen Bücher geben dem in der Schlosserei und Dreherei ausgebildeten jungen Manne beim Eintritt in eine Reparaturwerkstatt elektrischer Maschinen die gewünschte Aufklärung über die theoretischen Einzelheiten, die in dem gegenwärtigen Werke aus Raummangel nicht erwähnt sind.

Für die jetzt folgende Zeit muß als Grundsatz gelten: „Augen auf.“

Bei dem in Reparaturwerkstätten zur Verwendung kommenden kostbaren Material ist es ja nicht möglich, den Anfänger ohne weiteres mit der Herstellung der Wicklungen zu beschäftigen. Die nötigen Handgriffe und Fertigkeiten, die dem Ankerwickler eigen sind, müssen durch Zuschauen und helfende Handreichungen abgesehen werden. In dieser Zeit ist das vorliegende Werk besonders wertvoll.

Aber auch später, wenn der in der Praxis stehende Ankerwickler vor einer Frage steht, die über den Rahmen der täglichen Vorkommnisse hinausgeht, tritt das gegenwärtige Buch als treuer Freund und Berater ein und zeigt die Wege, die für die Lösung von Sonderaufgaben beschritten werden müssen.

Als wertvolle Ergänzung des Werkes wird das Handbuch von L. Lerch, „Schaltungen für elektrische Beleuchtungs- und Maschinenanlagen“ empfohlen. Dieses Werk enthält in geordneter Reihenfolge diejenigen Schaltungsarten von elektrischen Maschinen, Schaltapparaten, Akkumulatorenbatterien usw., deren Kenntnis unerläßliche Bedingung bei Untersuchung kranker elektrischer Maschinen ist.

## II. TEIL.

### Einrichtung eines Reparaturwerkes und Fehlererscheinungen an elektrischen Maschinen.

Die Reparaturwerke elektrischer Maschinen haben in den letzten Jahren einen bedeutenden Aufschwung erfahren. Aus kleinen, unscheinbaren Werkstätten sind leistungsfähige Unternehmen entstanden, die mit guten maschinellen Einrichtungen ausgerüstet, für saubere und schnelle Ausführung sämtlicher Reparaturen weitgehende Garantie übernehmen können.

Außer **Ankerwickelerei, Kollektorbau und mechanischer Abteilung** sind die meisten Reparaturwerke mit einem gut eingerichteten **Probierfeld** ausgestattet.

Die zuletzt genannte Einrichtung ermöglicht eine beschleunigte Feststellung des Defektes und ist in Teil V dieses Buches ausführlich erläutert und veranschaulicht.

Die beschleunigte Feststellung der Ursache des Defektes an einer elektrischen Maschine ist ausschlaggebend bei der Kalkulation für den Preis und die Lieferfrist der Reparatur. Das Probierfeld bildet daher ein wertvolles Glied des Reparaturwerkes.

Die Fehlerbestimmung an elektrischen Maschinen bildet den Hauptfaktor bei der Reparatur derselben. Dieser Arbeit widmet man daher die größte Sorgfalt.

Die Untersuchung einer defekten elektrischen Maschine soll sich nicht nur auf den elektrischen Teil sondern stets auch auf den mechanischen Teil derselben erstrecken.

Um für die Wichtigkeit dieses letzten Satzes das richtige Verständnis zu finden, soll nachstehend ein Beispiel aus der Praxis folgen:

Zur Untersuchung kommt ein beschädigter 30-PS-Gleichstrommotor in das Probierfeld eines Reparaturwerkes.

Die Ankerwicklung und die Feldmagnete zeigen äußerlich keine Spuren des Defektes. Nach oberflächlicher Prüfung der Wicklungen (siehe Teil V) findet man dieselben einwandfrei. Auch die Stellung der Kohlenbürsten (siehe Fig. 19 u. 20) entspricht der Wicklungsart des Ankers, kurzum, an dem elektrischen Teil des Motors ist alles in Ordnung.

Bevor der Motor unter Strom gesetzt wird, läßt sich der Anker leicht von Hand drehen. Sobald aber der Strom eingeschaltet wird, läßt sich der Anker nicht mehr aus seiner Lage bringen. Da Schluß in den Drahtwindungen der Ankerwicklung angenommen wird, entschließt man sich zur Neuwicklung des Ankers.

Nach Fertigstellung der Wicklung und nochmaliger Prüfung des Motors tritt derselbe Fehler auf. Der hinzugezogene Konstrukteur des Motors kann aber auch nur feststellen, daß der Motor in seiner Wicklungs- und Schaltungsart keinen Fehler aufweist.

Nach nochmaliger eingehender Untersuchung findet man durch einen Zufall, daß der Lagerbock des Motors unmittelbar unter dem Lagerauge eingerissen ist. (Die Lagerböcke waren von dem Polgehäuse getrennt auf einer gemeinsamen Grundplatte montiert.) Bei stromloser Maschine war der Riß nicht sichtbar, weil er durch die Spachtelung verdeckt wurde. Das Schwerkraft des Ankers drückte die zersprungenen Lagerteile zusammen. Sobald aber der Motor unter Strom gesetzt wurde, klemmte sich der Anker infolge des anziehenden Magnetismus zwischen den Polkernen fest.

Ein derartiger Fall tritt natürlich sehr selten auf, er kann als Sonderfall angesprochen werden. Durch eine planmäßig durchgeführte Untersuchung des mechanischen und elektrischen Teiles der Maschine, wären sehr wahrscheinlich unnötige Arbeit, Materialverbrauch und Arbeitslöhne vermieden worden.

In keinem Falle soll man die Reparatur in Angriff nehmen, wenn nicht vorher einwandfrei die Ursache der Störung festgestellt wurde.

Ein zweites praktisches Beispiel möge diese Notwendigkeit bestätigen:

Ein Schlossermeister benutzt zum Antrieb seiner Werkzeugmaschinen einen Elektromotor. Die Stromzuführung zum Motor liegt wie allgemein üblich folgendermaßen:

Im Eingang des an der Straße liegenden Wohnhauses befindet sich hinter der Haustür der Kabelendverschluß mit Sicherungen des Elektrizitätswerkes. Unmittelbar über demselben ist die Verteilungsschalttafel mit den Zählern, Schaltern und Sicherungen angebracht. Von hier aus führt die Motorleitung in die hinter dem Wohnhaus liegende Werkstatt.

Eines Tages feuert plötzlich der Motor stark und die Sicherungen brennen durch. Der Schlossermeister ruft durch Fernsprecher einen Fachmann herbei, um die Störung zu beheben. Der Fachmann prüft mit Meßinstrumenten den Befund der Wicklung (siehe Teil III u. V) und findet keinen Fehler. Nach Ersatz der durchgebrannten Sicherungen arbeitet der Motor auch wieder funkenfrei.

Nach kaum drei Tagen tritt fast zur gleichen Tageszeit wie das erstmal derselbe Fehler ein. Der Fachmann untersucht nochmals Motor und Leitung, ohne einen Fehler zu finden. Der Sicherheit halber wird der Motor aber abgebaut, in die Reparaturwerkstatt gebracht und gründlich nachgesehen.

Nach überstandener Prüfung im Probierfeld wird der Motor wieder auf seinen alten Platz fachgemäß aufgebaut. Es dauert aber nicht lange, da tritt der alte Fehler wieder auf.

Nun entschließt sich der Fachmann, die ganzen Zuleitungen, die in Rohr verlegt waren, bis zur Schalttafel sorgfältig nachzusehen. An der Schalttafel angekommen, sieht er dann zu seinem Erstaunen, daß die mit Selbstschließer versehene Haustür, durch einen Bindfaden mit dem Erdkabelende verbunden, offen gehalten wird. Der durch den Selbstschließer verursachte Zug hatte mit der Zeit die Anschlußenden des Erdkabels in den Klemmen des Kabelkastens gelockert und jedesmal, wenn die Haustür durch diese Einrichtung offengestellt wurde, trat eine Unterbrechung des Stromflusses ein. Nach Öffnen des Kabelkastens zeigten sich

auch starke Brandspuren an den Klemmen, die die Ursache des Motordefektes sofort erkennen ließen.

So könnten noch hundert andere Beispiele angeführt werden, die bestätigen, daß die Feststellung der Ursache eines Motordefektes in jedem Falle unbedingt erforderlich ist.

Nachstehend sollen nun die äußeren Merkmale, sowie die Fehlererscheinungen der kranken elektrischen Maschinen und deren Beseitigung ausführlich behandelt werden.

### A. Allgemeines.

Um einen kurzen Überblick zur Beurteilung der Grundursache der Fehlererscheinungen vorangehen zu lassen, sollen zunächst die allgemeinen Gesichtspunkte, die bei der Wahl und Behandlung der elektrischen Maschinen von ausschlaggebender Bedeutung sind, angeführt werden.

1. Die Leistung der Maschine muß ihrem Verwendungszweck entsprechend festgelegt sein.

2. Die Ausführung der Bauart des Motors, ob offen, ventiliert oder gekapselt, muß dem Verwendungszweck entsprechend gewählt sein.

3. Der Motor muß sachgemäß fundamementiert, genau nach der Wasserwaage ausgerichtet und gegen Witterungseinflüsse geschützt aufgebaut sein.

4. Der Motor muß genau nach den Behandlungsvorschriften bedient werden.

Zur Erläuterung der vorstehenden Punkte sei noch erwähnt: Für die richtige Dimensionierung der Elektromotoren muß man den Kraftverbrauch der anzutreibenden Arbeitsmaschinen wissen. Die Angaben der Lieferanten entbehren in den meisten Fällen der nötigen Zuverlässigkeit. Man geht sicher, wenn man den Kraftverbrauch nach Angabe der Lieferanten um 15—20 v. H. erhöht. Außerdem muß berücksichtigt werden, daß der Leerlauf der Transmission, sowie die Kraftverluste durch Riemenübertragung, Vorgelege usw. einen zu beachtenden Faktor bei der Wahl der Größe des Motors bilden.

Über die Bauart der Elektromotoren sei folgendes gesagt:

1. **Ungekapselte Motoren**, normale Bauart. Verwendbar in Räumen, die frei von feuchter und säurehaltiger Luft sowie von explosiblen Gasgemischen sind.

2. **Ventiliert gekapselte Motoren**, d. h. die Kapselung ermöglicht den Luftzutritt zu den Wicklungen, verhindert aber das Hineinfallen von grobem Staub, Spritzwasser usw. (Die Leistung der Motoren in dieser Ausführung ist bei längerem Betrieb geringer als die gleicher Größe der normalen Ausführung.)

3. **Vollständig gekapselte Motoren**, bei welchen die Kapselung das Eindringen von säurehaltiger und feuchter Luft, explosibler Gasgemische usw. in das Innere des Motors verhindert. Die Leistung dieser Motoren ist erheblich geringer als diejenige der Motoren gleicher Größe in normaler Ausführung. Z. B.: Ein Motor von 10 PS Leistung in gekapselter Ausführung hat größere Abmessungen als ein gleich starker Motor in normaler Ausführung.

Der Grund dieser Größenunterschiede ist folgender: Die Wicklung des Motors hat entsprechend seiner Leistung einen bestimmten Querschnitt in Quadratmillimetern. Wenn die Wicklung bei der Arbeitsleistung des Motors von Strom durchflossen wird, so erwärmt sich dieselbe bis zu der höchstzulässigen Temperatur (ca. 50—60° C).

Bei der Berechnung des Drahtquerschnittes der Anker- und Feldwicklung hat der Konstrukteur neben anderen grundsätzlichen Größen auch die Kühlung der Wicklungen durch Zuführung von frischer Luft zu berücksichtigen. Da bei einem ventiliert oder vollständig gekapselten Motor die Zuführung der frischen Luft geringer bzw. überhaupt nicht vorhanden ist, so muß der Drahtquerschnitt der Wicklungen entsprechend stärker gewählt werden, damit die höchstzulässige Temperatur innerhalb des Motors nicht überschritten wird. Die Abmessungen der Motoren dieser Bauart sind daher entsprechend größer, da auch die Querschnitte des Ankerkörpers und der Polkerne sich den vorerwähnten Verhältnissen anpassen müssen.

Ausschlaggebend für ein einwandfreies Funktionieren jeder

elektrischen Maschine ist außer fachgemäßer Montage auch eine entsprechende Behandlung und Wartung derselben. Die Angaben darüber sind in den von den Motorenfabriken bei jedem neuen Motor auf Verlangen kostenlos mitgelieferten Behandlungsvorschriften enthalten.

Alle diese Gesichtspunkte müssen bei einer kranken elektrischen Maschine kurz überdacht werden, damit die Grundursache der Störung richtig erkannt und behoben wird.

Es genügt ferner nicht, daß der Motor einschließlich der Zuleitungen und der damit verbundenen Schalt- und Anlaßapparate untersucht wird, auch die von ihm angetriebenen Arbeitsmaschinen können durch mechanische Beschädigungen usw. eine Überlastung des Motors und somit ein Versagen desselben zur Folge haben. Ohne Beseitigung dieser Ursache ist ein einwandfreies Arbeiten des Motors nach der vollzogenen Reparatur nicht zu erwarten.

Es möge wiederum ein Beispiel aus der Praxis als Beweis dienen: In einer Fabrik wird ein Blower (für die Erzeugung von Preßluft) von einem Elektromotor angetrieben. Der Blower hat den Zweck, 4--6 Schmiedefeuer mit Winddruck zu versorgen und ist daher durch Rohrleitungen mit den Schmiedefeuern verbunden. In den Rohrleitungen sind Absperrventile eingebaut, durch die der Luftzutritt zu dem Feuer reguliert, bzw. abgesperrt werden kann. Seit einigen Tagen sind einige Schmiedefeuer wegen anderweitiger Beschäftigung des Personals außer Betrieb gesetzt, die Ventile zu diesen Feuern sind daher geschlossen. Der Motor arbeitet aber mit unverminderter Kraft und folgerichtig erzeugt auch der Blower die gewöhnliche Menge gepreßter Luft. Da aber kein Sicherheitsventil in der Rohrleitung eingebaut ist und die restlichen Schmiedefeuer die Menge der vorhandenen Preßluft nicht verbrauchen können, so findet in der Rohrleitung eine zu starke Kompression der Luft statt. Die natürliche Folge davon ist eine erhöhte Arbeitsleistung des Motors, die um so mehr zunimmt, je höher die Kompression der Luft in den Rohrleitungen wird. Die Wicklung des Motors war in kurzer Zeit total verbrannt. Unglücklicherweise war der Motor und der Blower in einem Neben-

raum aufgebaut, der selten von dem Personal betreten wurde. Es mangelte hier an sachgemäßer Montage, Wartung und technisch richtig ausgeführter Winddruckleitung.

Der Motor wurde von dem Personal der Fabrik abgebaut und dem Reparaturwerk eingesandt. Nach vollzogener Reparatur fuhr der Fachmann selbst zu der Fabrik, um den Motor in Betrieb zu setzen. Durch Zwischenschalten eines Amperemeters (siehe Teil V) wurde die Überlastung sehr bald erkannt. Nach dem Öffnen der bisher geschlossenen Ventile arbeitete der Motor wieder normal. In die Windleitung wurde ein Sicherheitsventil eingebaut und somit die Ursache des Motordefektes behoben. Wäre der Motor planlos in Betrieb genommen worden, wären Kosten, Unannehmlichkeiten und Zeitverluste nicht zu vermeiden gewesen.

Aus den vorstehenden Ausführungen und Beispielen geht der große Wert der planmäßigen Untersuchung einer kranken elektrischen Maschine unzweideutig hervor. Es ist stets zu empfehlen, nicht mit der Zeit bei Fehlerbestimmungen zu sparen. Die fachgemäße Reparatur verlangt diese Notwendigkeit.

## **B. Die Fehlererscheinungen an elektrischen Maschinen.**

Jedem Fachmann, der mit der Fehlerbestimmung einer kranken elektrischen Maschine und deren Reparatur beauftragt wird, ist die Art der ärztlichen Diagnose zu empfehlen. Wird der Arzt zu einem Kranken gerufen, so benutzt derselbe zur Aufstellung seiner Diagnose auch die Aussagen des Kranken über seinen Befund, den Ort der Schmerzen und die außergewöhnlichen Erscheinungen vom Augenblick der Erkrankung an.

Da die kranke elektrische Maschine als totes Gebilde die gewünschten Berichte nicht selbst abgeben kann, so läßt man sich alles Wissenswerte von dem Bedienungspersonal der Maschine berichten. Ein derartiger Bericht zeitigt manchmal ganz überraschende Erfolge, zumal wenn der Fachmann durch langjährige Tätigkeit eine gewisse Erfahrung zur Verfügung hat. Die Kenntnis der Fehlererscheinungen erleichtert die Bestimmung des Fehlers und verkürzt die gesamte Reparatur erheblich.

## I. Gleichstrommaschinen.

Die vorschriftsmäßig gebaute Gleichstrommaschine soll auch bei voller Belastung funkenfreien Gang haben, d. h. an dem Kollektor dürfen keine Funken zu sehen sein. Feuert eine Gleichstrommaschine stark, so ist dieselbe mit einem Fehler behaftet, und dieser Fehler kann eine mannigfache Ursache haben.

### 1. Fehlererscheinung: Starkes Funken der Bürsten.

#### Ursache

#### Abhilfe

- |   |  |
|---|--|
| a) Bürsten haben zu geringen Federdruck, daher mangelhafter Kontakt zwischen Bürste und Kollektor. Bürsten sind nicht eingeschliffen. | a) Neue Federn anfertigen und Bürsten nachsehen, ob dieselben sich etwa im Bürstenhalter klemmen. Bürste eventuell abfeilen. Bei entsprechender Konstruktion die Federn nur nachstellen. Bürsten einschleifen. |
| b) Der Kollektor ist unrund.  | b) Kollektor abdrehen.   |
| c) Exzentrische Lage des Ankers zu den Feldkernen infolge ausgeschlissener Lager usw.   | c) Lagerschalen ersetzen. Anker im Polgehäuse zentriert lagern.  |
| d) Glimmerisolation zwischen den Kollektorlamellen steht vor. Bürsten hüpfen.   | d) Kollektor abdrehen oder mittels geeigneter Schaber den vorstehenden Glimmer entfernen.  |
| e) Motor oder Dynamo ist überlastet. Wicklung des Ankers wird heiß.   | e) Amperemeter zwischen der Hauptleitungsschalten, Belastung hierdurch prüfen (s. Teil V). Durch Abschalten der Last Abhilfe schaffen.   |
| f) Unterbrechung in der Ankerwicklung, in den meisten Fällen am Kollektornocken.  | f) Der Fehler äußert sich durch eingefressene Isolation zwischen zwei Lamellen. Abhilfe durch Neuwicklung des Ankers, eventuell nur Anlöten des Drahtes, falls derselbe erreichbar ist (s. Teil III).          |

- g) Bürsten stehen nicht in der neutralen Zone, daher falsche Bürstenstellung.
- g) Bürstentraverse auf den Markenstich stellen (s. auch Teil V und Fig. 19 u. 20).
- h) Schluß in den Drahtwindungen der Ankerwicklung, eine oder mehrere Spulen sind verbrannt. Der Anker macht weniger Umdrehungen, nimmt übermäßig hohe Amperezahl auf (s. Teil V).
- h) Anker muß neugewickelt werden. Kollektor prüfen, ob Lamellen Schluß haben. Schluß durch Ersatz der schadhaften Isolation beseitigen.
- i) Motor läuft mit geschwächtem oder gänzlich ohne Feld. Drahtwindungen einer oder mehrerer Feldspulen sind infolge Kurzschluß ausgeschaltet. Der Stromkreis ist infolge Drahtbruch in der Feldmagnetwicklung unterbrochen.
- i) Mit der Meßbrücke den Widerstand der einzelnen Spulen messen, die Spulen mit weniger als normalem Widerstand durch Neuwicklung ersetzen. Durchgang der einzelnen Spulen mit der Probierlampe oder dem Galvanoskop prüfen, defekte Spulen ersetzen (s. auch Teil III).
- k) Schlechte Lötstellen am Kollektor, daher mangelhafter Kontakt zwischen Ankerwicklung und Kollektor.
- k) Schaltenden und Lamellen von Oxyden befreien. Lötstellen nachlöten. Bei verschraubten Kollektoren desgl. wie vorher, Schrauben nachziehen.
- l) Bei Maschinen mit Wendepolen ist Hilfwicklung falsch geschaltet.
- l) Im Sinne der Ankerdrehrichtung muß auf einen Hauptpol ein ungleichnamiger Hilfspol folgen.
- m) Motor ist nicht richtig angeschlossen. Am Anlasser sind die Drähte verwechselt. Widerstand ist unterbrochen.
- m) Motor richtig mit Stromquelle, Schalt- und Anlaßapparate (nach Handbuch Lerch) verbinden, Anlasser reparieren.
- n) Kollektor sitzt lose auf der Ankerwelle. Druckringe des Kollektors sind locker geworden.
- n) Kollektor durch Keil und Schraube auf der Welle befestigen. Kollektor zusammenpressen.
- o) Ankerwelle ist verbogen, der Kollektor schlägt daher. Motor vibriert beim Lauf.
- o) Ankerwelle auf der Drehbank ausrichten, eventuell durch neue Welle ersetzen.

## 12 II. Einrichtung eines Reparaturwerkes u. Fehlererscheinungen usw.

- p) Ankerwicklung ist nicht zentriert, der ganze Motor vibriert beim Lauf.      p) Ankerwicklung ausgewuchtet.
- q) Ankerwicklung ist falsch geschaltet.      q) Fehler nach Teil V feststellen und beseitigen.

Die vorstehend besprochenen Ursachen zeitigen alle die gleiche Erscheinung nach außen hin. Die Lokalisierung des Fehlers ist daher verhältnismäßig schwer und erfordert in manchen Fällen erheblichen Zeitaufwand. Systematisches Vorgehen und zielbewußtes Arbeiten bringen mit den Erfahrungen den gewünschten Erfolg.

### 2. Fehlererscheinung: Mechanische Fehler.

#### Ursache

#### Abhilfe

- |  |   |
|--|---|
| a) Ankerkern sitzt lose auf der Ankerwelle. Dieser Fehler tritt vornehmlich bei Kran- und Straßenbahnmotoren auf.            | a) Ankerkern durch neuen Keil und seitliche Schrupfringe auf der Welle befestigen.  |
| b) Anker hat in axialer Richtung zuviel Spiel, schlägt zwischen den Lagern. Motor steht nicht in der Wage.                   | b) Spielraum zwischen den Lagern durch Versetzen der Lager regulieren. Motor mit der Wasserwaage genau horizontal stellen. Riemen untersuchen.  |
| c) Lager werden heiß, Öl ist zu dickflüssig. Ölkammerschraube ist undicht, Ölstand ist zu niedrig. Schmierringe sitzen fest. | c) Schmierringe und Lager mit Benzin auswaschen, Ölkammerschraube mit Kupferring dichten, geeignetes Ölnachfüllen(s.auch d).  |
| d) Der Riemen ist zu straff oder zu locker gespannt. Riemen läuft nicht gerade.  | d) Bei zu straffen Riemen wird das Lager heiß, zu lose Riemen schlüpfen. Riemen verlängern, bzw. verkürzen, eventuell durch Verstellen des Motors auf den Spanschiene Abhilfe schaffen. Riemen beim Sattler gerade ausrichten. Motor parallel zur Transmission stellen (s. auch Teil VI). |

## II. Einrichtung eines Reparaturwerkes u. Fehlererscheinungen usw. 13

- e) Öl tritt aus den Lagern, Spritzringe haben falsche Form. e) In die Lagerschale kleine Löcher bohren, Lager abdichten.

### 3. Fehlererscheinung: Der Motor läuft überhaupt nicht mehr.

#### Ursache

#### Abhilfe

- a) Wicklung hat leitende Verbindung mit dem Eisenkörper (Körperschluß). Sicherungen brennen durch. a) Fehler nach Teil III u. V feststellen, schadhafte Stelle isolieren, eventuell Neuwicklung.
- b) Anlasser ist unterbrochen, Sicherungen sind durch zu schnelles Einschalten des Anlassers durchgebrannt. Sicherungen sind zu schwach. b) Anlasser reparieren, Sicherungen ersetzen. Die Stärke der Sicherung ca. 50% höher als die auf dem Leistungsschild angegebene Stromstärke des Motors wählen.
- c) Stromzufuhr ist unterbrochen. c) Mit der Prüflampe vor, hinter den Sicherungen und an den Klemmen des Motors Spannung prüfen.

### Dynamo gibt keine Spannung.

#### Ursache

#### Abhilfe

1. Remanenter Magnetismus ist verloren oder Maschine ist infolge Kurzschluß umpolarisiert. 1. Durch fremde Stromquelle die Maschine magnetisieren, Stromrichtung dabei beachten.
2. Anker hat andere Drehrichtung als bei der Probe im Probierfeld. Plus und Minus sind vertauscht. 2. Nebenschließenden miteinander vertauschen.
3. Magnetwicklung unterbrochen, Regulierwiderstand unterbrochen. 3. Defekte Magnetspule reparieren. Regulierwiderstand reparieren.
4. Schlechter Kontakt zwischen Kollektor und Bürsten. 4. Kollektor abschmiegeln, Bürsten einschleifen, Federn nachstellen.
5. Ankerwicklung ist defekt. 5. Wicklung nach Teil III u. V untersuchen, entsprechende Abhilfe schaffen.

- 14 II. Einrichtung eines Reparaturwerkes u. Fehlererscheinungen usw.
- |   |   |
|---|---|
| 6. Falsche Bürstenstellung. Maschine feuert stark.  | 6. Bürsten nach Teil V einstellen.  |
| 7. Ankerwicklung ist unterbrochen.  | 7. Fehler nach Teil V feststellen. Abhilfe wie bei gleicher Ursache eines Motors. |
| 8. Dynamo gibt nicht die volle Spannung, erregt sich auch nur mit fremder Stromquelle. Schluß in der Ankerwicklung. | 8. Fehler nach Teil V feststellen, Abhilfe wie vor.                               |

## II. Drehstrommotoren.

### Merkmale und Ursachen

### Abhilfe

- |  |   |
|--|---|
| 1. Bei Motoren mit Kurzschlußanker erhitzt sich der Läufer, macht nicht die vorschriftsmäßigen Touren und zieht nicht durch. Die Stäbe in der Wicklung haben losen Kontakt, sie müssen vernietet und gelötet sein. | 1. Läufer ausbauen, Lötstellen sauber machen, Stäbe vernieten und nachlöten.  |
| 2. Ständerwicklung oder Läuferwicklung ist heiß, Motor macht nicht die normalen Umdrehungen und nimmt zu hohe Stromstärke auf. (Phasenschluß in der Ständer- oder Läuferwicklung.)                                 | 2. Phasenschluß ausprüfen (s. Teil III), Schluß durch Reparatur, bzw. Neuwicklung beseitigen.   |
| 3. Motor macht starkes Geräusch, nimmt übermäßig hohen Strom auf und wird heiß. (Lager sind ausgeschliffen, der Läufer berührt an einer Stelle das Ständereisen.)  | 3. Lager ausbauen, dieselben ersetzen. Wicklungen auf Körperschluß untersuchen. Die Bleche im Ständer und Läufer eventuell sorgfältig ausrichten. |
| 4. Motor vibriert, läuft unruhig. (Läuferwicklung ist nicht zentriert, Läuferwelle ist verbogen. Motor ist nicht sachgemäß montiert.)  | 4. Läuferwicklung zentrieren. Läuferwelle auf der Drehbank richten. Motor in der Wage stellen, fest montieren.                                    |

- |   |  |
|---|--|
| 5. Motor läuft einwandfrei an, brummt aber laut, sobald die Bürsten abgehoben sind. (Die Kurzschlußvorrichtung hat schlechten Kontakt.)   | 5. Kurzschlußvorrichtung ausbauen und reparieren.  |
| 6. Motor läuft ohne Riemen einwandfrei, brummt aber bei aufgelegtem Riemen. (Lagerverhältnisse sind nicht in Ordnung. Lager sind ausgeschlissen oder sitzen lose im Lagerschild. Der Läufer berührt das Ständerisen.)   | 6. Neue Lager einbauen eventuell nur Lagerschalen im Lagerschild befestigen, Zustand der Wicklungen prüfen.  |
| 7. Motor läuft ohne Betätigung des Anlassers bereits beim Einschalten der Ständerwicklung an. (Schleifringe haben Schluß. Kurzschlußvorrichtung hat mechanische Fehler, schaltet sich beim Auflegen der Bürsten nicht aus. Wicklung des Läufers hat Schluß. Anlasser ist nicht in Ordnung.) | 7. Wicklung des Läufers von den Schleifringen abklemmen. Stern in dieser Wicklung öffnen. Schleifringe untersuchen, eventuell Schluß beseitigen. Desgl. Läuferwicklung untersuchen, eventuell Schluß beseitigen. Anlasser in Ordnung bringen (s. Teil III). Falls Anlasser keinen Nullkontakt hat, hierauf Bedacht nehmen. |
| 8. Motor läuft nicht an. (Wicklung im Ständer oder Läufer unterbrochen, Sicherungen sind durchgebrannt. Anlasser ist unterbrochen.)   | 8. Unterbrechung nach Teil III feststellen, entsprechend Abhilfe schaffen.   |
| 9. Mechanische Fehler.  | 9. Siehe mechanische Fehler bei Gleichstrommaschinen.  |

In dem vorstehenden Teil sind die Fehlererscheinungen, deren besondere Merkmale, Ursachen und Abhilfe kurz angedeutet und besprochen. Als Ergänzung hierfür gilt das im Teil III und V Gesagte.

### III. TEIL.

## Fehlerbestimmung und Abbau elektrischer Maschinen.

Kommt eine beschädigte elektrische Maschine in ein Reparaturwerk, so ist für die ordnungsmäßige Reparatur folgendes von Bedeutung.

Der Tag des Einganges der Maschine wird unter der laufenden Nummer in das Werkstattbuch (siehe Anhang) eingetragen. Die Maschine erhält eine Kommissionsnummer, die durch Anhängenzettel jedem, der mit der Ausführung der Reparaturarbeiten zu tun hat, sichtbar gemacht wird.

Nach erfolgter Fehlerbestimmung nach Teil II, III und V wird auf Wunsch des Auftraggebers der Preis und die Lieferfrist der Reparatur festgelegt und das Ergebnis in das Werkstattbuch eingetragen. (Muster eines Werkstattbuches siehe Anhang.)

Ogleich die eben erwähnten Eintragungen fast ausschließlich von dem Leiter des Reparaturwerkes bzw. von dem ihm beigegebenen kaufmännischen Personal ausgeführt werden, sind sie hier erwähnt, damit auch das Werkstattpersonal einen Einblick in die Organisation des Werkes erhält.

Nach Durchsicht der übrigen Spalten des Werkstattbuches ist der Leser von den weiteren Eintragungen unterrichtet.

Für jeden Ankerwickler, ganz besonders für den Anfänger und den nur vorübergehend mit der Anfertigung von Wicklungen betrauten Betriebsmonteur usw., ist die schriftliche Niederlegung der Schalt- und Wicklungsdaten der beschädigten Maschine unbedingt notwendig\*).

---

\*) Anschlußschema und Angaben über Schaltung der Wicklung, Drahtstärke, Wickelschritt, Windungszahl usw. s. auch Teil IV.

Vor Beginn der Demontage der reparaturbedürftigen Maschine ist eine Aufzeichnung des Anschlußschemas zu empfehlen. Die Drahtenden sind zweckmäßig durch Anhängen kleiner Papierschilder gleichnamig mit den Anschlußklemmen der Maschine zu bezeichnen.

Durch dieses Verfahren ist ein Prüfen der größtenteils in Rohr liegenden Zuleitungsdrähte beim Anschließen der Maschine nach vollzogener Reparatur überflüssig. Es wird viel Zeit gespart und die Möglichkeit ausgeschaltet, daß durch falsches Anschließen der wiederhergestellten Maschine eine neue Störung hervorgerufen wird.

Diese Arbeiten sind begreiflicherweise nur möglich, wenn der mit der Reparatur beauftragte Ankerwickler, Monteur usw. die kranke Maschine an Ort und Stelle untersuchen und abbauen kann. In den meisten Fällen wird die nackte Maschine oder nur der beschädigte Teil (Anker, Feldspule usw.) in das Reparaturwerk eingesandt. Die Maschine ist in diesem Falle von dem Monteur des Auftraggebers untersucht und abgebaut. Die Verantwortung für die richtige Montage usw. nach vollzogener Reparatur hat daher auch der Auftraggeber.

Es ist nach Möglichkeit grundsätzlich anzustreben, daß nicht nur der beschädigte Teil, sondern stets die vollständige Maschine zur Reparatur eingesandt wird. Durch ungenügende Fachkenntnisse der Angestellten des Auftraggebers und durch den Bahntransport der sehr empfindlichen Teile der Maschine wird vielfach die ordnungsmäßige Inbetriebnahme derselben verzögert und beeinträchtigt.

Nicht zuletzt können hierdurch Mißverständnisse zwischen Auftraggeber und Reparaturwerk entstehen, die unangenehme Folgen zeitigen. Um diese zu vermeiden, empfiehlt es sich, den Auftraggeber stets auf die Notwendigkeit der Einlieferung der vollständigen Maschine aufmerksam zu machen, da im anderen Falle nur die Garantie für den wiederhergestellten Teil, nicht aber für den ordnungsmäßigen Gang der ganzen Maschine übernommen werden kann.

Es ist z. B. möglich, daß der Monteur des Auftraggebers nach

flüchtiger Untersuchung der kranken Maschine nur die Ankerwicklung als beschädigt bezeichnet und daher nur den Anker zur Reparatur einschickt. Nach Ablieferung des neugewickelten Ankers und Inbetriebnahme der Maschine stellt sich aber heraus, daß auch eine Feldspule, die Bürstenbolzen oder Verbindungen in der Maschine nicht in Ordnung sind. Eine erneute Demontage, verbunden mit enormem Zeitverlust und sonstigen üblen Begleiterscheinungen ist die natürliche Folge hiervon.

### Fehlerbestimmungen.

Die Fehlerbestimmung an kranken elektrischen Maschinen ist eine der wichtigsten Arbeiten in Reparaturwerken. Das Grundprinzip und die Durchführung derselben ist in Teil II besprochen und begründet. Aus den dort angeführten Fehlererscheinungen ergibt sich für die allgemeinen Fälle die Bestimmung des Fehlers von selbst.

Der Einfachheit halber sollen die Fehler der kranken elektrischen Maschine in Verbindung mit der Fehlerbestimmung kurz zusammengefaßt hier wiedergegeben werden.

1. Zu den Fehlern an Gleichstrommaschinen zählt in erster Linie das **Verbrennen einer oder mehrerer Ankerspulen**, herbeigeführt durch **Schluß der Kollektorlamellen** oder durch **Windungsschluß** in der Ankerwicklung. Dieser Fehler ist größtenteils auf einen schlecht zusammengefügteten Kollektor oder ungeeignetes Isoliermaterial zwischen den Lamellen usw. zurückzuführen.

Nicht selten findet man jedoch auch, daß in den schadhafte Ankerspulen über Kreuz liegende Drähte, die beim Wickeln des Ankers durch zu starkes Einpressen der Spulen in die Ankernten beschädigt worden sind, die Ursache des Fehlers bilden.

Bei älteren Maschinen findet man noch Kollektoren vor, deren Lamellenisolation mit Preßspan ausgeführt ist. An diesen Kollektoren tritt sehr leicht Schluß zwischen den Lamellen auf. Der Preßspan neigt zur Aufnahme von Flüssigkeiten, die in Gemeinschaft mit dem unvermeidlichen feinen Staub der Kohlenbürsten den Schluß fördern. (Material für Kollektoren siehe Teil IV.)

Über die Behandlung und Untersuchung der Ankerspulen vor dem Einlegen in die Ankernuten gibt Teil IV (Herstellung der Ankerwicklungen) Aufschluß.

Da der vorgenannte Fehler nach außen in den meisten Fällen sichtbar ist, erübrigt sich gewöhnlich die Fehlerbestimmung.

In zweifelhaften Fällen, vorzugsweise wenn die Untersuchung der Maschine außerhalb der Werkstatt vorgenommen wird, empfiehlt sich zur Feststellung von Schluß innerhalb der Ankerwicklung nachstehendes Verfahren:

Die Maschine bleibt mit dem Anlasser und der Stromquelle verbunden. Die Bürsten werden vorher aus den Bürstenhaltern entfernt, so daß jegliche Verbindung des Ankers mit der Stromquelle ausgeschlossen ist. Die Feldwicklung wird durch Einschalten des Anlassers unter Strom gesetzt und der Anker von Hand gedreht.

Läßt sich der Anker ohne erheblichen Kraftaufwand gleichmäßig um seine Achse drehen, so ist die Wicklung frei von Schluß. Dreht sich der Anker stellenweise schwer, stellenweise jedoch leicht, so liegt Schluß in der Wicklung vor.

In verwickelten Fällen ist das Verfahren nach Teil V (Prüfung des Ankers auf Windungsschluß mittels Wechselstrommagnet usw.) anzuwenden.

2. Als zweiter Fehler kommen **Unterbrechungen in der Ankerwicklung** in Frage. Bei Motoren, die während des Betriebes zwei Drehrichtungen unterworfen sind (Kran- und Straßenbahnmotoren) tritt dieser Fehler ganz besonders häufig auf. Bei der Reparatur derartiger Motore prüfe man den festen Sitz des Ankerkörpers und Kollektors auf der Welle. Desgleichen empfiehlt es sich den unteren Schaltdrähten (siehe auch Teil IV: Schaltungen von Ankerwicklungen) der Ankerwicklung eine feste Unterlage zu geben.

Wenn genügend Platz vorhanden ist, ist es zweckmäßig sie durch eine Kordelbandage in ihrer Lage zu sichern.

Bei verschraubten Kollektoren treten Unterbrechungen in der Wicklung des Ankers sehr leicht ein. Gelötete Kollektoren sind betriebssicherer. Bei einer Reparatur derartiger Kolle-

toren ist die Verschraubung nach Möglichkeit durch Verlötung zu ersetzen.

Drahtbrüche in der Wicklung selbst, treten selten auf, gewöhnlich liegt die Unterbrechung am Kollektornocken oder schlechte Lötstellen sind die Ursachen des Fehlers.

Nach außen hin sichtbar sind Schäden dieser Art stets. Starke Funkenbildung unter den Bürsten, eingefressene Isolation zwischen den Kollektorlamellen zeigen den Fehler sofort an. Die Fehlerbestimmung ist daher sehr einfach (siehe auch Teil II und V).

3. Als dritter Fehler sei **Körperschluß** der Wicklungen genannt. In diesem Falle hat die Wicklung des Ankers, die Wicklung der Feldmagnete, die Bürstenbolzen oder Verbindungsleitungen leitenden Kontakt mit dem Eisenkörper der Maschine.

Zur Fehlerbestimmung bedient man sich in und außerhalb der Werkstatt der Prüflampe oder des Galvanoskops.

Um festzustellen in welchem Teil der Maschine der Körperschluß liegt, klemmt man die Zuleitungen an den Anschlußklemmen ab, entfernt die Kohlenbürsten aus den Haltern oder unterlegt die Bürsten mit Preßspan, Papier usw., so daß zwischen Bürsten und Kollektor keine leitende Verbindung mehr besteht.

Bei Nebenschlußmotoren entfernt man auch die metallische Verbindung zwischen der Anker- und Magnetklemme des Anschlußkastens (Fig. 1).

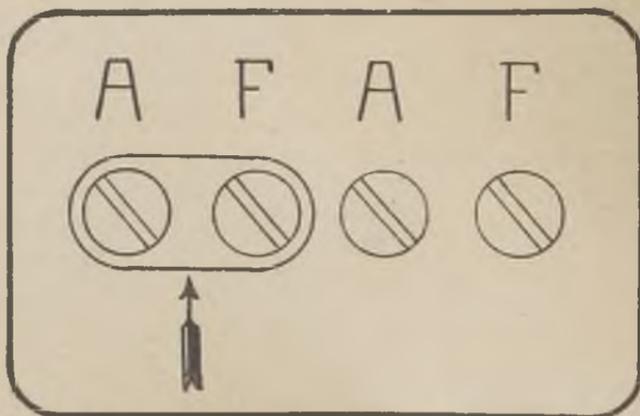


Fig. 1. Klemmbrett eines Gleichstrom-Nebenschlußmotors.

Alsdann prüft man mit der Prüflampe oder dem Galvanoskop die einzelnen Wicklungen, indem man einen Draht des Prüf-instrumentes fest an einen blanken Eisenteil der Maschine legt und mit dem zweiten Draht die Anschlußklemmen kontaktsicher berührt (Fig. 2).

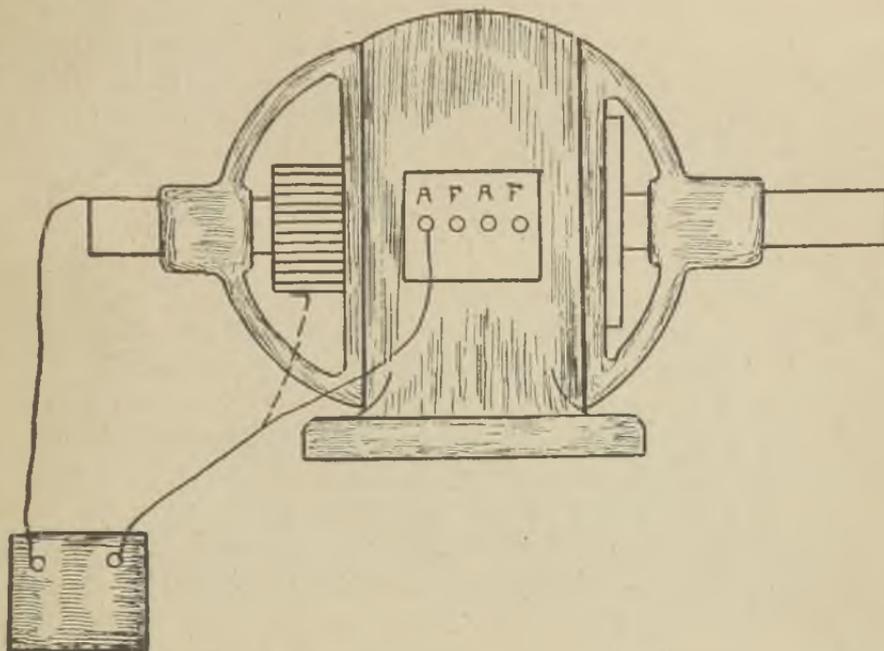


Fig. 2.

Prüfung eines Gleichstrommotors auf Erdschluß mittels Galvanoskops.

Auf diese Art ist schnell und sicher festzustellen, welcher Teil der Maschine beschädigt ist.

Um die Ankerwicklung bzw. den Kollektor auf Körperschluß zu untersuchen, berührt man den einen Draht des Instrumentes mit dem Kollektor. Spricht das Prüfinstrument an, d. h. schlägt die Nadel des Galvanoskops aus oder glüht die Prüflampe auf, so ist hiermit die Fehlerquelle festgestellt.

Die Beseitigung dieser Fehler erfordert, soweit Wicklungen dabei in Frage kommen, fast ausnahmslos den Abbau der Maschine und Neuwicklung des Ankers, bzw. der Feldmagnet-

wicklung. Liegt der Körperschluß an den Bürstenbolzen oder Verbindungen der einzelnen Wicklungen, so ist die Reparatur verhältnismäßig einfacher.

4. **Windungsschluß in einer oder mehreren Feldspulen** hat zur Folge, daß das magnetische Feld ungleich stark erregt ist. Der Motor läuft gewöhnlich mit erhöhter Tourenzahl und starker Funkenbildung am Kollektor. Die ganze Maschine wird warm.

Ist eine ganze Feldspule infolge Schluß zwischen Anfang und Ende gänzlich ausgeschaltet, so bleibt diese kranke Spule kalt, während die übrigen Spulen eine unnormale Erwärmung aufweisen.

Um den Fehler, bzw. die kranke Feldspule zu bestimmen, trenne man die Spulen unter sich und messe den Ohmschen Widerstand jeder Spule mit einer Meßbrücke. Die kranken Spulen haben geringeren Widerstand als die gesunden. Auch durch Wechselstromspule (siehe Teil V) läßt sich der Fehler bestimmen.

Die übrigen Fehler an Gleichstrommaschinen sind erschöpfend in Teil II und V behandelt.

### Notreparatur.

Um die unter 1—3 genannten Fehler vorübergehend notdürftig zu beseitigen verfähre man folgendermaßen:

Zu 1. Die verbrannten Spulen werden von dem Kollektor abgeschaltet und die einzelnen Spulendrähte möglichst aus der Ankerwicklung entfernt. Falls dies nicht angängig, sind die kranken Spulen mittels geeigneter Beißzange zu durchschneiden, so daß durch den Schnitt die Verbindung jeder Spule in sich selbst unterbrochen ist. Die freigewordenen Kollektorlamellen sind durch Verlötung miteinander zu verbinden. Bei der Verlötung ist größte Sorgfalt zu verwenden, damit nicht durch unsachgemäße Verbindung der einzelnen Lamellen gesunde Spulen kurzgeschlossen werden.

Die unterbrochenen Kollektorlamellen durch Verstemmen miteinander zu verbinden, ist absolut falsch, da eine größere Reparatur des Kollektors später nicht zu vermeiden ist.

Zu 2. Man verfähre im allgemeinen wie zu 1. Die Lamellen, die mit der unterbrochenen Spule verbunden sind, werden durch Verlöten miteinander verbunden. Die Ankerspulen werden von diesen Lamellen vollends abgeschaltet. Ein Zerschneiden der einzelnen Ankerspulen wie unter 1. erübrigt sich.

Falls die Unterbrechung unmittelbar am Kollektornocken liegt, wird in vielen Fällen der abgebrochene Draht zu erreichen sein. Im bejahenden Falle genügt es, den Draht durch Anlöten eines Kupferdrahtes gleichen Querschnittes zu verlängern und erneut in die Lamelle kontaktsicher einzulöten.

Zu 3. Falls die schadhafte Stelle in der Anker- oder Feldwicklung zu erreichen ist, sind Glimmerstücken oder Preßspan zwischen Wicklung und Eisenkern einzufügen und außerdem die Stelle mit lufttrocknendem Isolierlack zu überstreichen. Sind jedoch durch den Körperschluß schon Drähte der Wicklung selbst verbrannt, so hat diese behelfsmäßige Reparatur keine Aussicht auf Erfolg und ist zu unterlassen.

Die Fehler an Drehstrommaschinen sind im allgemeinen nicht so mannigfaltig wie bei Gleichstrommaschinen.

1. In 90 von 100 Fällen ist die Ursache der Störung auf schlechte Lagerbeschaffenheit und mangelhafte Ölung zurückzuführen. Der Luftabstand des Läufers (Läufer ist der sich drehende Teil) von dem Ständer (Ständer der feststehende Teil der Maschine) ist aus notwendigen Gründen sehr gering. Ist die Lagerung daher nicht ganz einwandfrei, sind die Lager ausgeschliffen oder läuft bei Weißmetallager infolge mangelhafter Ölung das Lager aus, so schleift der Läufer mit voller Geschwindigkeit gegen das Ständereisen und macht beide Wicklungen in einigen Sekunden unbrauchbar.

Die Bleche des Läufers sowohl, als auch des Ständers werden in die Wicklungen eingedrückt und verursachen Körperschluß beider Wicklungen. (Verhütung siehe Revision, Anhang.) Die Fehlerbestimmung ist in solchen Fällen entsprechend einfach.

2. Als zweiter Fehler bei Drehstrommaschinen käme Kurzschluß zwischen zwei Phasen, oder Schluß in den Windungen der Wicklungen in Frage. In solchen Fällen tritt in den schadhaften

Wicklungselementen hohe Erwärmung auf. Die Wicklungen werden heiß. Der Motor brummt stark und nimmt zu hohe Stromstärke auf.

Um den Fehler zu bestimmen verfähre man folgendermaßen: An dem Klemmbrett der Ständerwicklung entferne man die Verbindungen der Stern- bzw. Dreieckschaltungen, Fig. 3 und 4 (siehe Schaltungen der Drehstromwicklungen Teil IV) und schalte hierauf den Strom wieder ein. Ist Schluß zwischen zwei Phasen

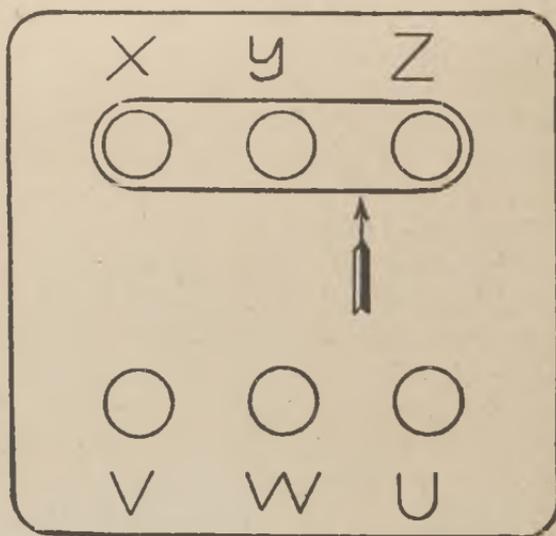


Fig. 3. Klemmbrett eines Drehstrommotors in Sternschaltung.

vorhanden, so brummt der Motor jetzt stark, während bei fehlerloser Wicklung die Wicklung nicht geschlossen ist und daher der Motor kein Geräusch von sich gibt. Die Bürsten werden hierbei von den Schleifringen durch Einschieben von Glimmer- oder Preßspanstücken isoliert.

Ist auf diese Weise der Ständer als einwandfrei befunden, so setze man nach vorherigem Abschalten der Stromquelle die Verbindungen am Klemmbrett wieder ein. Hierauf schalte man den Motor erneut ein. Brummt jetzt die Maschine laut, so liegt Windungsschluß in der Ständer- oder Läuferwicklung vor. Läuft der Läufer ohne Betätigung des Anlasses bei aufliegenden Bürsten

an, so liegt Schluß zwischen den Schleifringen oder zwischen den Phasen der Läuferwicklung vor, wahrscheinlich ist auch die Kurzschlußvorrichtung nicht ausgeschaltet. (Bei Motoren mit Kurzschluß- und Bürstenabhebevorrichtung; siehe Schaltungen der Drehstromwicklungen in Teil IV.)

Um die Läuferwicklung auf Phasenschluß zu untersuchen, muß der Läufer ausgebaut werden. Die Schleifringe werden abgezogen und der Stern der Wicklung wird geöffnet.

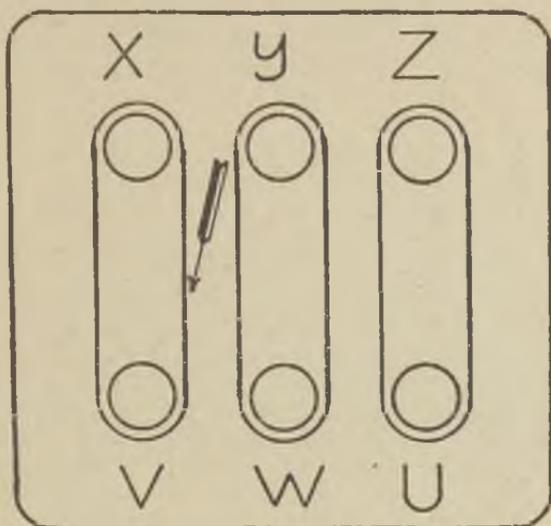


Fig. 4. Klemmbrett eines Drehstrommotors in Dreieckschaltung.

Als dann werden die einzelnen freigelegten Phasen mit den Prüfinstrumenten auf gegenseitige metallische Verbindung untersucht.

Windungsschluß in beiden Wicklungen läßt sich mittels Prüfvorrichtung usw. wie im Teil V beschrieben, feststellen; desgleichen auch mit der Meßbrücke.

3. Als dritter Fehler sei Unterbrechung in den einzelnen Phasen der Läufer- oder Ständerwicklung erwähnt.

Beschädigte Sicherungen oder Drahtbrüche innerhalb der Wicklung, schlechter Kontakt an den Anschlußklemmen, Unterbrechung im Anlasser, schlechter Kontakt der Kurzschlußvor-

richtung, schlechte Bürstenauflage an den Schleifringen usw. sind die Ursache dieses Fehlers.

Ist nur eine Phase unterbrochen, brummt der Motor stark, sind zwei Phasen unterbrochen gibt der Motor überhaupt kein Geräusch ab.

Um den Fehler festzustellen verfähre man wie nachstehend: Man entferne, wie in Fig. 3 und 4 angedeutet, die Verbindungen

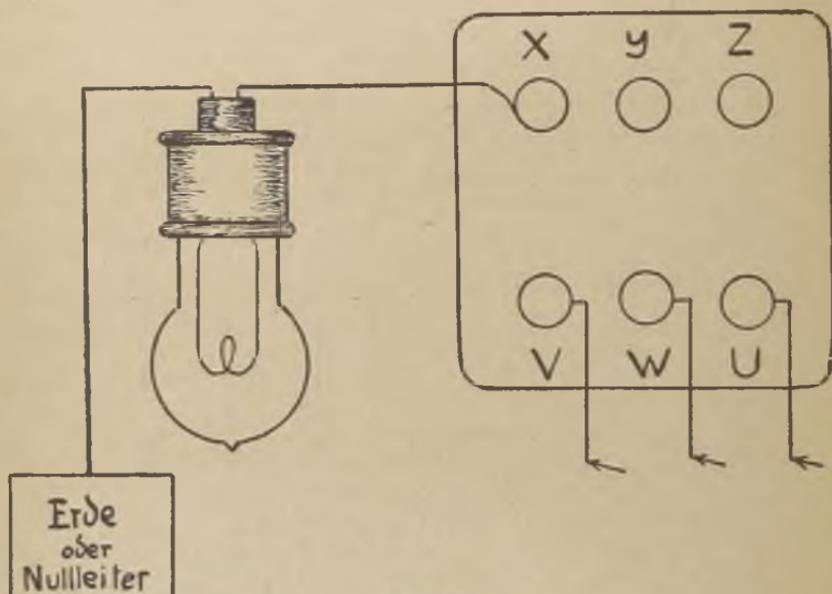


Fig. 5.

Prüfung der Ständerwicklung eines Drehstrommotors auf Unterbrechung.

zwischen den Klemmen und setze hierauf den Motor wieder unter Strom. Alsdann nehme man eine Prüflampe und prüfe einzeln die Klemmenspannung zwischen jeder der sechs Klemmen und dem Nulleiter (Erde). Fig. 5. Brennt die Lampe an allen sechs Klemmen mit voller Spannung, so liegt die Unterbrechung nicht in der Ständerwicklung, brennt die Lampe an einer Klemme nicht, so ist eine Sicherung durchgebrannt, bzw. die Zuleitung zu der Ständerwicklung ist unterbrochen. Brennt hingegen die Lampe an den Klemmen *u*, *v* und *w* hell, an den Klemmen *x*, *y* oder *z*

gar nicht, so liegt die Unterbrechung in der entsprechenden Phase innerhalb der Ständerwicklung.

Ist jedoch nach dieser Prüfung ein Fehler in der Ständerwicklung nicht vorhanden, so mache man den Motor wieder stromlos, setze die Verbindungsstücke am Klemmbrett wieder ein, ziehe alle Schrauben sorgfältig mit dem Schlüssel an und drücke den Hebel-schalter wieder auf „eingeschaltet“.

Hierauf prüfe man mit der Prüflampe die Spannung zwischen je zwei Schleifringen (Fig. 6) und zwar zwischen dem 1. und 2., dem 2. und 3., sowie dem 1. und 3. Schleifring. Brennt die Lampe zwischen je zwei Schleifringen gleich hell, so liegt der Fehler nicht in der

Läuferwicklung, brennt jedoch zwischen zwei Schleifringen die Lampe dunkler oder gar nicht, so liegt der Fehler in der Läuferwicklung. Mit einem Voltmeter läßt sich die Messung genauer durchführen.

Bei der Prüfung der Läuferwicklung muß der Anlasser ab-

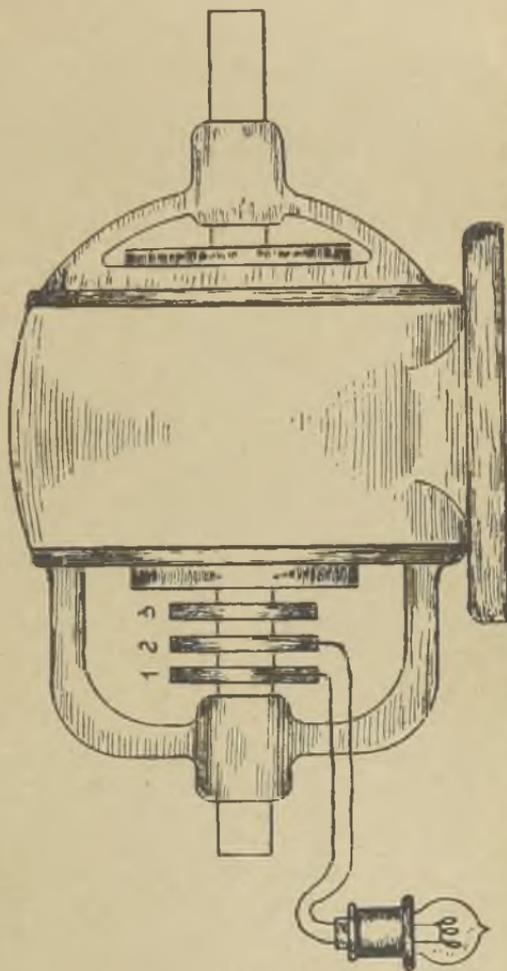


Fig. 6. Prüfung der Läuferwicklung eines Drehstrommotors auf Unterbrechung.

geschaltet, die Bürsten unterlegt und die Kurzschlußvorrichtung ausgeschaltet sein.

Ist nach der beschriebenen Untersuchung in beiden Wicklungen keine Unterbrechung festgestellt, so liegt dieselbe wahrscheinlich im Anlasser. Der Anlasser wird daher vom Motor abgeschaltet und nach Fig. 7 mit dem Galvanoskop untersucht.

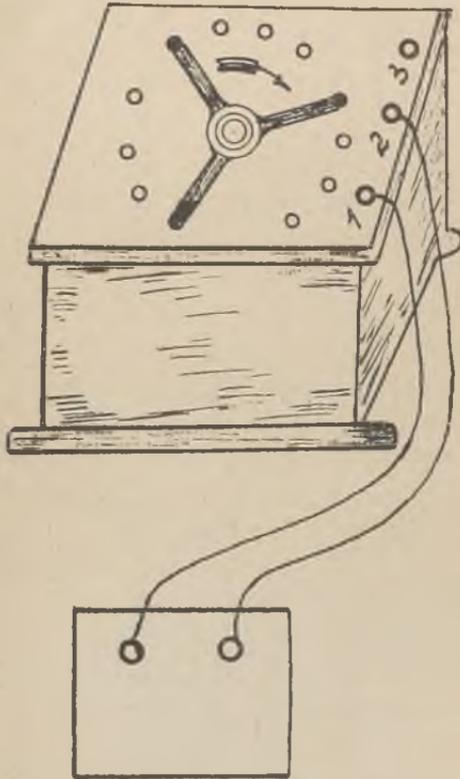


Fig. 7. Prüfung eines Drehstromanlassers auf Unterbrechung.

Der Anlaßhebel steht auf den Nullkontakten. Das Galvanoskop wird abwechselnd mit Klemme 1 und 2, 2 und 3 sowie 1 und 3 verbunden. Bei jeder Verbindung wird der Anlaßhebel vom Nullkontakt bis auf den letzten Kontakt geführt und das Prüfinstrument dabei beobachtet.

Bei ordnungsmäßigem Anlasser schlägt das Instrument ununterbrochen aus, bei etwaiger Unterbrechung des Widerstandes schnellt die Nadel auf die 0-Stellung.

Läuft der Motor vorschriftsmäßig an bis zum Einschalten der Kurz-

schlußvorrichtung, brummt aber nach vollzogener Bürstenabhebung, so hat die Kurzschlußvorrichtung schlechten Kontakt. Die gesamte Vorrichtung muß ausgebaut und ausgebessert werden.

4. Läuft der Motor ohne Riemen einwandfrei, brummt jedoch bei aufgelegtem Riemen laut, so sind die Lager wahrscheinlich in der Richtung des Riemenzuges ausgeschlossen,

so daß durch den Riemenzug der Läufer an das Ständereisen streift. Vorausgesetzt ist in diesem Falle, daß die Wicklungen bereits nach Prüfung fehlerfrei befunden sind. Die Art des Riemenzuges bezüglich der Zugrichtung zur wagerechten Lage des Motors spielt in diesem verhältnismäßig seltenen Falle eine ausschlaggebende Rolle.

\*) 5. Bei Drehstrommotoren, deren Läuferwicklung in Gegen-schaltung ausgeführt ist, ist die Wicklung auch bei ausgeschaltetem Anlasser geschlossen. Nach Einschalten der Ständerwicklung beginnt schon der Anlauf des Läufers, bis durch Einschalten des Anlassers die volle Umlaufzahl erreicht ist. Bei Fehlerbestimmungen ist auf diese Möglichkeit Obacht zu geben.

6. Bei Motoren mit Kurzschlußläufer können die Stäbe der Wicklung losen Kontakt haben. Der Motor läuft dann mit verminderter Zugkraft und Umlaufzahl, der Läufer wird heiß. Die Stäbe im Läufer müssen vernietet und gelötet sein.

In dem vorstehenden Abschnitt sind die am häufigsten vorkommenden Fehler und deren Bestimmung besprochen und veranschaulicht. Der Inhalt ermöglicht dem in der Praxis stehenden Fachmann die kranke Gleich- und Drehstrommaschine zu untersuchen und den Fehler festzustellen.

Liegt der Fehler verwickelt, ist z. B. eine Maschine mit mehreren der erwähnten Fehler behaftet, so ist eine planmäßige Untersuchung immer wieder zu empfehlen. Es ist ein Wicklungselement nach dem andern sorgfältig auf seine Beschaffenheit zu prüfen und dafür Sorge zu tragen, daß die Übersicht nicht verloren geht.

In allen Fällen ist die mechanische Beschaffenheit der Maschine, d. h. Lagerverhältnisse usw., auf ihren Zustand zu prüfen. Vielfach ist der mechanische Fehler (ausgeschlossene Lager, verbogene Ankerwelle, schlecht ausgewuchtete Anker usw.) die Ursache des Wicklungsschadens. Die Abhilfe dieses Fehlers ist daher Grundbedingung, wird aber leider vielfach zu wenig beachtet.

In allen den angeführten Fällen war unbedingte Voraussetzung, daß die kranke Maschine vor Eintreten der Störung

\*) Motore mit selbsttätiger Gegenschaltung durch Zentrifugalkurzschließer.

einwandfrei gearbeitet hat. Die Maschine war technisch richtig gewickelt, in jeder Weise ohne Konstruktionsfehler und war ihrem Verwendungszweck bezüglich Bauart und Leistung entsprechend gewählt. Die Reparatur beschränkt sich daher auf die gebrauchsfähige Wiederherstellung der unbrauchbar gewordenen Teile, so daß die Leistung der Maschine nach vollzogener Reparatur den Angaben des Leistungsschildes entspricht.

Daß Maschinen mit Konstruktionsfehlern in des Wortes wahrer Bedeutung in ein Reparaturwerk gegeben werden, dürfte kaum vorkommen. Es kann sich wohl um mangelhafte Konstruktion oder minderwertige Ausführung handeln. In Zweifelsfällen ist beim Fabrikanten solcher Maschinen Nachfrage zu halten oder das Wickelschema anzufordern.

Häufiger kommen aber Fälle vor, daß die zur Untersuchung stehende Maschine bereits von fachunkundigen Fachleuten wiederhergestellt worden ist, aber nicht einwandfrei odergar nicht arbeitet.

Diese Möglichkeit ist, falls Anzeichen hierfür bei der Untersuchung vorhanden sind, in Erwägung zu ziehen. Falsche Schaltung, Wickelschritt, Windungszahl und Drahtquerschnitt weisen in solchen Fällen auf die unsachgemäße Reparatur hin.

Die Beurteilung dieser Fehler erfordert natürlich Fachkenntnisse und Erfahrung. In Zweifelsfällen ist ein Wickelschema bei den Fabrikanten einzufordern. Der Ankerwickler ist nur selten in der Lage, durch konstruktive Durchrechnung einer derartigen Maschine die Wicklungsdaten zu ermitteln. Es empfiehlt sich deshalb, von jeder Maschine, deren Reparatur der Ankerwickler auszuführen hat, die Wicklungsdaten schriftlich niederzulegen\*). Durch spätere Vergleiche dieser Daten findet man häufig in dem oben erwähnten Falle eine zufriedenstellende Lösung.

#### Der Abbau der kranken Maschine.

Nachdem die kranke Maschine untersucht und der Fehler derselben festgestellt ist, müssen die unbrauchbaren Teile zwecks

\*) Die Bücher: Krause, Trommelwicklung und Wechselstromwicklung sind für Konstruktionsübungen zu empfehlen.

Reparatur freigelegt werden. Vor Beginn des Abbaues Sorge man für geeignete Werkzeuge und Behälter um Schrauben, Keile usw. ohne Beschädigung zu lösen und sorgfältig aufbewahrt zur Seite stellen zu können.

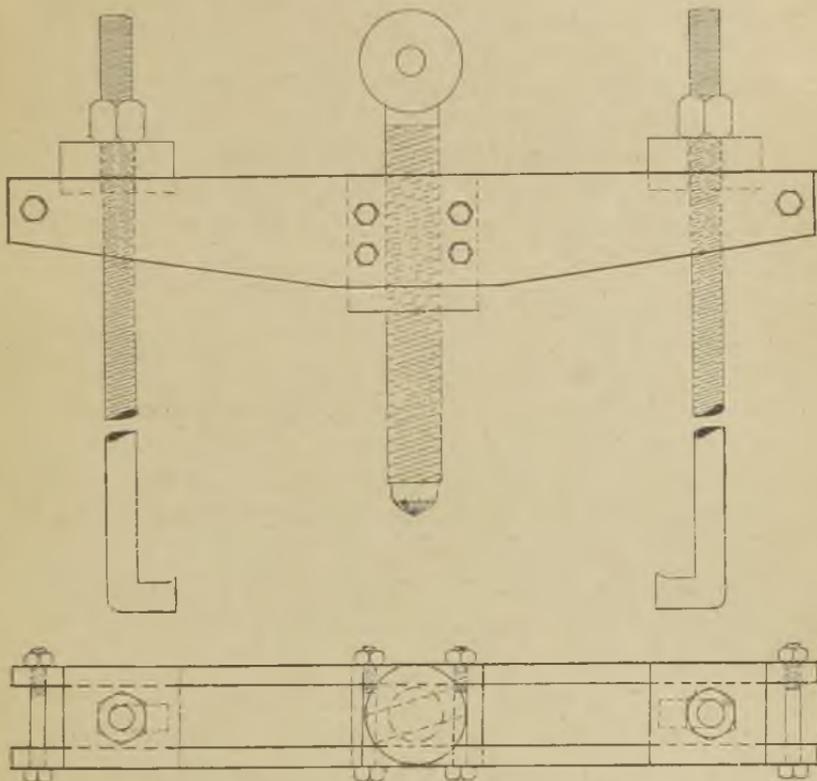


Fig. 8. Abziehvorrichtung für Riemenscheiben.

Schrauben, Keile und die übrigen kleinen Teile einer Maschine werden nach vollzogenem Abbau zweckmäßig in ein schließbares Kästchen untergebracht und die Zugehörigkeit dieser Teile durch Aufschrift kenntlich gemacht. Durch diese Vorsicht erspart man später viel Zeit, Arbeit und Geld.

Das Abziehen der Riemenscheiben und Kupplungen geschieht am schnellsten und sichersten mit einer Abziehvorrichtung (Fig. 8).

Eine derartige Vorrichtung ist gar nicht genug zu empfehlen. Sie ist ohne jede Schwierigkeit herzustellen, kann aber auch fertig bezogen werden. Den Gebrauch dieser Vorrichtung zeigt Fig. 9.

Bei festsitzenden Riemenscheiben usw. ist dies Abziehverfahren jedem anderen unbedingt vorzuziehen. Mit Hammer und Meißel wird viel zu leicht der größtenteils dünne Kranz der Scheibe zerschlagen oder die Ankerwelle verbogen. Auch Brüche der Lagerschilder rücken hierbei in den Bereich der Möglichkeit.

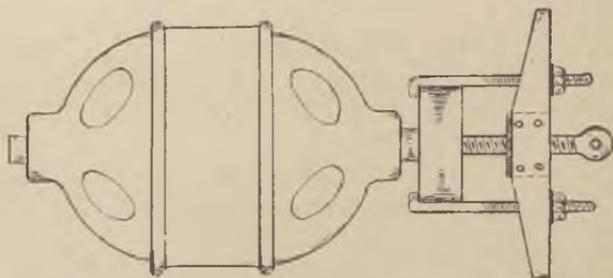


Fig. 9. Gebrauch der Abziehvorrichtung für Riemenscheiben.

Es gehört nicht zur Seltenheit, daß durch unsachgemäßen Abbau einer beschädigten Maschine der Umfang der Reparatur gewaltig vergrößert wird.

Nachdem die Scheibe bzw. Kupplung von der Welle entfernt ist, werden die Schrauben der Lagerschilder oder Lagerböcke herausgeschraubt und sorgfältig in ein Kästchen untergebracht. Die Lagerschilder werden durch Zahlen oder Buchstaben gezeichnet, damit bei dem späteren Zusammenschrauben der Maschine keine Verwechslung derselben vorkommen kann.

Bei Drehstrommotoren, die eine Kurzschluß- und Bürstenabhebevorrichtung besitzen, ist in den meisten Fällen der Abbau dieser Vorrichtungen mit der Abnahme des Lagerschildes an der Schleifringseite des Motors verbunden. Da die Konstruktion der Vorrichtung im Prinzip wohl gleich, in der Arbeitsweise jedoch ganz verschieden ist, so ist vor dem Abbau derselben die mechanische Arbeitsweise eingehend zu studieren. Es wird

hierdurch ein unbeschädigter Abbau gewährleistet und die spätere betriebssichere Montage sichergestellt.

Bei Gleichstrommotoren ist bei der Abnahme des Lagerschildes an der Kollektorseite zu beachten, daß die Verbindungsleitungen zwischen Bürstenhalter und Anschlußklemmen vorher zu lösen sind. Falls hierbei aus irgend einem Grunde die Bürstenbrille voraussichtlich aus ihrer betriebsfertigen Stellung kommen sollte, ist darauf zu achten, daß Markenstriche eingeschlagen werden, falls solche nicht schon vorhanden sind (Fig. 10).

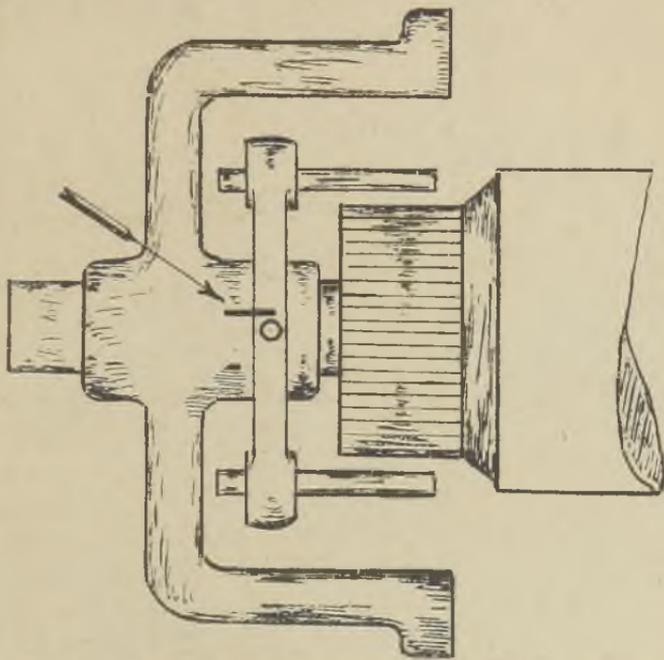
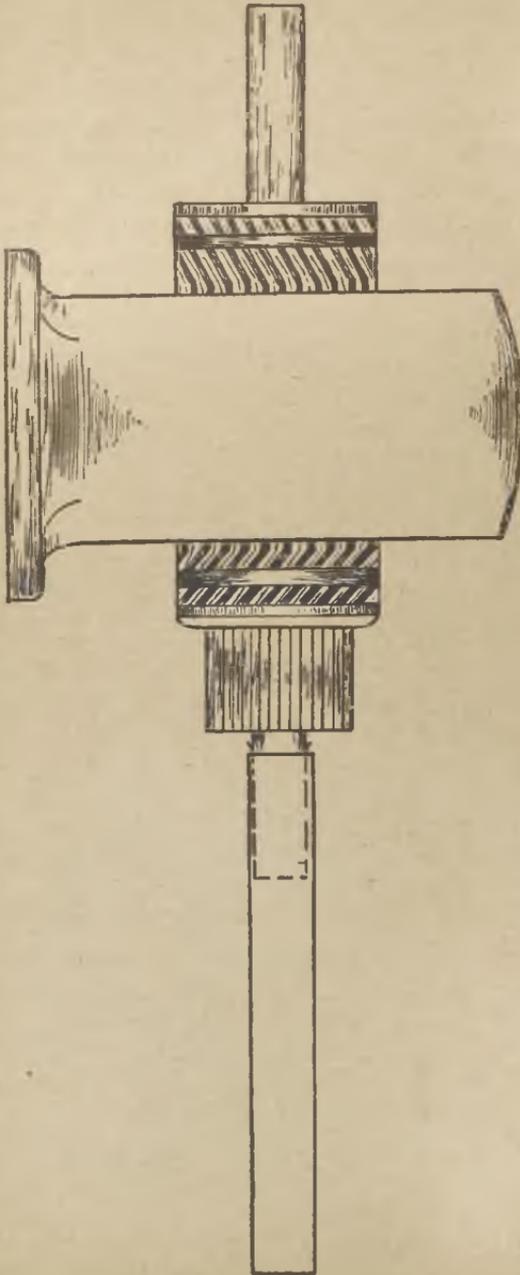


Fig. 10. Lagerschild mit Bürstenbrille und Markenstrich.

Die Fig. 10 zeigt eine Lagerschild mit Bürstenbrille und Markenstrich einer zweipoligen Gleichstrommaschine. Durch diese Maßnahme erübrigt sich später das Einstellen der Bürsten, welches für den Anfänger, ganz besonders bei kleineren Reparaturen außerhalb der Werkstatt, wo es vielfach an geeigneten Meßinstrumenten mangelt, von großer Bedeutung ist. (Siehe auch Teil V.)

Fig. 11. Ausbauen eines Ankers mittels eines auf den Wellenstumpf aufgeschobenen Rohres.



Falls die Ankerwelle an der Riemenscheibenseite keinen verjüngten Wellenstumpf hat, daß also der Durchmesser der Welle an der Lagerstelle und am Wellenstumpf gleich groß ist, muß etwa vorhandener Grat an der Keilnute mit einer Schlichtfeile entfernt werden. Es soll hierdurch eine Beschädigung der Lager vermieden werden. Das Öl ist aus den Ölkammern der Lagerschilder abzulassen.

Nach Abnahme der beiden Lagerschilder wird der Anker aus dem Gehäuse entfernt. Die Lagerstellen werden von Öl befreit und der Wellenstumpf an der Kollektor- bzw. Schleifringseite durch Aufschieben eines Rohres, welches mit einer Preßspanhülle

ausgelegt ist, verlängert (Fig. 11). — Die auf diese Weise hergestellte künstliche Verlängerung der Ankerwelle ermöglicht das Ausbauen des Ankers ohne erheblichen Kraftaufwand und verhindert auch die Beschädigung der empfindlichen Wicklung.

Bei größeren Maschinen muß der Anker mit Hilfe eines Kranes oder Flaschenzuges ausgebaut werden. Es ist hierbei größtenteils genügend geschultes Personal zur Stelle, welches mit derartigen Arbeiten vertraut ist.

Der Anker wird auf Holzböcke in einer Höhe gelagert, die dem Ankerwickler in stehender Haltung bequemes Arbeiten ermöglicht.

Muß der Kollektor oder der Schleifringkopf zwecks der vorzunehmenden Reparatur von der Welle abgezogen werden, so ist hierfür wieder die bereits erwähnte Abziehvorrichtung nach Möglichkeit zu verwenden. Bevor jedoch die Vorrichtung angesetzt wird, müssen die Arretierungsschrauben, die oftmals sehr versteckt sitzen, gelöst werden. Die Arretierungsschraube hat den Zweck, eine Verschiebung des Kollektors bzw. Schleifringkopfes in axialer Richtung zu verhindern. Die

Körnerspitze der Schraube sitzt daher einige Millimeter tief in der Ankerwelle. Die Entfernung derselben ist Grundbedingung für einwandfreien Abbau. Der Sitz der Schraube ist verschiedenartig angeordnet. Bei einigen Fabrikaten fehlt sie gänzlich.

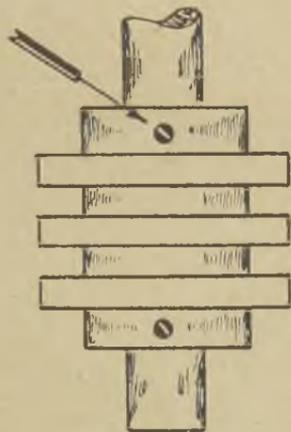


Fig. 13. Schleifringkopf mit verschiedener Anordnung der Arretierungsschrauben.

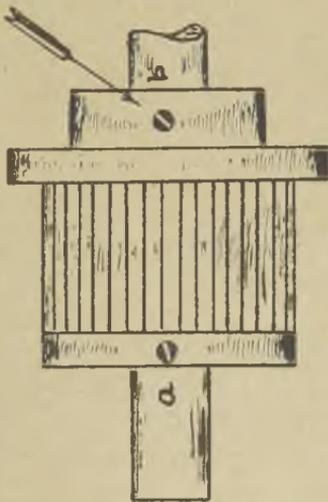


Fig. 12. Kollektor mit verschiedener Anordnung der Arretierungsschrauben.

Fig. 12 und 13 zeigen die Anordnung bei Kollektoren und Schleifringköpfen wie sie im allgemeinen üblich ist.

Ist bei Gleichstrommaschinen die Schraube in Stellung b angeordnet, so ist vielfach die Entfernung der Ankerwicklung notwendig, um die Arretierungsschraube zu lösen und hierauf den Kollektor abziehen zu können.

Läßt sich die Abziehvorrichtung nicht hinter dem Kollektor ansetzen, so empfiehlt es sich, ein Schellband aus Flacheisen (Fig. 14) um den Kollektor zu spannen. Bei besonders festem Sitz ist der ganze Kollektor mit der Lötlampe zu erwärmen.

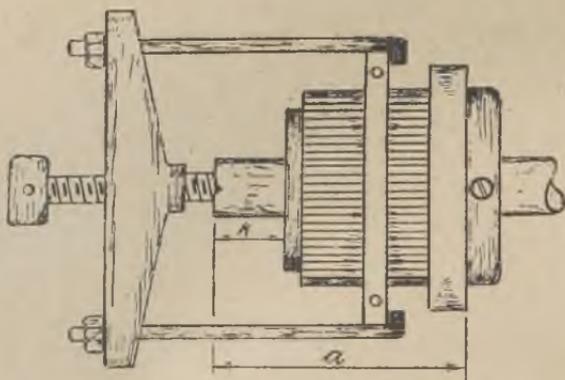


Fig. 14. Abziehen eines Kollektors unter Verwendung der Scheibenabziehvorrichtung.

Vor dem Abziehen des Kollektors sind die Maße  $a$  und  $k$  in Millimeter schriftlich niederzulegen, wenn die Arbeitsstellung des Kollektors auf der Ankerwelle nicht schon durch einen Wellenansatz oder Körnerloch der Arretierungsschraube gekennzeichnet ist. Die Schaltenden der Wicklung werden vor dem Abbau des Kollektors aus den Lamellen mittels LötKolben losgelötet und sorgfältig zurückgebogen.

Die Lage je eines Anfanges und Endes einer Ankerspule im Kollektor ist mittels Körner oder Zahlen zu zeichnen (Fig. 15). Die Zeichen sind so anzubringen, daß auch der Wickelschritt hierdurch gekennzeichnet ist.

Aus diesen Merkmalen ergibt sich später die Schaltung und der Wickelschritt des Ankers von selbst.

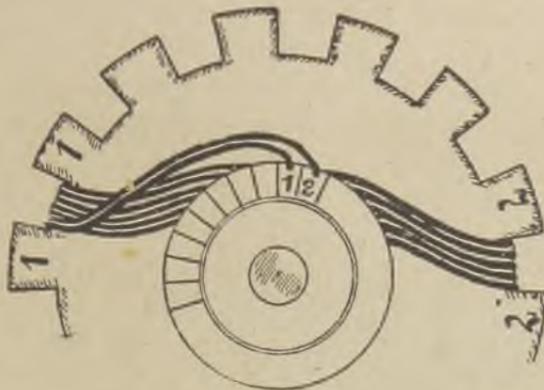


Fig. 15. Festlegung des Wickel- und Schaltungsschrittes durch eingeschlagene Marken.

Falls die Entfernung der Ankerwicklung aus dem Ankerkörper erforderlich ist, sind die Bandagen abzunehmen und hierauf die einzelnen Ankerspulen aus den Nuten zu entfernen.

Bei Stab- und Formspulenwicklung ist hierbei der Gebrauch zweckmäßig geformter Spulenheber zu empfehlen.

Die Spulenheber sind aus Werkzeugstahl gefertigt, die Arbeitsflächen derselben sind sauber poliert und haben keine scharfen Kanten. Fig. 16 und 17 zeigen Spulenheber und den Gebrauch derselben.

Ist eine Beschädigung der Ankerspulen unter allen Umständen zu vermeiden, soll etwa die Wicklung wieder benutzt werden, so muß zwischen Spulenheber und Spule ein Preßspanstreifen zwischengelegt werden.

Sitzen die Spulen besonders fest in den Ankernten, z. B. infolge Platzmangel oder des verwendeten Isolierlackes, so ist

der ganze Ankerkörper im Trockenofen zu erwärmen. Dieses Verfahren findet auch sinngemäß bei Drehstromwicklungen Anwendung.

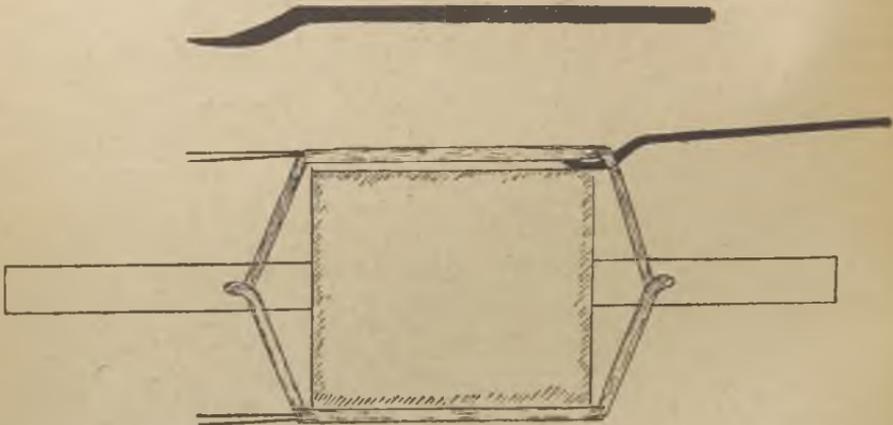


Fig. 16 u. 17. Spulenheber und der Gebrauch desselben bei dem Abbau einer Formspulenwicklung.

Bei Entfernung der Wicklung ist die Drahtstärke und die Windungszahl pro Spule oder Nute festzustellen und schriftlich niederzulegen. Das Gesamtgewicht der Wicklung ist ebenfalls festzustellen und zu buchen.

Bei dem Abbau einer Feldspule\*) ist die Windungsrichtung der Wicklung ob im, oder im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers zu ermitteln und die Schaltweise des Anfanges und Endes der Wicklung festzulegen.

Der Abbau der Drehstrommaschinen erfordert den vorstehenden Ausführungen entsprechende Maßnahmen. Die angeführten Hilfsmittel werden sinngemäß angewandt.

Bei Drehstromläufer mit Stabwicklung ist die Entfernung der Kupferstäbe aus den Nuten vorzugsweise bei durch Lagerbeschädigungen entstandene Wicklungsschäden schwierig. Fig. 18 zeigt eine Vorrichtung von K. Grote, Haspe i. W., die eine mühe-

\*) Siehe Fig. 69.

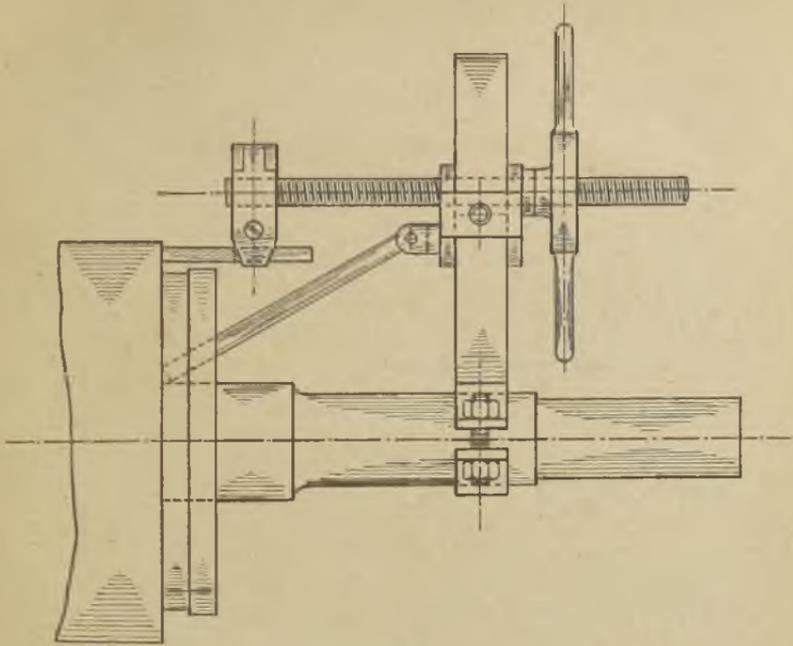


Fig. 18.

Vorrichtung zum Abbau von Stabwicklungen bei Drehstromläufer.

lose, beschleunigte und unbeschädigte Entfernung der Stabwicklung aus den Ankernuten ermöglicht.

## IV. TEIL.

### Die Herstellung von Wicklungen an Gleich- und Drehstrommaschinen in Reparaturwerken.

#### Allgemeines.

Bei der Herstellung von Wicklungen in Reparaturwerken handelt es sich im wesentlichen um die Wiederherstellung einzelner Wicklungselemente oder vollständiger Wicklungen, die nach Art, Form und Umfang der ursprünglichen Wicklung gleich sind. Da es sich im allgemeinen nur um eine Nachbildung der bereits vorhandenen Wicklung handelt, fällt auch mehr oder weniger die konstruktiv technische Berechnung, die beim Neubau elektrischer Maschinen von wesentlicher Bedeutung ist, fort.

Umwicklungen für andere Spannungen und Drehzahlen kommen in den letzten Jahren immer seltener vor. Es handelt sich, wie gesagt, fast ausschließlich um Reparatur und Neuwicklung.

Praktisch betrachtet, besteht zwischen der Herstellung von Wicklungen in Reparaturwerken und in Motorenfabriken grundsätzlich kein Unterschied. Zu beachten wäre nur, daß die Motorenfabriken über vorzüglich durchgearbeitete Maschinen und Hilfsmittel zur Herstellung von Wicklungen verfügen, während man sich in Reparaturwerken auf die gebräuchlichsten Maschinen und Behelfe beschränken muß.

Da die Motorenfabriken nur bestimmte Typen von Maschinen bauen, so ergibt sich hieraus die Möglichkeit, ja sogar die Bedingung, für das Vorhandensein leistungsfähiger Spezialmaschinen, die aber in einem Reparaturwerk fortfallen, da hier die Wick-

lungen sämtlicher Systeme, Stromarten und Spannungen angefertigt werden müssen.

Maschinen zur Herstellung von Wicklungen bestimmter Art und Größe können nur in solchen Reparaturwerken angeschafft werden, die nur ein bestimmtes Fabrikat verarbeiten, z. B. bei Hochbahnen, Straßenbahnen und Hüttenwerken. In den privaten Unternehmungen muß von derartigen Anschaffungen gewöhnlich Abstand genommen werden.

Die nachstehenden Ausführungen über die Herstellung von Wicklungen sind unter Berücksichtigung der vorerwähnten Tatsachen zusammengestellt. Da wo die Spezialmaschinen fehlen, setzt die geübte praktische Hand des Ankerwicklers ein, so daß letzten Endes diese Wicklung der auf Spezialmaschinen hergestellten in keiner Weise nachsteht.

Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß von dem Ankerwickler im Reparaturwerk bedeutend umfangreichere Fachkenntnisse und Erfahrungen verlangt werden, als in Motorenfabriken. Die schablonenmäßige Teilherstellung fällt in Reparaturwerken ganz oder wenigstens teilweise fort. Hier muß der Ankerwickler gegebenenfalls den Spulnmacher, Lötter, Bandageur, Zusammenbauer, Dreher, Schlosser und Prüfmonteur ersetzen. Nur in umfangreichen Unternehmungen lassen sich auch hier diese Arbeiten spezialisieren.

Hauptbedingung bei Neuwicklungen und Reparaturen ist in allen Fällen schnellste Lieferung und unbedingt sicheres Arbeiten der wiederhergestellten Maschine.

Um diese Bedingungen erfüllen zu können, sind in erster Linie geübte tüchtige Arbeitskräfte erforderlich, die neben einer ausreichenden Praxis im allgemeinen Maschinenbau umfassende Kenntnisse und Erfahrungen in der Anfertigung von Wicklungen sämtlicher Systeme, Spannungen und Stromarten besitzen. (Siehe Teil I.)

Außerdem ist ein Lager in den gangbaren Abmessungen von Dynamodrähten und zwar von 0,1 bis 5 mm Durchmesser unbedingt erforderlich. In manchen Fällen ist es auch möglich, gewisse Sorten Profildrähte auf Lager zu halten.

Die Maschinen mit Profildrahtwicklungen werden immer seltener. Der Einfachheit halber wendet man fast ausschließlich Runddraht- und Stabwicklungen an.

In solchen Fällen, wo Anker mit Profildrahtwicklung in ein Reparaturwerk gegeben werden und der Profildraht nicht so schnell wie erforderlich beschafft werden kann, empfiehlt es sich, zur Beschleunigung der Fertigstellung der Reparatur, den Querschnitt des Profildrahtes in Runddraht gleichen oder ähnlichen Querschnittes an Hand von Tabellen umzurechnen. Vorausgesetzt ist hierbei jedoch, daß die Raumverhältnisse und die Form der Ankernuten die Ausführung der Wicklung in Runddraht zulassen. Der für Wicklungen benutzte Draht ist zweimal mit Baumwolle oder Seide umspinnen. Nur einmal mit den gleichen Stoffen umspinnene Drähte sind für Wicklungen ungeeignet.

Sollten beengte Raumverhältnisse in den Ankernuten (z. B. bei Umwicklungen) zur Verwendung von nur einmal umspinnenen Drahtes verleiten und den Gebrauch zweimal umspinnenen Drahtes gänzlich unmöglich machen, so ist der Draht unter allen Umständen vor der Verarbeitung mit gutem Isolierlack zu lackieren. Ganz besonders sorgfältige Behandlung bei der Verarbeitung ist Grundbedingung.

Bei Spannungen über 220 Volt ist unbedingt von der Verwendung nur einmal umspinnenen Drahtes abzuraten.

### Isolationsmaterial.

Als Isoliermaterial bei der Herstellung von Ankerwicklungen kommen nur die besten von den guten Qualitäten in Frage. Rohe und geölte **Preßspäne**, **Ölseide**, **Ölleinen**, **Leinenband**, **Ölleinenband**, **Glimmer**, **Mikanit** und **Fibrè** werden mit gutem Erfolg verwandt. Als Nutenisolation kommt fast ausschließlich **Preßspan** in Verbindung mit **Ölleinen** in Frage. Bei Spannungen bis 220 Volt genügt **Preßspan**. Es ist aber zu empfehlen, die Nutenisolation aus zwei oder drei dünnen Lagen herzustellen. Die Isolation ist in diesem Zustand schmiegsamer und reißt an den Ecken nicht so leicht ein.

Bei Spannungen über 220 Volt ist stets in den Nuten außer Preßspan auch Ölleinen zu verwenden. Im äußersten Falle genügt neben Preßspan eine Einlage von Ölleinen an den Ecken des Ankerkernes, weil an diesen Stellen die Durchschlagsgefahr gegen den Eisenkörper am größten ist.

Formspulen und Ankerstäbe werden mit Leinenband isoliert. Das hier zur Verwendung kommende Band soll nicht zu dick und muß in Breiten von 10—30 mm vorrätig sein.

Lötstellen innerhalb der Wicklungen werden mit Ölband und mit Leinenband isoliert.

Die Verwendung von Glimmer als Ankernutenisolation ist nur gerechtfertigt bei Hochspannungsmaschinen.

Im allgemeinen verwendet man nur für Kollektorisolationen Glimmer und künstliche Glimmergebilde (Mikanit). (Siehe Bau von Kollektoren, Teil IV.)

Bei der Wahl und Anwendung der eben angeführten Isolationsmaterialien ist zu beachten, daß die jeweilig vorhandene Spannung das Maß und die Art der Isolation bestimmt. Es ist vorzugsweise bei Gleichstromankern besondere Sorgfalt auf die Isolation derjenigen Stellen innerhalb der Wicklung zu legen, wo die volle Betriebsspannung zwischen den einzelnen Wicklungselementen auftritt.

### Isolierlack.

Ein äußerst wichtiges Isoliermittel für Wicklungen ist der Isolierlack. Neben der isolierenden Eigenschaft muß ein guter Lack auch biegsam sein. Er darf keine Feuchtigkeit anziehen, muß gegen Wärme widerstandsfähig und gegen den Einfluß von Wasserdämpfen, Säure und Öl in gewissem Grade unempfindlich sein. Die Lösemittel des Lackes dürfen keine fressenden und zerstörend wirkenden Bestandteile enthalten.

Die chemischen Fabriken stellen derartige Lacke ihrem Verwendungszweck entsprechend in lufttrocknender und ofentrocknender Eigenschaft her. Der lufttrocknende Lack kommt im allgemeinen nur als Decklack in Frage. Als Verflüssigungsmittel verwendet man hierbei vielfach Spiritus und Benzin, und

zwar mit solchem Gehalt, daß der Lack fast unmittelbar nach dem Auftragen trocknet. Der ofentrocknende Lack verdunstet seine Verflüssigungsmittel in der erwünschten Zeit nur bei einer bestimmten Temperatur (50—100°). Im flüssigen Zustande haben beide Arten eine mehr oder weniger große Leitfähigkeit, die aber bei dem Verdunsten der Verflüssigungsmittel verschwindet.

Es erhellt aus dieser Tatsache, daß sämtliche Lacke nur in trockenem Zustande ihre isolierende Eigenschaft besitzen und daher eine lackierte Wicklung nur in vollständig trockenem Zustande in Betrieb genommen werden darf.

Vor dem Auftragen des Isolierlackes muß die Wicklung erwärmt werden. Die Erwärmung soll ca. 100° betragen und einerseits den Zweck haben, das in der Wicklung etwa vorhandene Wasser zum Verdunsten zu bringen, andererseits soll durch die Wärme der aufgetragene Lack in das Innere der Wicklung eingesogen und der Trocknungsprozeß beschleunigt werden.

Das Lackieren der Wicklung im kalten Zustande hat neben anderen folgerichtigen Erscheinungen den Nachteil, daß beim Auftragen des Lacks unter ihm mit Luft gefüllte Räume verbleiben, die sich bei späterer Erwärmung der Wicklung durch Ausdehnung der Luft vergrößern wollen und hierbei die Lack-schicht zersprengen.

Die Färbung der Isolierlacke ist für deren Güte nicht ausschlaggebend. Je nach der Wahl und dem Verwendungszweck werden farblose, gelbe, gelbbraune und schwarze Lacke geliefert.

Geeignete Trockenöfen für Wickeleien werden in verschiedenen Größen gebrauchsfertig angeboten.

### Die Anfertigung von Gleichstrom-Ankerwicklungen.

Die Herstellung von Wicklungen an Gleichstromankern erfordert im allgemeinen mehr Geschicklichkeit als die Herstellung von Drehstromwicklungen. Die Ausführung dieser Wicklungen ist sehr mannigfaltig, sie werden ohne jede Vorrichtung nur von

Hand oder mittels geeigneter Vorrichtungen und Hilfsmittel als Formspulen oder Stabwicklung hergestellt.

Die **Handwicklungen** kommen heute fast nur noch bei zwei-poligen Maschinen in Frage. Für mehr als zwei Pole werden die Wicklungen fast stets in Formspulen der Stabwicklungen ausgeführt.

Die Wirkungsweise dieser drei Wicklungsarten ist prinzipiell gleich. Es kann also eine vorhandene Handwicklung durch Formspulenwicklung ersetzt werden und umgekehrt. Vorausgesetzt, daß die Konstruktion des Ankers hierbei keine Schwierigkeiten bereitet.

Grundsätzliche Bedingung für das einwandfreie Arbeiten einer Ankerwicklung ist die technisch richtige Ausführung derselben.

Um diesen Begriff verständlich zu machen sei erwähnt: Jede elektrische Maschine besitzt die beiden Hauptteile: Anker und Magnetsystem. In dem Anker findet die Umsetzung der Energie statt und zwar wird bei einer Dynamo mechanische Energie in elektrische und umgekehrt bei einem Motor elektrische in mechanische Energie umgewandelt.

Die Umwandlung der Energie findet dadurch statt, daß in den Drähten der Ankerwicklung eine elektromotorische Kraft erzeugt wird.

Bei Gleichstrommaschinen geschieht dies durch Drehung des Ankers bei stillstehendem Feld. Bei Dreh- und Wechselstrommaschinen durch Drehung des Magnetfeldes bei stillstehendem Anker.

Die Größe der in einem Anker erzeugten elektromotorischen Kraft ist abhängig von der Feldstärke, der Anzahl der Ankerwindungen und der Umdrehungen des Ankers, sowie von der Schaltung der einzelnen Ankerdrähte.

Soll eine elektrische Maschine für eine bestimmte Leistung berechnet werden, so muß der Konstrukteur für die eben angeführten Einzelheiten bestimmte Zahlen ermitteln.

Die einzelnen Ankerspulen erhalten somit eine bestimmte Windungszahl, der Ankerdraht einen bestimmten Querschnitt,

die Wicklung eine bestimmte Schaltung usw. Wird nun bei einer Reparatur eine dieser Größen verändert, z. B. wird ein kleinerer Querschnitt des Ankerdrahtes gewählt, so ändert sich folgerichtig auch die Leistung der Maschine. Erhält der Anker weniger Drahtwindungen, so erhöht sich bei einem Motor die Umdrehungszahl. Bei einer Dynamo wird bei gleicher Umdrehungszahl des Ankers nicht mehr die erforderliche Spannung erreicht. Wird das Feld geschwächt, macht der Anker des Motors höhere Touren, wird es verstärkt, läuft der Motor langsamer.

Durch Änderung der Schaltung einer Ankerwicklung kann die Leistung der Maschine erheblich vermindert oder erhöht werden.

Der Ankerwickler in einem Reparaturwerk hat daher besonderen Wert auf die Aufzeichnung der Wicklungsdaten zu legen, damit nach vollzogener Reparatur die Leistung der Maschine der ursprünglichen Leistung entspricht.

Es ist festzustellen:

- |  |                  |
|--|------------------|
| 1. Schaltung der Ankerwicklung                             | } siehe Fig. 15. |
| 2. Wickelschritt der Ankerwicklung                         |                  |
| 3. Anzahl der Ankerspulen.                                 |                  |
| 4. Anzahl der Windungen einer Ankerspule.                  |                  |
| 5. Drahtstärke ohne und mit Isolation.                     |                  |
| 6. Gesamtgewicht der Wicklung.                             |                  |
| 7. Stellung der Bürsten (siehe Fig. 19 und 20).            |                  |
| 8. Anzahl der Windungen einer Feldspule.                   |                  |
| 9. Gewicht einer Feldspule.                                |                  |
| 10. Drahtstärke einer Feldspule.                           |                  |
| 11. Schaltung der Feldspulen (siehe auch unter Demontage). |                  |

Auf Grund dieser Aufzeichnungen ist die ordnungsmäßige Wiederherstellung der Wicklungen für allgemeine Fälle gewährleistet.

### Schaltungen.

Innerhalb einer Ankerwicklung sind die einzelnen Wicklungselemente (Spulen) hintereinander oder parallel geschaltet. Die Art jeder Schaltung ist bei der Vorausberechnung einer Gleich-

strommaschine, wie schon bemerkt, festgelegt. Die Verlegung der einzelnen Schaltenden von der Ankernute bis zur Kollektorlamelle betrachtet, entspricht der Art der gewählten Schaltung und der Stellung der Bürsten auf dem Kollektor. Mit hin kann unter Beibehalt des Charakters einer Schaltung die Verlegung der Schaltenden geändert werden, wenn die Bürstenbrille eine entsprechende Verschiebung der Bürsten auf den Umfang des Kollektors ermöglicht.

Als Grundsatz für die Stellung der Bürsten gilt: Die Bürsten dürfen nur mit solchen Ankerspulen in Verbindung stehen, die sich jeweils zwischen den Polschuhen der Feldkerne (in der neutralen Zone) befinden.

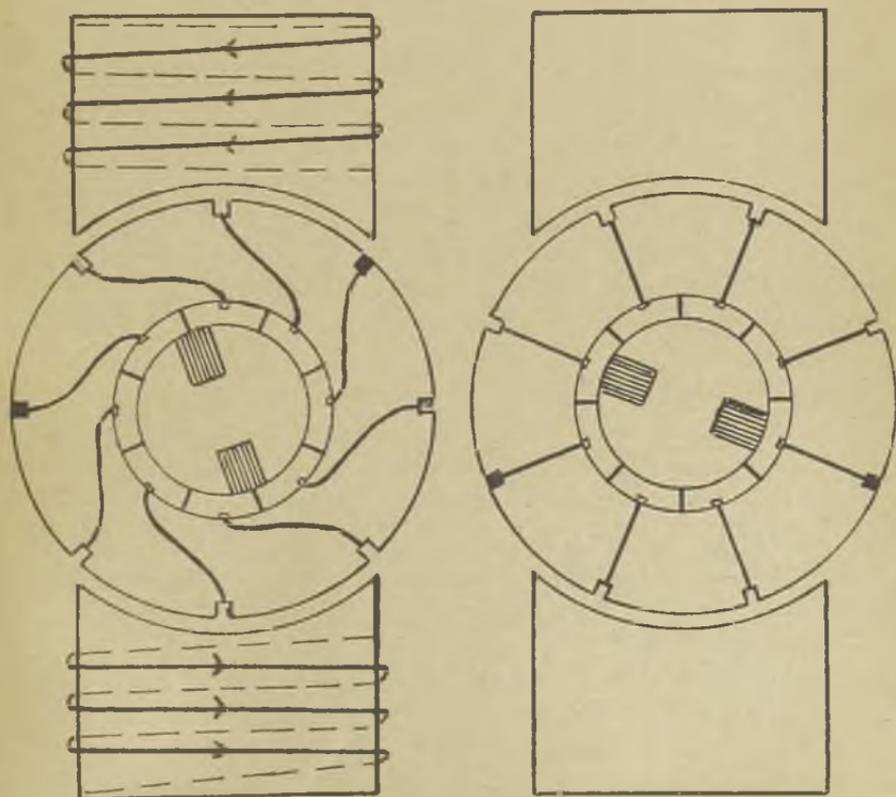


Fig. 19 u. 20. Die Stellung der Bürsten bei Gleichstrommaschinen.

In den Fig. 19 und 20 sind zweipolige Gleichstrommaschinen schematisch dargestellt. Beide Maschinen haben die gleiche Leistung, d. h. die Wicklungen haben dieselbe Windungszahl, den gleichen Querschnitt usw., auch die Art der Schaltung ist absolut dieselbe. Die Schaltenden der Wicklung sind aber ganz verschieden, von der Ankernute bis zur Kollektorlamelle betrachtet, verlegt. Dieser Verlegung entsprechend ändert sich auch die Stellung der Bürsten, so daß dem Prinzip der Schaltung in beiden Fällen entsprochen ist. Betrachtet man die Skizze und denkt sich die umlaufende Bewegung des Ankers hinzu, so ist zu ersehen, daß nur immer solche Spulen mit den Bürsten in Verbindung stehen, die sich zwischen den Polschuhen der Feldkerne (siehe Fig. 19 und 20) befinden. Nur wenn dieser Bedingung entsprochen ist, arbeitet die Maschine funkenfrei und hat die bei der Berechnung zu Grunde gelegte Leistung.

Die Verlegung der Schaltenden muß vorzugsweise bei Maschinen mit unverschiebbaren Bürsten genau beachtet werden. Als Hilfsmittel für unbedingte Erfüllung dieser Forderung dient Fig. 15. Vorausgesetzt muß allerdings auch hier werden, daß die Wicklung vor Eintritt der Störung, die die Reparatur bedingte, technisch richtig geschaltet war (siehe Teil V). Um dies festzustellen empfiehlt es sich, die Verlegung der Schaltdrähte entsprechend der Stellung der Bürsten, vor dem Abbau zu untersuchen.

Nach Art der Schaltungen für Gleichstromanker unterscheidet man **Parallel-, Reihen- und Reihenparallelschaltungen**.

Die Bezeichnung dieser Schaltungen entspricht der Art der jeweils vorliegenden Ankerwicklung. Fig. 21 zeigt die gebräuchlichste Schaltung bei zweipoligen Ankern. Die Wicklung ist eine Parallel- oder Schleifenwicklung und verläuft von Lamelle 1 durch Nute 1 und Nute 10 nach Lamelle 2, von Lamelle 2 durch Nute 2 und 11 zur Lamelle 3 und so fort (siehe Tafel Parallelwicklung). Die Stellung der Bürsten auf dem Kollektor muß in diesem Falle wie in Fig. 19 sein. Die Entfernung zwischen Nute 1 und 10 ist der Wickelschritt.

Für mehr als zweipolige Maschinen kommen die **Reihen-** oder

Serienschaltungen in Frage. Der Verlauf einer Reihenschaltung ist in Fig. 22 angegeben.

Von Lamelle 1 beginnend verläuft die Wicklung durch Nute 1 und 13 zur Lamelle 31. Von Lamelle 31 ab ist die eingezeichnete Spule mit derjenigen Spule in der Ankerwicklung verbunden, die entsprechend der Polzahl der Maschine unter dem gleichnamigen Felde liegt (siehe Tafel Reihenschaltung).

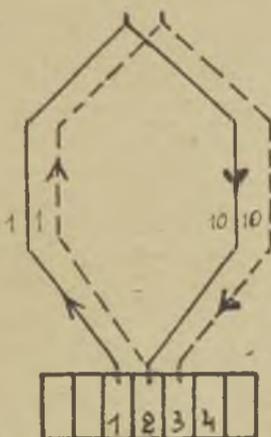


Fig. 21. Parallelschaltung einer Gleichstrom-Ankerwicklung.

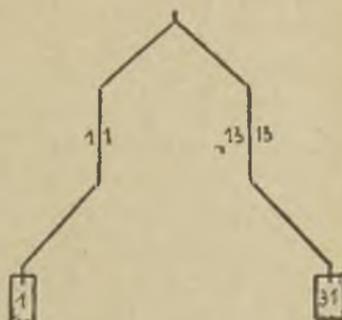


Fig. 22. Reihenschaltung einer Gleichstrom-Ankerwicklung.

Die Reihenparallelschaltung ist auch stets Reihenschaltung. Die Wicklung ist jedoch so geschaltet, daß zwei oder mehrere voneinander getrennte Stromkreise entstehen, die durch die Bürsten parallel geschaltet werden. Die schematische Darstellung entspricht der Fig. 22.

Reihenparallelschaltungen werden nur selten und zwar nur bei Maschinen mit hohen Stromstärken angewandt.

Die wenigen Worte über die Bezeichnungen und die Art der Schaltungen mögen dem Ankerwickler als kurze Information dienen.

Es handelt sich ja auch beim Schalten der fertiggestellten Wicklungen um eine Nachbildung der ursprünglichen

Schaltung, deren technische Richtigkeit im allgemeinen als selbstverständlich angesehen werden kann. In zweifelhaften Fällen ist ein Schaltungsschema bei dem Fabrikanten der Maschine einzufordern, bzw. die Wicklung ist nach den Angaben des Leistungsschildes von einem Ingenieur nachzurechnen und die wirklichen Daten hierdurch zu ermitteln.

### Handwicklungen.

Die vorzugsweise bei zweipoligen Maschinen vorkommenden Handwicklungen zeigen die Fig. 23, 24 und 25. Bei der Ausführung Fig. 23 sind vier Spulen eingezeichnet. Der Wickelschritt ist 1 : 6. Da bei dieser Art von Wicklung sich je zwei Spulenpaare auf den Stirnseiten des Ankers überkreuzen, so ist an diesen Stellen eine der Betriebsspannung des Ankers entsprechende Isolation zwischenzufügen (Fig. 23).

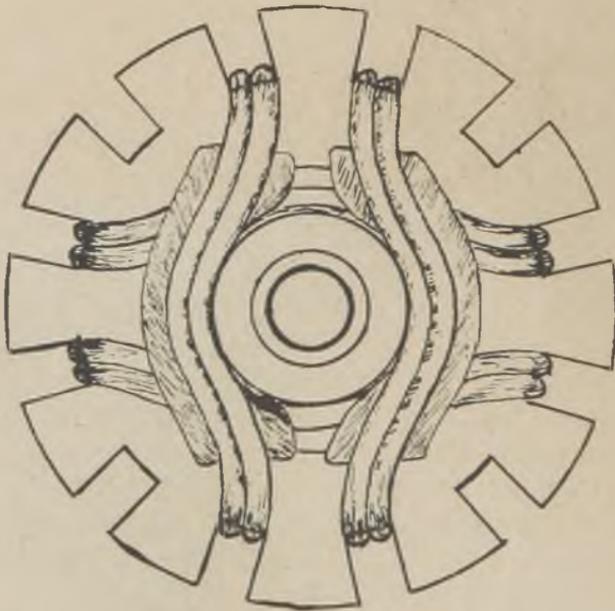


Fig. 23. Anordnung der Spulen auf den Stirnflächen eines Gleichstromankers mit Handwicklung.

Die Wicklung hat dieselbe Wirkung, als diejenigen der in Fig. 24 und 25 dargestellten. Es kann also jede der drei Wicklungsarten ohne die Wirkungsweise der Maschine wesentlich zu beeinflussen zur Anwendung gebracht werden.

Bei der Ausführung von Handwicklungen ist Bedacht darauf zu nehmen, welche der drei angeführten Arten am leichtesten

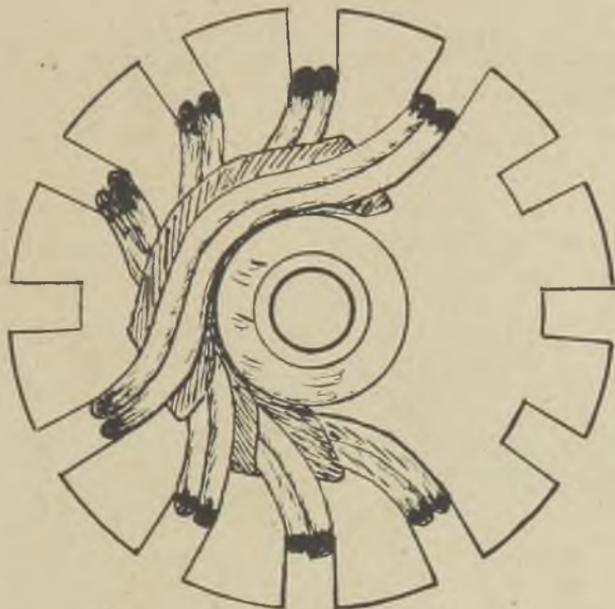


Fig. 24. Anordnung der Spulen auf den Stirnflächen eines Gleichstromankers mit Handwicklung.

und schnellsten so herzustellen ist, daß die Wicklungsköpfe auf den Stirnflächen des Ankers eine gleichmäßige Form erhalten und der vorhandene Platz am besten ausgenutzt ist.

Hat der Anker verhältnismäßig große Stirnflächen und sind die zwischen zwei Nuten liegenden Zähne breiter als die Nuten, so ist die Wicklungsart Fig. 24 stets zu empfehlen.

Die Wicklung hat den Vorteil, daß die Isolation zwischen jeder Spule auf den Stirnflächen nur aus dünnem Papier zu bestehen braucht, da zwischen je zwei Spulen nicht die Betriebs-

spannung, sondern nur ein Bruchteil derselben auftritt. Außerdem können die Spulen fortlaufend eingewickelt werden, so daß nach fertig gestellter Wicklung sämtliche Spulen bereits hintereinandergeschaltet sind.

Dieser letzte Vorteil fällt bei der Art Fig. 25 jedoch wieder fort.

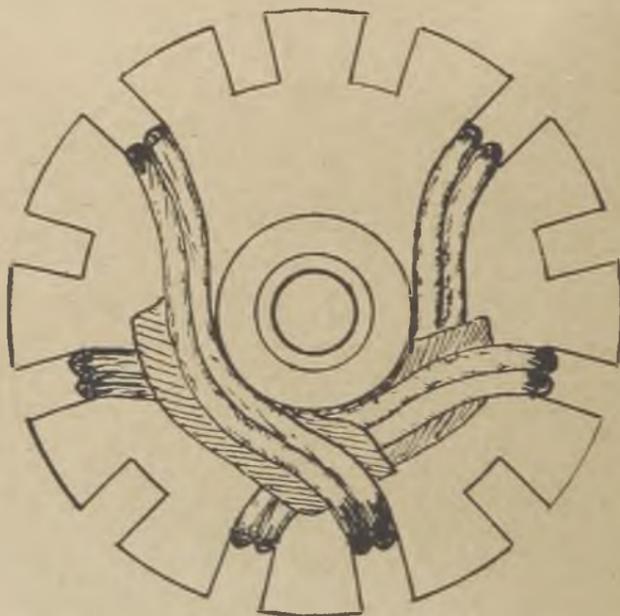


Fig. 25. Anordnung der Spulen auf den Stirnflächen eines Gleichstromankers mit Handwicklung.

Hier ist beim Wickeln jedesmal eine Nute im Anker überschlagen, so daß jede Spule nach dem Einwickeln abgeschnitten werden muß. Nach Fertigstellung der Wicklung müssen die Spulen hintereinandergeschaltet werden. Diese letzte Art wird vornehmlich da angewandt, wo begrenzte Raumverhältnisse die Herstellung eines gleichmäßigen Wickelkopfes behindern. Die Isolationen zwischen den Spulen müssen auch hier wieder entsprechend der Betriebsspannung gewählt werden, da sich Spulen, die volle Spannung führen, kreuzen.

Bei den Arten Fig. 23 und 25 empfiehlt es sich, die Anfänge und Enden jeder Spule mit Farbstifte zu bezeichnen um spätere Schaltfehler zu verhindern. Das Ende einer Spule ist mit dem Anfang der nächstliegenden Spule zu verbinden usw., wie in Tafel: „Schleifenwicklung“ ersichtlich gemacht ist.

Die praktische Arbeit ist bei den drei angeführten Wicklungsarten gleich.

Die Nuten des Ankers werden durch Preßspan oder auch durch Ölleinen isoliert, ebenso werden Preßspanscheiben so auf die Stirnflächen des Ankers gelegt, daß eine metallische Berührung der Wicklung mit dem Eisenkörper des Ankers ausgeschlossen ist.

Derjenige Teil der Ankerwelle, der als Wicklungsträger benutzt wird, muß ebenfalls durch Preßspan und Leinenband isoliert werden.

Der **Wicklungsschritt** bei zweipoligen Maschinen ist im allgemeinen: Nutenzahl geteilt durch Polzahl. Hat ein Anker also 40 Nuten, so ist der Wicklungsschritt  $40 : 2 = 20$ , also  $1 : 20$ . Nach Fig. 15 verfahren ist eine Ausrechnung des Wickelschrittes überflüssig.

Nach sorgfältiger Isolation des Ankerkörpers und Feststellung des Wickelschrittes kann mit dem Wickeln begonnen werden.

Nach Art Fig. 24 würde z. B. folgendermaßen verfahren werden. Der isolierte Ankerkörper liegt auf Holzböcke so hoch, daß der Ankerwickler in stehender Haltung arbeiten kann. Die Kollektorseite zeigt stets nach links. Vorwärts des Ankers befindet sich auf einer leicht drehbaren Haspel der Wickeldraht (Fig. 26).

Der Anfang ist 2—3 cm länger gewählt, als voraussichtlich erforderlich ist und mit Glanzgarnstrumpf überzogen. Im Sinne des Uhrzeigers (nach Rechts) wird jede einzelne Windung sorgfältig in die Ankernute untergebracht. Ist die erforderliche Windungszahl eingewickelt, wird das Ende der Spule vor die nächstliegende Ankernute (vorwärts) gelegt, die Länge A abgemessen, der Draht zu einer Schlaufe gebogen und in die leere

Nute zurückgeführt. Die auf diese Weise (siehe Fig. 27) zusammengebrachten Drähte werden mit einer Flachzange so zusammengedrückt, daß ein Glanzgarnstrumpf (Hohlschlauch aus Baumwolle) übergezogen werden kann.

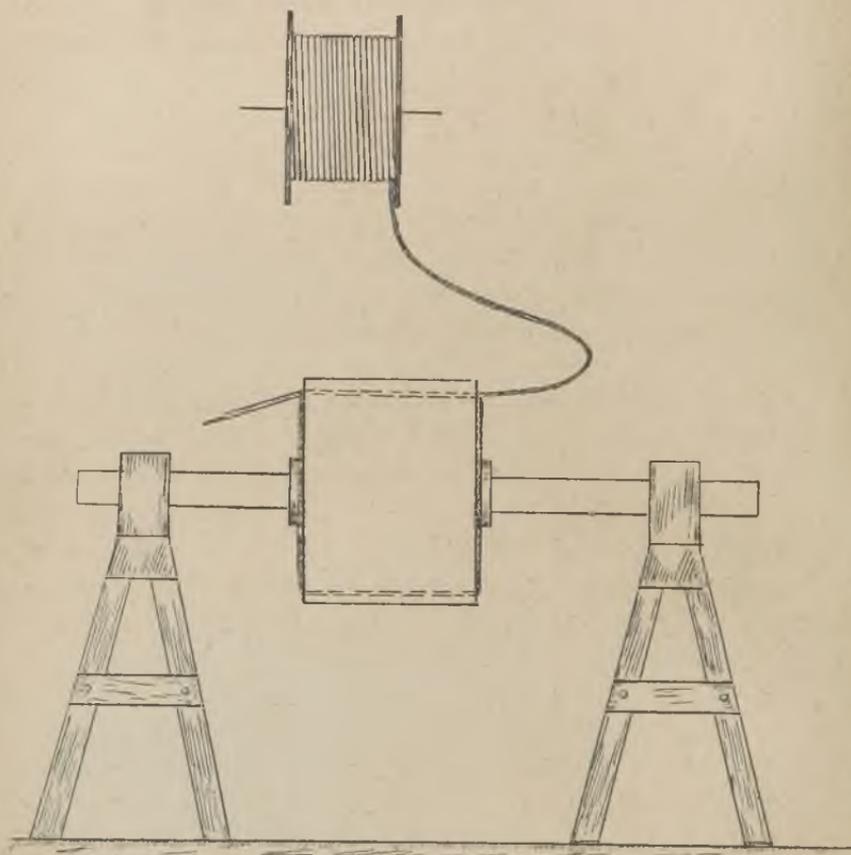


Fig. 26. Auf Holzböcke gelagerter Gleichstromanker mit vorwärts angeordneter Drahtspule.

Nun wird die zweite Spule, wie aus Fig. 24 ersichtlich, eingewickelt und so fort bis sämtliche Nuten vollgewickelt sind. Da in jeder Nute zwei Spulenhälften liegen, — (gewissermaßen eine obere und eine untere Lage) — so ist zwischen den beiden Lagen gute Isolation und zwar in den Nuten Preßspanstreifen,

außerhalb der Nuten möglichst Nessel oder Ölleinen einzufügen. Zwischen den beiden Lagen besteht volle Betriebsspannung.

Nach Fertigstellung der Wicklung werden die mit Glanzgarnstrümpfen überzogenen Schaltenden gerade gerichtet, alsdann der Anker so gedreht, daß der Wickler vor dem Kollektor steht.

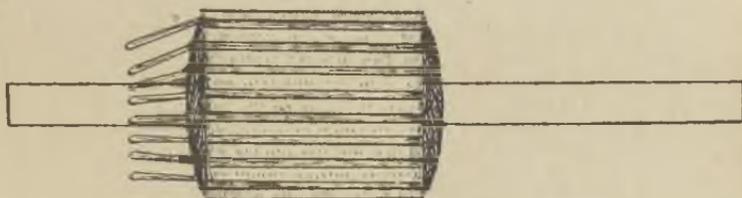


Fig. 27. Fertig gewickelter Gleichstromanker mit Hohlrohr überzogenen Schaltenden.

Um den Schaltdrähten eine gleichmäßige Lage zu geben, ist der Raum zwischen Anker und Kollektor durch einen Preßspanstreifen auszukleiden. Auf dem kegelförmig geschnittenen Preßspanstreifen werden dann die Schaltenden so gelagert, daß dieselben einerseits von der Wicklung isoliert liegen und andererseits die Schaltung zentriert auf dem Anker untergebracht ist.

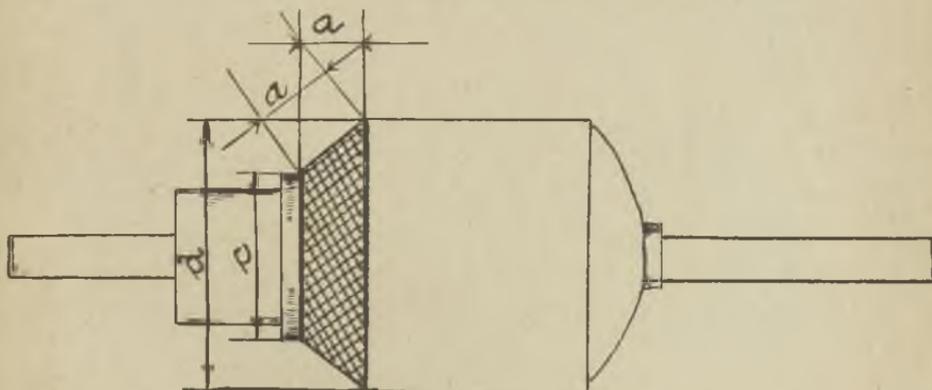


Fig. 28. Das Abgreifen der Maße für den Ausschnitt eines Preßspanstreifens als Schaltunterlage.

Um den erforderlichen Preßspanstreifen sofort in der gewünschten Form zu erhalten, sei nachstehend ein Verfahren angegeben:

In Fig. 28 ist der zu bedeckende Teil schraffiert gezeichnet und durch die Abmessungen  $a$ ,  $b$  und  $c$  gekennzeichnet. Diese Masse werden dem fertiggewickelten Anker mittels Tasterzirkel entnommen und auf einer Preßpantafel aufgetragen (Fig. 29).

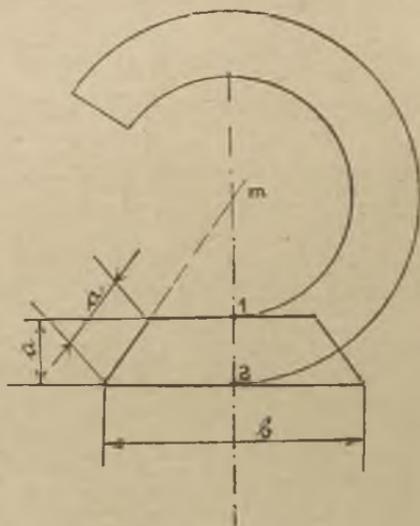


Fig. 29. Das Aufzeichnen der aus Fig. 28 entnommenen Maße auf eine Preßpantafel.

Alsdann werden die Seiten des so aufgezeichneten abgestumpften Kegels mit einem Lineal soweit verlängert, daß ein Schnittpunkt mit der senkrechten Mittellinie erreicht wird. In diesem Schnittpunkt „m“ wird ein Zirkel eingesetzt und um die Punkte 1 und 2 Kreisbogen geschlagen. Die durch die Kreisbogen begrenzte Fläche wird ausgeschnitten und ist dann sofort zu verwenden.

### Überschlagwicklungen.

Die Überschlagwicklung ist auch Handwicklung. Sie unterscheidet sich von den bisher genannten Wicklungen dadurch, daß die Ankerdrähte nicht auf den Stirnflächen des Ankers, sondern auf einen Wicklungsträger wie dies bei Mantelwicklungen üblich ist, angeordnet sind.

Diese Wicklungsart hat den Vorteil, daß die Arbeit, die bei der Herstellung der Formspulen aufgewendet wird, wegfällt. Andererseits tritt der Nachteil hervor, daß bei Beschädigung einer Ankerspule die ganze Wicklung unbrauchbar ist, da einzelne Spulen nicht ersetzt werden können. Auch läßt sich die Wicklung nur bei solchen Ankern verwenden, deren Windungszahl pro Spule nicht zu hoch (also etwa 2—4 Wdg.) ist.

Die praktische Arbeit bei der Herstellung der Wicklung ist etwa folgende:

Die erforderliche Drahtzahl wird unter Zugabe von 10—15 cm in Spulenlänge abgeschnitten. Auf den Wellenenden des Ankers werden zur Verlängerung mit Preßspan ausgelegte Rohre aufgeschoben und der Anker auf Böcke gelagert.



Fig. 29a. Gleichstromanker mit Überschlagwicklung.

Alsdann werden der Reihe nach sämtliche Spulen in die mit Isolation ausgelegten Ankernten eingelegt, die Anfänge in den Kollektor eingestemmt und die freiliegenden Enden an dem aufgeschobenen Gasrohr befestigt.

Die Verlegung der Anfänge (Schaltenden) entspricht der Stellung der Bürsten (Figg. 19 und 20) und der Wicklungsart (Parallel- oder Reihenwicklung).

Sind sämtliche Drähte dem halben Wickelschritt entsprechend gebogen auf dem Spulenträger untergebracht, so wird die ganze

Drahtlage mit Leinenband bewickelt und die freiliegenden Drahtenden dem halben Wickelschritt entsprechend übergeklappt und gebogen. Nach Biegung eines jeden Drahtes wird derselbe in die entsprechende Nute gelegt und gleichzeitig dann auf der anderen Ankerseite dem halben Wicklungsschritt entsprechend gebogen.

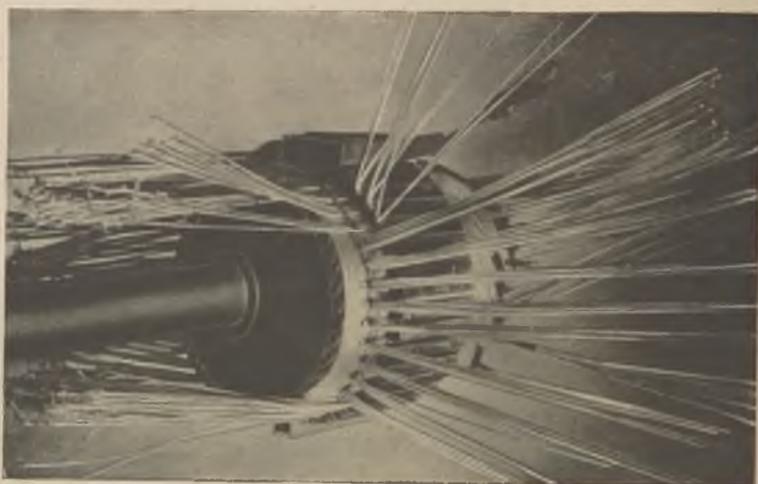


Fig. 29 b. Gleichstromanker mit Überschlagwicklung.

Sind auch hier wiederum sämtliche Drähte untergebracht, so wird die ganze Drahtlage wieder mit Leinenband umwickelt und der Überschlag wie schon erwähnt hergestellt. Die Enden werden nach fertiggestellter Wicklung dem Kollektorschritt entsprechend in den Kollektor eingestemmt.

Bei der Wickelarbeit kann man auch den Kollektor von der Ankerwelle entfernen und die Schaltung nach fertiggestellter Wicklung herstellen.

Für jede Windung einer Spule entsteht eine Drahtlage (Etagé). Um diese Drahtlagen zu verdecken, kann man bei Beginn der Wickelarbeit die Spule anfänge eine Überschlaglänge an der dem Kollektor entgegengesetzten Seite überstehen lassen und diesen Überschlag zuletzt, d. h. nach Fertigstellung der übrigen Etagen, durchführen. In den Fig. 29 a, b und c ist entsprechend verfahren worden.

Zwischen jeder Etage besteht Betriebsspannung. Es muß also auch in den Nuten zwischen jeder Drahtlage gute Isolation (Preßspan) eingefügt werden.

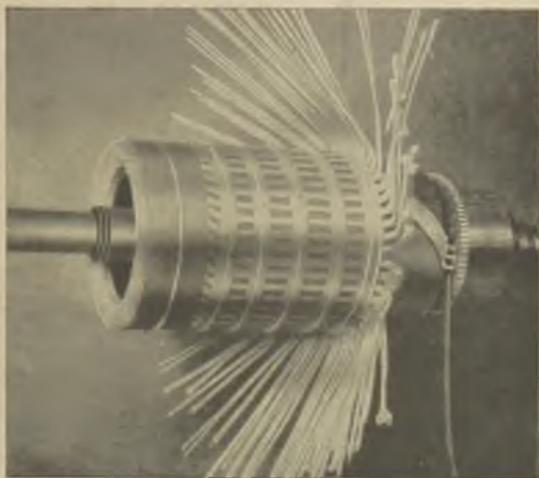


Fig. 29c. Gleichstromanker mit Überschlagwicklung.

Die zu einer Spule gehörenden Drähte können am Wickelkopf mit Leinenband umwickelt werden. Die Wicklung entspricht dann der Darstellung Fig. 29a. Wenn man aus der Überschlagwicklung einer fertige Spule herausnehmen könnte, so würde diese Spule die Form Fig. 32a haben.

Zum Abschneiden der überstehenden Nutenisolation bedient man sich eines Isolationsschneiders Fig. 29a. Dieses Werkzeug ist aus Stahl gefertigt und besitzt an der Schneide einen keilförmigen Einschnitt.

Überschlagwicklungen werden heute von keiner Motorenfabrik mehr hergestellt. Die Vorteile der Formspulenwicklung haben diese Wicklungsart vollständig verdrängt. Nur in Reparaturwerken und auch nur hier in besonderen Fällen, führt man diese Wicklung noch aus.

## Formspulenwicklungen.

### a) Mantelwicklung.

Bei den neueren Gleichstrommaschinen ist die Formspulenwicklung fast ausschließlich angewandt. Ursprünglich hatte man hierbei wohl die Absicht, die Herstellungskosten des Ankers zu verringern. Die Hauptvorteile dieser Wicklungsart sind aber darin zu suchen, daß die Wicklung bei eintretender Störung einzelner Elemente verhältnismäßig leicht wiederhergestellt werden kann. Man darf sich in diesem Punkte allerdings keinen zu großen Hoffnungen hingeben. Wenn nämlich berücksichtigt wird, daß auch bei einer Reparatur derartiger Wicklungen sämtliche Schaltenden aus dem Kollektor ausgelötet und gewöhnlich die Hälfte der Spulen aus den Ankernuten entfernt werden müssen, so ist die Aussicht auf unbeschädigte Entfernung der gesunden, also noch brauchbaren Spulen aus dem Anker, gering. Ist die Wicklung außerdem mit ungeeignetem, hartem Isolierlack lackiert und ist in den Nuten wenig Platz vorhanden gewesen, so ist gänzliche Neuwicklung des Ankers immer das Richtige.

Zu den angeführten Vorzügen gehört weiter die Tatsache, daß die Formspulenwicklung elektrisch besser arbeitet, weil alle Spulen gleich sind, die Isolierung der Spulen bedeutend besser und zuverlässiger ist und die Wicklung besser gelüftet liegt, als die Handwickelung.

Unter Formspulenwicklung im engeren Sinne versteht man die Herstellung der Ankerspulen aus Drähten, welche vor dem Einlegen in die Ankernuten fertig gebogen und isoliert werden.

Für die Herstellung dieser Spulen bedient man sich geeigneter Schablonen aus Holz bzw. Metall oder eigens zu diesem Zwecke konstruierter Spezialmaschinen.

Wie im Anfange des Teils IV schon bemerkt, kommen Spezialmaschinen in Reparaturwerken kaum oder nur bedingt in Frage.

Eine verhältnismäßig praktische und billige Maschine zur Anfertigung von Formspulen in verschiedenen Größen zeigt Fig. 30. Durch Auswechseln bestimmter Teile an dieser Maschine

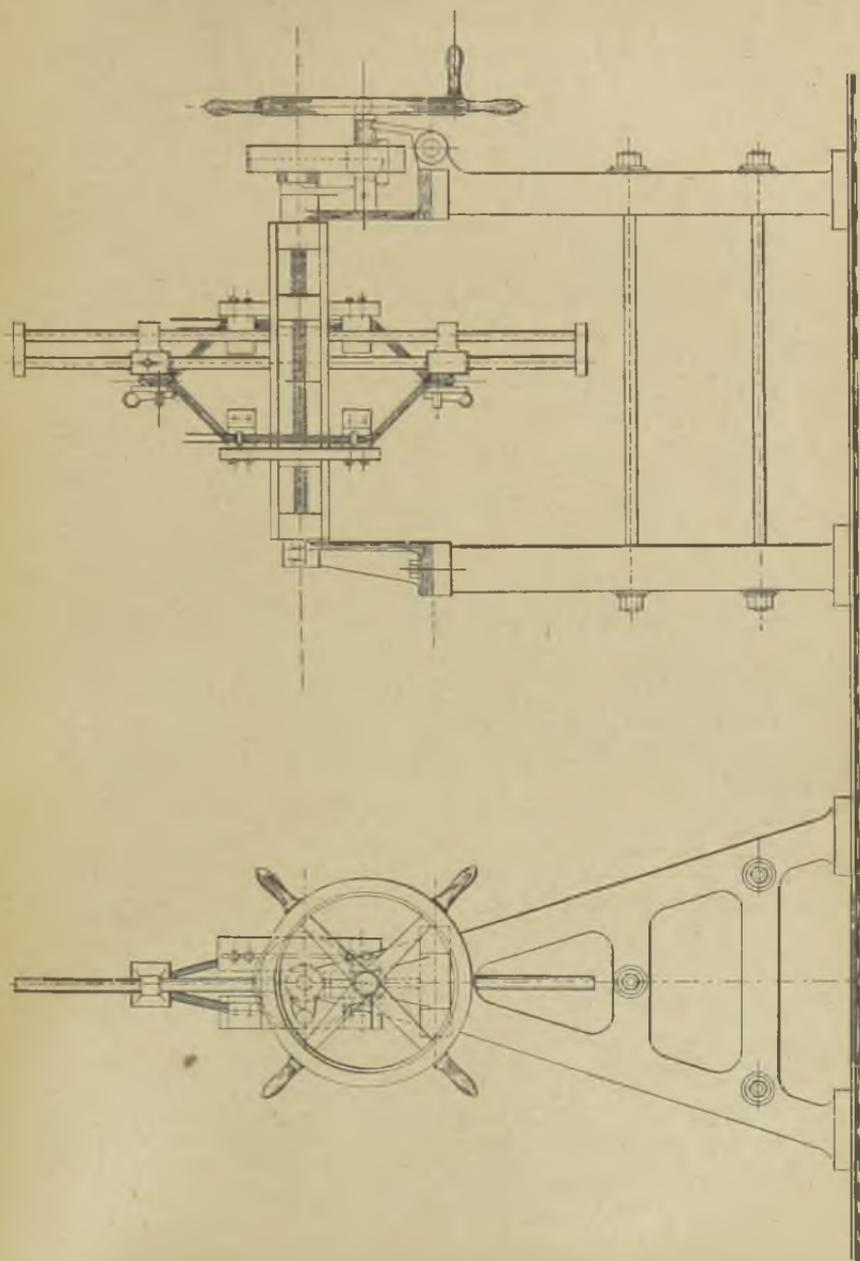


Fig. 30. Ankerspulen-Wickelmaschine.

können verschiedene Größen von Ankerspulen hierauf angefertigt werden. Die Spulen werden zunächst wie auf der Schere (Fig. 31) gewickelt und hierauf durch Betätigung des Handrades dem Wickelschritt entsprechend aufgezogen. Die so entstandenen Spulen haben den Vorzug, alle gleiche Form zu haben.

Durch die vielseitige Verwendung dieser Maschine ist die Anschaffung derselben empfehlenswert. Der Begriff „Spezialmaschinen“ in vorerwähntem Sinne trifft hier nicht zu.

Ist eine derartige Maschine nicht vorhanden, so kommt für die Herstellung bestimmter Formspulen die Holzschablone in Frage. Es ist dies ein altbekanntes, bewährtes und billiges Hilfsmittel, dessen Anfertigung sehr einfach ist. Fig. 31 zeigt ein Holzschablone in zwei Ansichten. Die Seitenteile sind aus trockenem Buchenholz, die Zwischenlage aus Fibrè oder Metall hergestellt. Diese Schablone ist zweiteilig und wird durch zwei Flügelschrauben zusammengehalten (Fig. 31).

Die Einschnitte „E“ müssen reichlich breit und so tief sein, daß bequem Bindedrähte oder Bindfäden unter die fertiggewickelte Spule eingeschoben werden können.

Um bei der Herstellung solcher Schablonen Zeitverluste zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Seitenteile in gehobeltem Zustande für die etwa vorkommenden Größen vorrätig zu halten.

Mit der Zeit sammelt sich der Bestand der Schablonen zu einem Umfang an, der Neuanfertigungen nicht mehr erfordert. Die Seitenteile sind stets für mehrere Spulengrößen durch Vertiefung der Einschnitte zu verwenden. Die Zwischenlagen jedoch ändern sich je nach Spulenbreite und nach den übrigen Abmessungen, die im allgemeinen durch eine Spule von der beschädigten Wicklung gegeben sind.

Um die Maße für die Zwischenlagen zu erhalten, verfähre man zweckmäßig folgendermaßen:

Aus der beschädigten Ankerwicklung wird eine möglichst gut erhaltene Spule sorgfältig entfernt. Die so erhaltene Spule hat die Form  $\alpha$  in Fig. 32. Die Spule ist von oben gesehen gezeichnet und diejenigen Teile, die in den Ankernuten untergebracht sind, sind mit den Buchstaben „s“ und „t“ gekennzeichnet. Der Teil

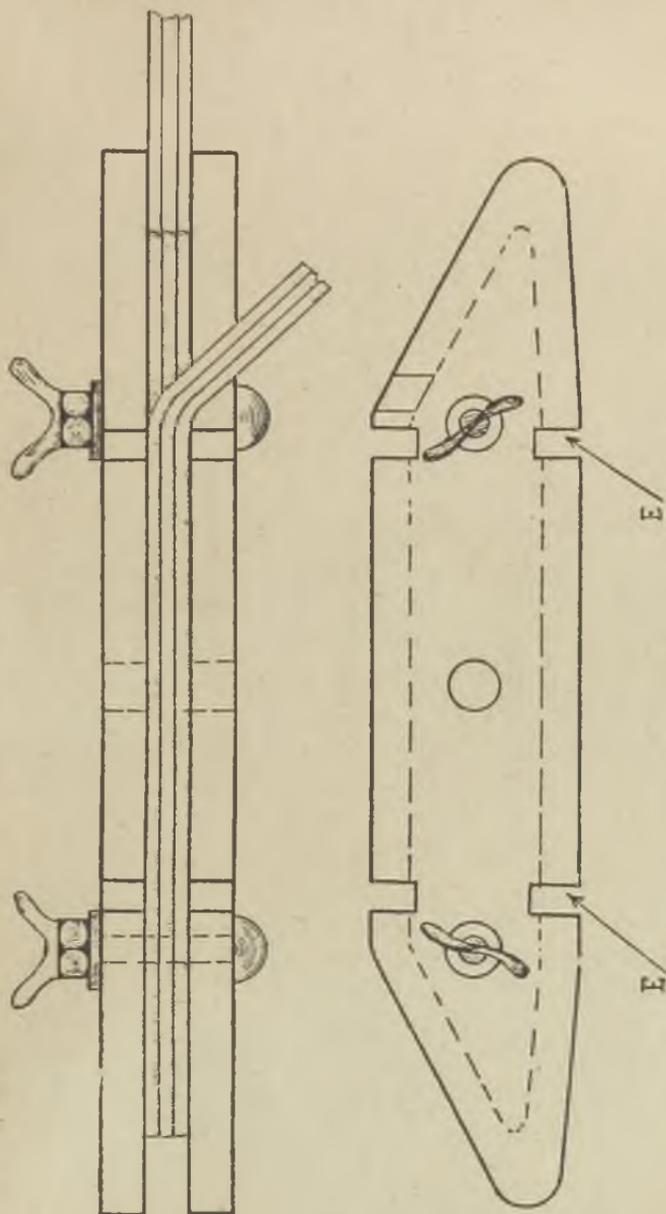


Fig. 31. Zweiteilige Holzschablone zur Anfertigung von Formspulen für Gleichstromanker.

„s“ wird zwischen die Backen eines Schraubstockes gespannt und hierauf der Teil „t“ soweit nach links gedrückt, bis beide Teile übereinander stehen. Hierauf wird die Spule aus dem Schraubstock genommen und auf eine gehobelte Holzfläche mittels Holzhammer so gerichtet, daß Form „b“ in Fig. 32 entsteht. Form „b“ stellt die Spule in der Seitenansicht dar.

Wenn man jetzt die Bandumwicklung entfernen und die Drähte der Spule abwickeln würde, so hätte man die Anfertigung der Spule in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt.

Die Spule bleibt jedoch in Form „b“, sie wird auf einen Preßspanstreifen gelegt und mit Hilfe eines Bleistiftes derjenige Teil nachgezeichnet, der schraffiert in Fig. 32 angedeutet ist.

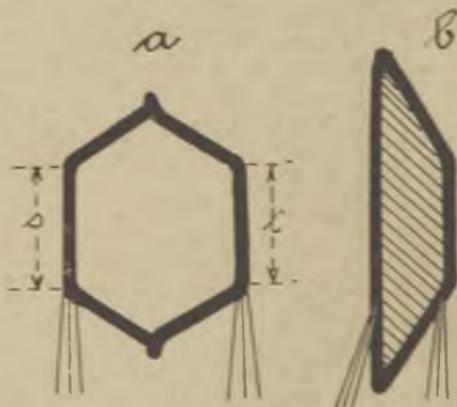


Fig. 32.

Ermittlung der Abmessungen für die Zwischenlage der Holzschablone.

Die so entstandene Figur wird mit Hilfe eines Lineals und Bleistiftes in ihrer Gesamtform verbessert, d. h. die Umgrenzungslinien werden gerade nachgezogen, so daß eine gleichmäßige Figur entsteht. Diese Figur, die der Zwischenlage der Schablone entspricht, wird ausgeschnitten, auf ein gehobeltes Brett aus Hartholz (Fibrè usw.) gelegt und die Form mittels Bleistift oder Reißnadel übertragen. Die Stärke der Zwischenlage richtet sich nach der Anzahl der nebeneinander liegenden Drähte und ist tunlichst mit einem Mikrometer festzustellen.

Nach Bearbeitung der Zwischenlage mit Säge, Raspel, Feile und Glaspapier, werden die in Fig. 31 erkennbaren Löcher eingebohrt. Hierauf wird die Schablone zusammengesetzt und die Einschnitte ausgesägt.

Nach Fertigstellung der Schablone in der vorbeschriebenen Weise, wird dieselbe wieder geöffnet. Die Zwischenlage wird nun mit dünnen Drahtstiften auf ein Seitenteil festgenagelt (vorzugsweise müssen die Ecken fest aufliegen), sodann werden durch Auflegen der Musterspule diejenigen Stellen eingezeichnet, wo die Schaltenden (Anfänge und Enden) aus der Bandumwicklung heraustreten. Diese beiden Stellen werden später auf jede Spule angezeichnet und zwar bevor die Spule aus der Schablone genommen wird. Die so gebrauchsfertige Schablone würde geöffnet der Darstellung in Fig. 33 entsprechen.



Fig. 33. Geöffnete Holzschablone mit eingezeichneten Markenstrichen.

Der Gebrauch der Schablone ist aus Fig. 34 zu ersehen.

Die Schablone wird, wie in der Abbildung gezeichnet, auf einen Gewindedorn geschoben, der an der Werkbank befestigt ist. Zwischen Werkbank und Schablone muß durch Zwischenlage eines Rohrstückes ein Abstand geschaffen werden, durch eine Schraubenmutter mit Unterlegscheibe wird die seitliche Bewegung begrenzt.

Rückwärts der Drehrichtung sind die Drahtspulen je nach Bedarf zu zweien, dreien, vieren usw. angeordnet. Die Anordnung der Drahtspulen sowohl, als auch die Befestigung der Schablone kann beliebig anders gewählt werden, je nach den Platzverhältnissen und den zur Verfügung stehenden Geräten.

Fig. 35 zeigt eine auf die beschriebene Art entstandene Ankerspule in der geöffneten Schablone.

Um der Spule einen Zusammenhalt zu geben, sind durch die

hierfür vorgesehenen Einschnitte dünne Kupferdrähte geschlungen und mit einer Flachzange verdrillt.

Mittels weichen Bleistiftes sind die Markenstriche, die bei Besprechung der Fig. 33 genannt wurden, auf die fertig gewickelte Spule übertragen. Die Schaltenden (Anfänge und Enden) sind durch Glanzgarnstrümpfe besonders gut isoliert.

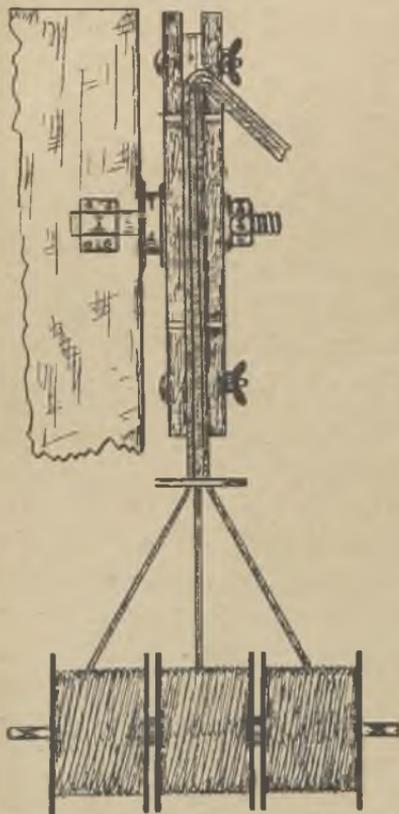


Fig. 34. Der Gebrauch der zweiteiligen Holzschablone mit Anordnung der Drahtrollen.

Die Spule wird in diesem Zustande mittels abgeschärften Fibrèkeiles aus der Schablone entfernt und mit Leinenband umwickelt. Vor der Bandumwicklung die Spulen in Isolierlack zu tränken hat sich in Reparaturwerken nicht einstimmig als zweckmäßig erwiesen, da die Baumwolle der isolierten Drähte bei der weiteren Verarbeitung der Spulen in ungetränktem Zustande, gegen Druck widerstandsfähiger ist.

Bei der Umwicklung der Spulen mit Leinenband ist darauf zu achten, daß die Glanzgarnstrümpfe etwa  $\frac{1}{2}$  cm fest mit eingewickelt werden. Die angezeichneten Markenstriche müssen hierbei genau beachtet werden, damit der Austritt der Schaltenden aus der Umwicklung bei allen Spulen gleichmäßig ist.

Die Längen der Schaltenden und Glanzgarnstrümpfe sind jeweils von der Musterspule unter Zugabe von 3—4 cm zu ermitteln. Um die gewünschte Gleichmäßigkeit in den erwähnten Längen zu erhalten, sind aus Preßspanstreifen

entsprechende Schablonen auszuschneiden mit deren Hilfe dem Bedürfnis leicht Rechnung getragen wird.

Es ist zu empfehlen, stets erst nur zwei Spulen fertig zu wickeln, dieselben gebrauchsfertig zu formen und in die Nuten einzupassen.

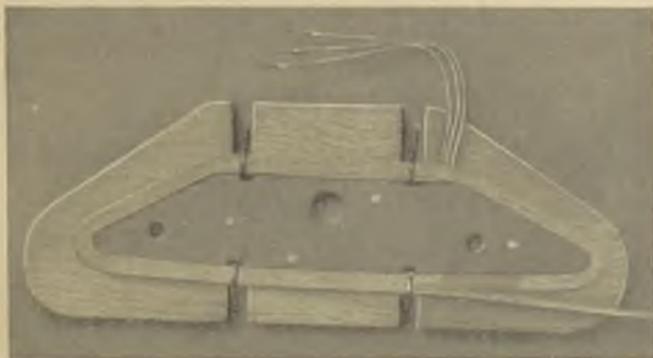


Fig. 35. Anker-Formspule in der geöffneten Schablone.

Sind auf diese Weise die erhaltenen Abmessungen der Spulen als gebrauchsfähig geprüft, so steht der weiteren Anfertigung nichts mehr im Wege. Die Prüfung soll sich nicht nur darauf erstrecken, ob die Spulen in dem Raum der Ankernuten untergebracht werden können, auch die Länge der Schaltenden und Glanzgarnstrümpfe, die Stärke der Nutenisolation und der Zwischenlagen sollen festgestellt werden, damit eine störungslose Fertigstellung der Wicklung im weiteren Verlauf gewährleistet ist.

Die Umwicklung der in vorstehender Weise fertiggestellten Spulen mit Leinenband verlangt besondere Sorgfalt.

Es ist zunächst nicht gleichgültig, an welcher Stelle die Umwicklung begonnen wird. Weiter ist darauf zu achten, daß nur eine Bandlänge soweit es eben mit der Spulengröße vereinbart werden kann, benutzt wird. Nicht zuletzt ist es von wesentlicher Bedeutung, daß vorzugsweise an den Stellen der Spule, die später in die Ankernuten zu liegen kommen, das Leinenband nicht mehr als zweimal um die Spule gewickelt wird.

Die ordnungsmäßige Umwicklung einer Spule soll folgendermaßen vor sich gehen:

In sitzender Haltung wird die Spule mit den Schaltenden nach links zeigend über den Schoß gehalten. Hierauf wird das auf Maß geschnittene Leinenband am Anfang mit Klebelack dünn bestrichen und an den Teil der Spule angesetzt, der später außerhalb des Ankerkörpers in die unter Lage der Wicklung zu liegen kommt.

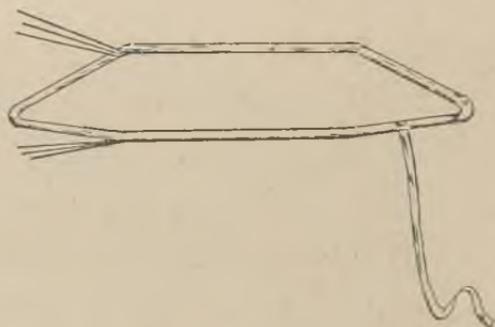


Fig. 36. Ausgangsstelle für die Bewicklung einer Formspule mit Leinenband.

Um diese Stelle näher kenntlich zu machen, ist der Arbeit vorgegriffen und die fertige Spule in Fig. 37 dargestellt. Die fragliche Stelle ist der Deutlichkeit halber schwarz ausgefüllt.

Wie aus der Abbildung ersichtlich, kommt dieser Teil der Spule später außerhalb der Nuten und in die untere Lage der Wicklung zu liegen. Es soll durch diese Anordnung verhindert werden, daß das Ende des Leinenbandes, welches nach beendeter Umwicklung der Spule an der Ausgangsstelle angeklebt wird, sich bei der späteren Arbeitsleistung des Ankers lösen kann.

Auch schon beim Wickeln des Ankers, wenn die Ankerspulen von Hand nachgeformt und in die Ankernuten gedrückt werden, macht sich der Vorteil dieser Anordnung bemerkbar. Die Klebestellen werden durch den seitlichen Druck der benachbarten Spule mit festgehalten und liegen da, wo der Wickler die Spule nur einmal bearbeitet.

Nach dem Ankleben des Anfanges nach Fig. 36 wird das

Leinenband grundsätzlich nach rechts so um die Spule gewickelt, daß sich die Bandlage auf die Hälfte des Bandes deckt.

Hierdurch wird vermieden, daß die Bandumwicklung ungleich dick wird, welches beim Einlegen der Spule in die Ankernute nachteilig wirken würde.



Fig. 37. Anordnung der Klebestellen der Bandumwicklung.

Die Spule wird bei dieser Arbeit mit der linken Hand zwischen Daumen (oben) und Zeigefinger (unten) so gehalten, daß die einzelnen Drahtlagen unmittelbar vor der Bewicklung durch Druck der beiden Finger vor Verschiebung gesichert sind.

Daumen und Zeigefinger folgen der fortschreitenden Bewicklung, die Spule dreht sich langsam mit.

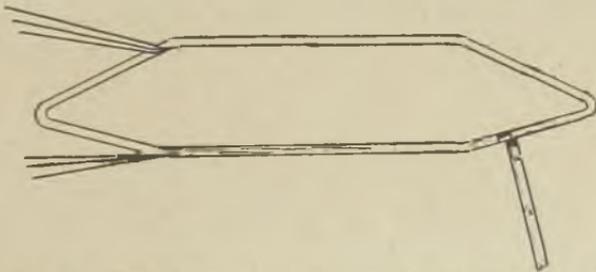


Fig. 38. Bewicklung einer Formspule mit Leinenband.

Beim Lösen der Bindedrähte sind Beschädigungen der Spulendrähte durch sorgfältige Arbeit zu vermeiden.

Die Isolation der einzelnen Drähte ist während der Umwicklung stets auf Beschädigung zu prüfen, auch auf etwaige Überkreuzungen einzelner Drähte ist zu achten. Falls sich die Überkreuzungen nicht beheben lassen, ist die Spule von der weiteren Verarbeitung auszuschalten und zurückzulegen. Sie kann später abgewickelt

und nach sorgfältiger Glättung der Drähte nochmals in der Schablone aufgespult werden. Im anderen Falle ist von einer Verwendung abzusehen.

Wird bei der Bewicklung die Stelle erreicht, die durch Markenstrich (siehe Fig. 33) kenntlich gemacht ist, so muß man sich überzeugen, daß die Glanzgarnstrümpfe etwa  $\frac{1}{2}$  cm über den Strich hinausgehen, damit eine gleichmäßige feste Lage der Strümpfe und folgerichtig auch ein gleichmäßiger Austritt der Schaltenden aus der Umwicklung erreicht wird.

Die Strümpfe der oberen Schaltenden müssen besonders fest liegen, weil dieselben während des Wickelvorganges und bei dem späteren Betriebe des Ankers besonders beansprucht werden.

Um die gewünschte feste Lage zu erreichen, ist das Leinenband an dieser Stelle zunächst zwischen den Schaltenden und der Spule (Fig. 39) und dann nochmals in fortschreitendem Sinne über die bereits bedeckte Marke zu wickeln. Bei den unteren Schaltdrähten kann von dieser Vorsichtsmaßregel abgesehen werden.

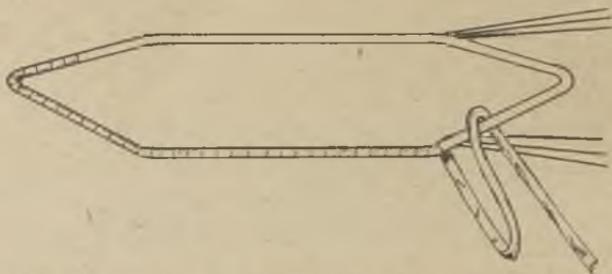


Fig. 39. Festlegung der Schaltenden bei Formspulen.

Um einen möglichst geringen Abfall des Leinenbandes zu erreichen, ist die erforderliche Länge genau festzustellen. Dies geschieht in einfacher Weise dadurch, daß man zunächst ein Band in der ungefähr  $3\frac{1}{2}$  fachen Länge der ganzen Spule von der Rolle abschneidet und dieses Maß durch Kreidestriche auf der Werkbank markiert. Falls sich diese Länge als zu kurz oder zu lang ergibt, wird das Maß entsprechend verbessert.

Diese richtige Bandlänge wird durch Änderung der Markenstriche vermerkt. Alsdann werden zwei Nägel an den bezeich-

neten Stellen in die Werkbank nicht zu tief eingeschlagen (Fig. 40) und das Band um die Nägel  $\frac{1}{2}$  mal soviel geschlungen, als Spulen vorhanden sind. Hierauf wird ein Nagel entfernt und die Bandlagen durchschnitten, dasselbe geschieht mit dem zweiten Nagel, so daß nach Durchschneiden der beiden Bandlagen die gewünschte Anzahl und Längen der erforderlichen Bänder vorhanden ist.

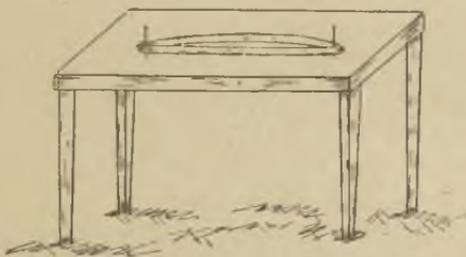


Fig. 40. Abschneiden der Bandlängen für die Bewicklung der Formspulen mit Leinenband.

Man hat schon früher die Umwicklung der Formspulen mit eigens zu diesem Zwecke konstruierten Maschinen bewerkstelligen wollen, jedoch hat keine dieser Maschinen die praktische Hand ersetzen können.

Mit dem vorstehend besprochenen Vorgang sind die Spulen in der Form, wie sie die Schablone verlassen haben, mit Leinenband umwickelt worden. In dieser Form können die Spulen jedoch noch nicht in die Ankerlücken gelegt werden, es muß jetzt noch die gebrauchsfertige Spulenform durch geeignete einfache Hilfsmittel erreicht werden.

Fig. 41 und 42 zeigen eine Spulenziehvorrichtung in einfacher und praktischer Ausführung.

Die Vorrichtung besitzt die Vorteile, daß durch verstellbare Anordnung der einzelnen Formteile fast sämtliche Spulengrößen verarbeitet werden können und daß alle Spulen die gleiche Form erhalten.

Im äußersten Falle kann dieselbe Arbeit mit zwei zu diesem Zweck angefertigten Hölzern (Fig. 43) im Schraubstock ausgeführt werden.

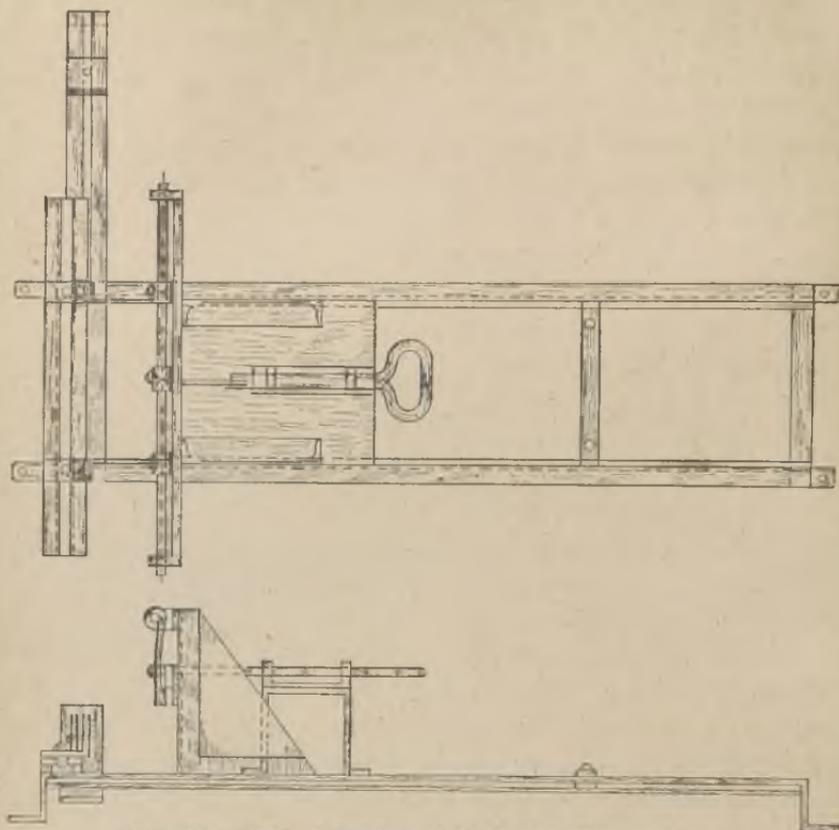


Fig. 41 u. 42. Aufziehvorrchtung für Formspulen.

In diesem Falle muß aber jede einzelne Spule vorher mit Bleistift angezeichnet werden, damit eine gleichmäßige Form entsteht. Die Länge der Ziehholzer entspricht der Breite des Ankerkernes unter Zugabe von zirka 10—20 mm, je nachdem wie der Platz für die Breite des Wickelkopfes vorgesehen ist. Im allgemeinen ist dieses Maß durch die der defekten

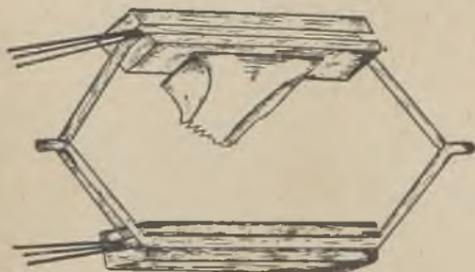


Fig. 43. Gebrauch der Ziehholzer beim Aufziehen der Formspulen im Schraubstock.

Wicklung entnommenen Musterspule ja gegeben. Die auf diese Weise erhaltenen Spulenformen müssen natürlich durch entsprechende Nachhilfe mit der Hand und mittels geeigneter Zangen verbessert werden. Bei einiger Übung und Formensinn sind diese behelfsmäßigen Mittel durchaus anwendbar.

### Vorbereitung der Schaltenden.

Nachdem sämtliche Spulen gebrauchsfertig geformt sind, werden die Schaltenden derselben verschiedenfarbig gezeichnet, um bei der später auszuführenden Schaltung Verwechslungen in der Reihenfolge zu vermeiden.

Die Schaltenden werden zu diesem Zwecke gerade gerichtet, etwa 1 cm lang abisoliert und voneinander abgebogen. Alsdann wird die Reihenfolge der einzelnen Drähte mittels Probierlampe oder Galvanoskop nach Fig. 45 kontrolliert und nötigenfalls berichtigt.

Die Reihenfolge muß so geordnet sein, daß die Anfänge 1, 2, 3 usw. mit den Enden 1, 2, 3 usw. übereinstimmen. Ist dies geschehen, so werden die Glanzgarnstrümpfe mit Farbstiften in der Weise gefärbt, daß je ein Anfang und das hierzu gehörende Ende dieselbe Farbe erhält.

Durch diese kleine Arbeit werden später Schaltfehler mit ziemlicher Sicherheit vermieden und die Fertigstellung der Schaltung wesentlich beschleunigt.

Geübte Ankerwickler können bei der Schaltarbeit noch Zeit-

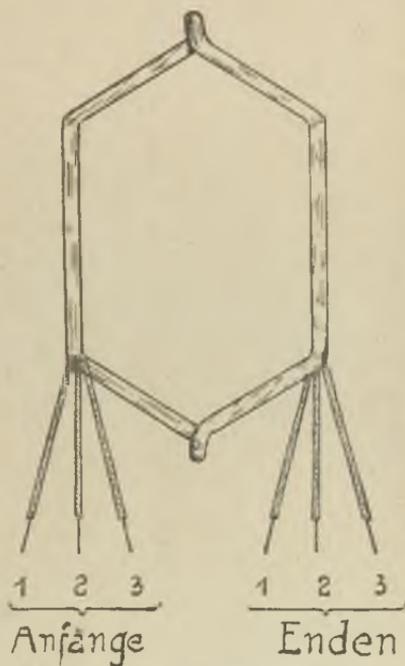


Fig. 44. Die Anordnung der Schaltenden bei Formspulen.

ersparnis erzielen, wenn die unteren Schaltenden bei der eben erwähnten Arbeit gleichzeitig auf Maß abisoliert werden.

Zu diesem Zwecke wird eine Spule in den Anker eingelegt, der Kollektorschritt abgezählt (siehe Fig. 21 und 22) und die unteren Schaltenden in die Schlitze der Lamellen nach Entfernung der Isolation untergebracht.

Dieses so erhaltene Maß wird durch einen hierzu vorbereiteten Preßspanstreifen auf die übrigen Spulen übertragen, sämtliche

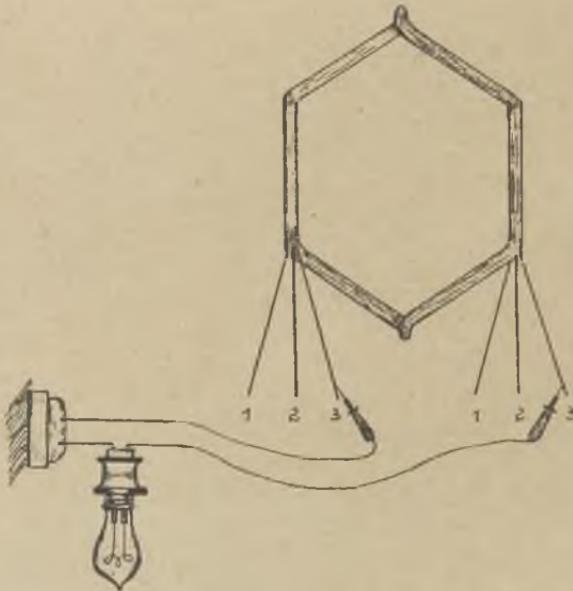


Fig. 45. Ausprüfen der Reihenfolge der Schaltenden bei Formspulen.

unteren Schaltdrähte werden abisoliert und die freigewordenen Drähte blank gemacht.

Die Glanzgarnstrümpfe läßt man zweckmäßig etwa 1 cm länger, um bei später auftretenden Verschiedenheiten in den Längen der Drähte noch Isolation zur Verfügung zu haben.

Über die weitere Wickelarbeit soll später gesprochen werden, da zunächst noch andere Formspulenarten behandelt werden müssen.

## b) Stirnwicklung.

Die unter a) besprochene Formspulenwicklung ist die gebräuchlichste Art. Gleichstromanker mit Stirnwicklungen werden in der heutigen Zeit fast gar nicht mehr gebaut. Ältere Gleichstrommotortypen der A. E. G., der früheren Union Elektr. Gesellschaft Berlin, der Schuckertwerke Nürnberg usw. haben teilweise Stirnwicklungen im Anker. Diese Motore sind für Straßen- und Grubenbahntrieb usw. gebaut und größtenteils daher als Hauptstrommotore ausgeführt. Aber auch Nebenschlußmotore für allgemeinen Verwendungszweck können mit dieser Wicklungsart ausgestattet sein, man findet dieselben nur seltener.

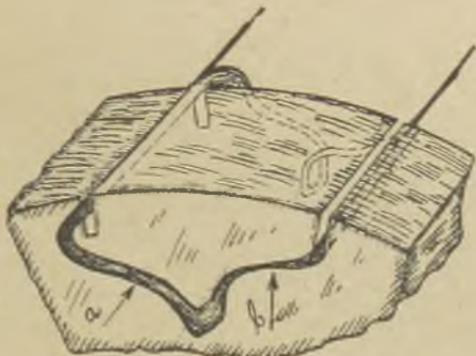


Fig. 46. Formspule einer Stirnwicklung für Gleichstromanker.

Die Eigenart der Stirnwicklung Fig. 46 besteht darin, daß die Spulenschenkel nicht in axialer Verlängerung des Ankerkernes angeordnet sind, wie bei der Mantelwicklung, vielmehr sind die Spulenschenkel *a*, *b* nach Evolventen gebogen und auf den Stirnflächen des Ankers untergebracht. Die Herstellung dieser Spulen ist ungleich schwieriger als diejenigen für Mantelwicklungen.

Die Motorenfabriken besitzen hierfür besondere Hilfsmaschinen und Formen aus Metall oder Holz. Da diese Wicklungsart heute nur noch selten vorkommt, so ist es nicht möglich, hierfür Spezialmaschinen oder teure Schablone anzuschaffen, die Unkosten hierfür würden sonst unverhältnismäßig hoch werden.

Eine einfache und billige Herstellungsart ist in Fig. 47, 48 und 49 abgebildet.

Aus der beschädigten Wicklung wird eine möglichst guterhaltene Spule entfernt. Diese Spule hat die Form wie Fig. 46. Die nach unten gebogenen Schenkel werden hochgebogen (siehe Fig. 48, Seitenansicht der Spule) und die ganze Spule nach Fig. 47 geformt.



Fig. 47 u. 48. Die Herstellung einer Formspule für Stirnwicklung.

Alsdann wird eine Holzschablone nach dieser Form angefertigt und die Spulen wie schon bei der Herstellung der Mantelwicklung erwähnt, aufgespult. Nach Umwicklung der Spulen mit Leinenband werden die Biegestellen an derselben mit Bleistift angezeichnet und auf einer Schablone Fig. 49 nach der Form der Fig. 48 gebogen.

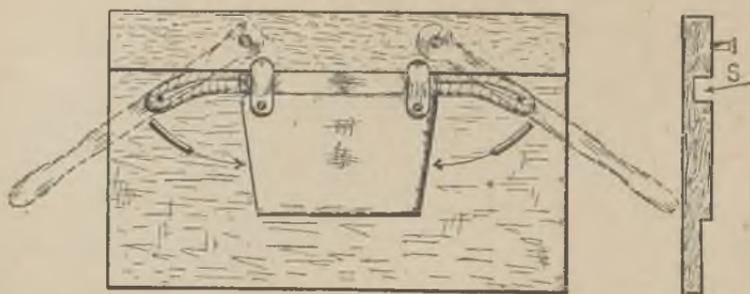


Fig. 49. Spulenschablone zum Biegen der Formspulen für Stirnwicklung.

Zunächst wird die Spule geschickt von Hand in die Öffnung (*S*) der Schablone gedrückt, hierauf die Hebel eingesetzt und die Schenkel nach unten gezogen.

Aus dieser Form wird die Spule von Hand nach Fig. 46 gebogen, so daß wenigstens ungefähr diese Form erzielt wird. Später, wenn die Spule in die Ankernuten gelegt wird, kann die Gesamt-

form, wie gewünscht und erforderlich, mit geeigneten Holz- oder Fibrékeilen verbessert werden. Die Herstellung der Spulen und der Wicklung erfordert allerdings Geschick und sorgfältige Arbeit.

Bei einiger Übung erhält man aber vollkommen zufriedenstellende Ergebnisse.

Auch auf andere Art und Weise lassen sich die Stirnwicklungen ausführen, der Übersicht halber ist auch hier nur die einfachste und billigste Art angegeben.

Wenn man von unbedeutenden Abarten der hier bisher erwähnten Wicklungen absieht, so wären hiermit die Hand- und Formspulwicklungen besprochen.

Größere Gleichstrommaschinen sind im allgemeinen mehr als zweipolig ausgeführt und mit einer der erwähnten Wicklungen versehen. Werden die Querschnitte der Ankerdrähte aber zu dick, so wendet man anstatt der Formspule die Stabwicklung an.

### Stabwicklung.

Bei der Stabwicklung besteht jede Spule aus nur einer Windung. Die Anfertigung der Wicklung ist verhältnismäßig einfach.

Die einzelnen Biegungen, die an jedem Stab vorgenommen werden müssen, sind in Fig. 50 und 51 dargestellt.

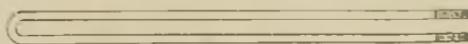


Fig. 50. Ankerstab nach der ersten Biegung.

Zunächst werden sämtliche Stäbe auf Maß abgeschnitten und die Enden lang genug verzinnt. Das Verzinnen geschieht zweckmäßig im Zinnbade, welches mit der Lötlampe oder auf dem Schmiedefeuer flüssig gehalten wird. Falls hierbei Lötlwasser verwendet wird, müssen die verzinnten Stellen in klarem Wasser abgewaschen und gut getrocknet werden.

Hierauf werden die Stäbe am einfachsten auf einer aus Winkeleisen hergestellten Vorrichtung (Fig. 52) in Form Fig. 50 gebogen. Dies geschieht in der Weise, daß der eine Schenkel der Vorrichtung in den Schraubstock gespannt wird. Der Stab oder auch mehrere Stäbe zugleich, werden hinter dem Zapfen der ein-

gesetzten Mutterschraube geschoben, worauf das zweite Winkel-eisen aufgelegt und die Mutter angezogen wird. An den Biegestellen sind einige Tropfen Öl zu bringen, damit die Reibung vermindert und ein Zerreißen der Stäbe verhütet wird.

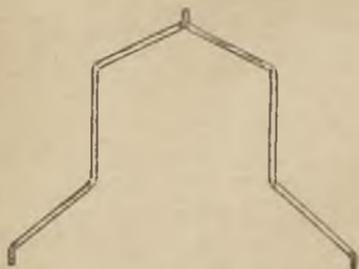


Fig. 51.

Fertig gebogener Ankerstab für Gleichstromwicklungen.

Der bewegliche Schenkel der Vorrichtung wird nunmehr um  $180^\circ$  in der Pfeilrichtung gedreht und die Stäbe nach dieser Bewegung aus der Vorrichtung entfernt.

Die weiteren Biegungen, die aus Fig. 51 zu sehen sind, werden im Schraubstock oder auf einer geeigneten Vorrichtung gebogen, wobei die einzelnen Abmessungen von einem Stab aus der beschädigten Wicklung entnommen werden können.

Da im allgemeinen die Stabwicklungen eine fast unbegrenzte Lebensdauer haben, Reparaturen daher verhältnismäßig selten sind, so wird man mit den eben erwähnten Vorrichtungen eine Reparatur durchführen können.



Fig. 52. Aus Winkel-eisen hergestellte Biegevorrichtung für Ankerstäbe.

Bei gänzlicher Neuwicklung eines Stabankers, bzw. da, wo öfter Stabwicklungen auszuführen sind, empfiehlt sich die Anschaffung der Stabbiegevorrichtungen, die in Fig. 53 und 54 abgebildet sind.

Die Vorrichtungen sind für verschiedene Größen, durch verstellbare Anordnungen der einzelnen Teile zu verwenden.

Die in der beschriebenen Weise angefertigten Stäbe haben noch nicht die gebrauchsfertige Form. Es ist zu berücksichtigen, daß dieselben in einen mit Nuten versehenen, zylindrischen Körper eingelegt werden sollen.

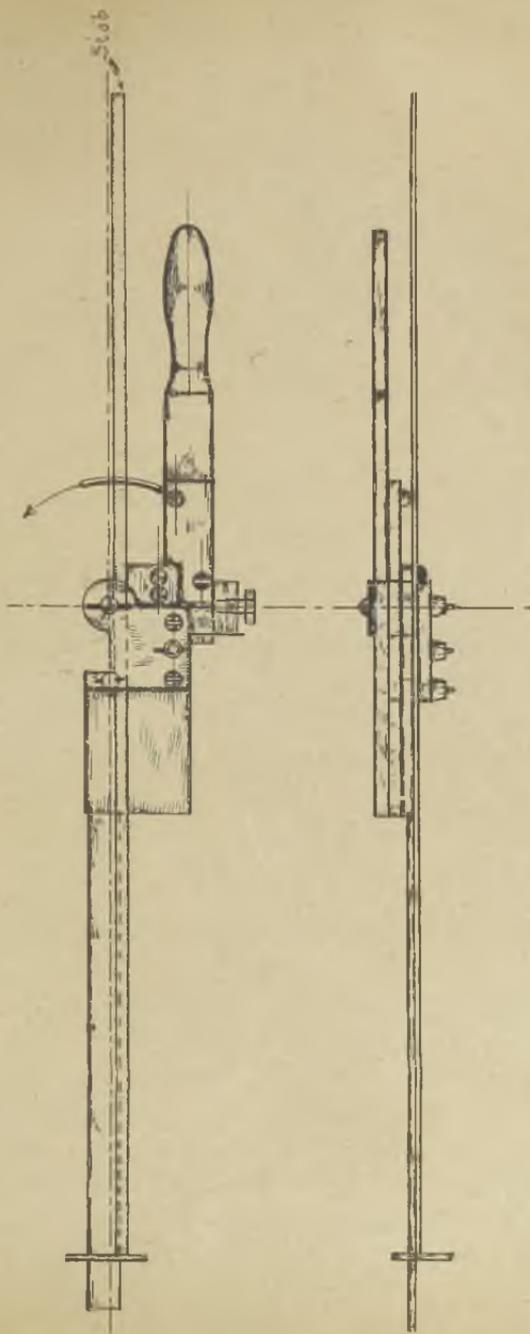


Fig. 53. Stabbiegevorrichtung für die Ankerstäbe nach Fig. 50 zu biegen.

Die Form der Stäbe würde aber nur dann genügen, wenn die Ankernuten in einer Ebene — also in einem mit Nuten versehenen rechteckigen Körper untergebracht werden sollten.

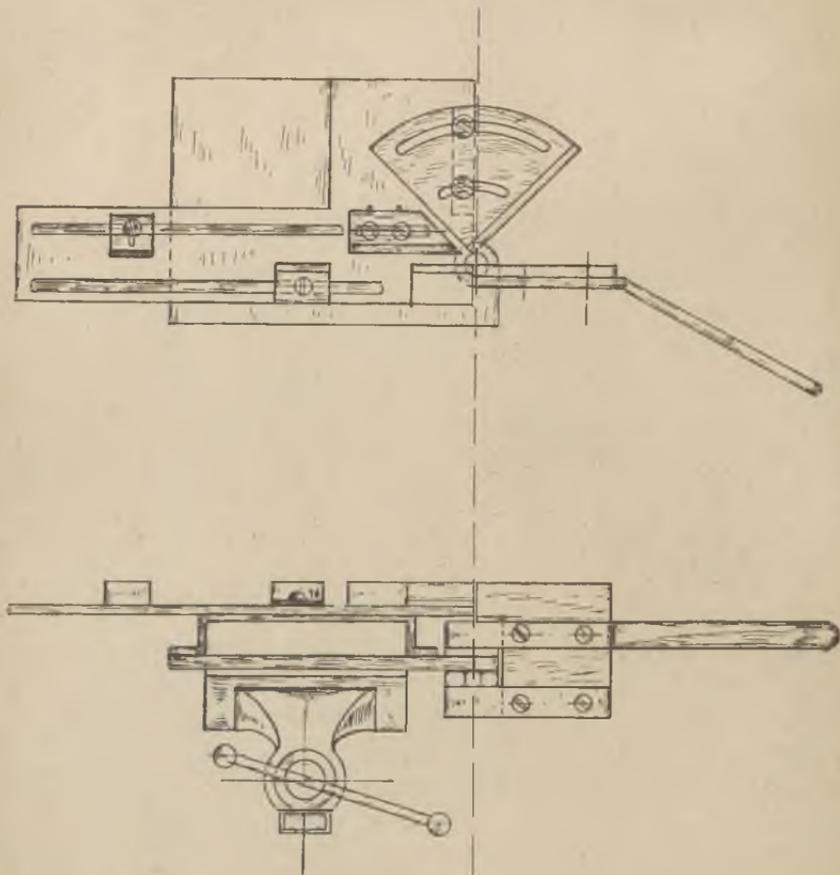


Fig. 54.

Stabbiegevorrichtung für die Ankerstäbe nach Fig. 51 zu biegen.

Da dieses nicht der Fall ist, so muß jeder Stab nochmals geformt werden, damit ein störungsloses Einbauen derselben in die Ankernuten möglich ist.

Um dies zu erreichen, sind die außerhalb der Ankernuten liegenden Teile a, b, c, d (Fig. 55) in einer der Rundung des Wick-

lungsträgers entsprechenden Holzform mit Hilfe eines Hammers nachzurichten. (Fig. 56.)

Die beiden seitlichen Teile des Stabes, die in die Nuten eingebaut werden sollen, müssen bei dem gebrauchsfertig geformten Stab so stehen, daß ihre Verlängerung den Mittelpunkt der Achse treffen würde.

Auf die Erfüllung dieser Bedingung muß unbedingt Wert gelegt werden, da sonst beim Einbauen der Stäbe die Isolation sehr leicht zerstört wird.

Nach gebrauchsfertiger Biegung der Stäbe werden dieselben mit Leinenband umwickelt. Zum Unterschied der vorgenannten Formspulen verwendet man bei Stäben zwei Bandlängen. Von beiden Enden aus werden die Bänder so um den Stab gewickelt, daß die Klebestelle wieder da zu liegen kommt, wie in Fig. 37 angegeben ist.

Schaltfehler durch Vertauschen der einzelnen Stäbe sind bei Stabwicklungen ausgeschlossen. Wenn der Kollektorschritt richtig nach Fig. 15 angezeichnet ist, kann die Schaltung nie mit einem technischen Fehler behaftet sein.

Stabwicklungen können sowohl in Reihen als auch in Parallelschaltung (siehe Tafeln Wickelschema) ausgeführt sein. Die Form der Stäbe ist dann entsprechend.

Die in dem vorstehenden Abschnitt erwähnten Wicklungen stellen die gebräuchlichsten Arten bei Gleichstromankern dar. Es soll hier nicht unerwähnt bleiben, daß die Ankerwicklungen der ein- und mehrphasigen

#### Wechselstrom-Kollektormotoren

auf dieselbe Art und mit denselben Vorrichtungen hergestellt werden.

Für die mit Stabwicklung ausgestatteten Läufer der

#### Drehstrommotoren

gilt das für Gleichstrom-Stabanker Gesagte.

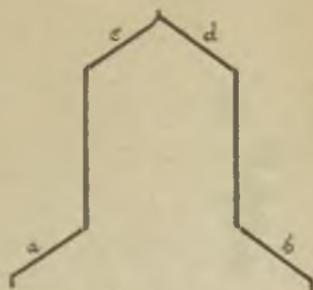


Fig. 55. Ankerstab.

Die Herstellung dieser Stabwicklungen unterscheidet sich nur unwesentlich von den Stabwicklungen bei Gleichstromankern. Die Hintereinanderschaltung der einzelnen Stäbe innerhalb der Wicklung ist selbstverständlich anderen Grundsätzen unterworfen und unterscheidet sich folgerichtig auch wesentlich von Gleichstromschaltungen.

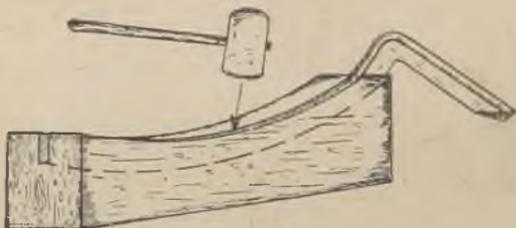


Fig. 56. Holzform zum Biegen von Ankerstäben für Gleichstromwicklungen.

Näheres über die Schaltungen der Drehstromwicklungen ist unter Herstellung der „Drehstromwicklungen“ gesagt.

### Das Einlegen der Ankerspulen in die Nuten.

Nach Fertigstellung der jeweilig vorliegenden Wicklung ist der Anker und Kollektor für die Aufnahme der Wicklung herzurichten. Zunächst ist der Kollektor zu prüfen, ob die einzelnen Lamellen gegenseitig und gegen den Ankerkörper gut isoliert sind.

Geschah die Neuwicklung des Ankers auf Grund verbrannter Ankerspulen, so ist sehr wahrscheinlich, daß die Ursache dieser Beschädigung Schluß zwischen zwei oder mehreren Kollektorlamellen ist. Diese Fehlerquelle muß natürlich beseitigt werden.

Der Kollektor wird daher mit einer Prüflampe, besser jedoch mit einem Galvanoskop oder einer Prüfklingel auf gegenseitigen Schluß untersucht und die Schlußstellen durch Auswechseln der schadhafte Glimmerlamellen beseitigt.

Falls die zwischen den Lamellen und der Kollektorbuchse eingefügten Manschetten aus Glimmer oder Preßspan als schadhafte vorgefunden werden, müssen dieselben ebenfalls ausgewechselt werden, damit auf alle Fälle der Kollektor in einwandfreien Zustand gesetzt ist.

Die Schlitze in den einzelnen Lamellen werden zweckmäßig mit einer Metallsäge ausgesägt, so daß Zinnreste und etwa vorhandene Oxyde entfernt sind. Die Breite und Tiefe der Schlitze richtet sich nach der Anzahl der etwa neben und übereinanderliegenden Schaltdrähte in einer Lamelle.

Der feste Sitz des Kollektors auf der Ankerwelle muß vorzugsweise bei Kran- und Straßenbahnmotoren usw. stets geprüft werden. Diese Motoren sind im Betriebe zwei Drehrichtungen unterworfen. Sitzt der Kollektor bei solchen Motoren nicht fest auf der Ankerwelle, so besteht die Gefahr, daß die Schaltdrähte der Wicklung infolge der seitlichen Zugbeanspruchung, die durch Verschiebung des Kollektors während der Umsteuerung hervorgerufen wird, unmittelbar am Kollektor abbrechen. Weiter wird durch losen Sitz des Kollektors Feuern der Bürsten und andere Störungen hervorgerufen.

Auf die Wichtigkeit des gutbefestigten Kollektors kann gar nicht genug aufmerksam gemacht werden.

Auch der feste Sitz des Ankerkörpers auf der Ankerwelle ist von gleicher Bedeutung. Alle diese Kleinigkeiten erfordern unbedingte Aufmerksamkeit, damit ein einwandfreies Arbeiten des wiederhergestellten Ankers nicht in Frage gestellt ist.

Die Ankernuten müssen von jeglichem Grat und etwa zurückgebliebenen Isolationsresten befreit werden.

Die Stärke der Nutenisolation muß so gewählt sein, daß die Ankerspulen festliegen. Ein zu starkes Einpressen der Spulen in die Nuten ist wegen der Gefahr einer Isolationsbeschädigung zu vermeiden. Werden die Nuten durch die Ankerspulen nicht ganz ausgefüllt, so sind Preßspanstreifen unter, über und zwischen den Spulen einzufügen.

Das Einlegen der einzelnen Spulen geschieht in umgekehrter Weise wie die Entfernung der Spulen bei dem Abbau der Wicklung.

Die Spule wird von Hand in die mit Isolation ausgelegte Anker-nute gedrückt und mit einem Fibrèkeil und Hammer durch vorsichtiges, nicht zu starkes Klopfen in die endgültige Lage gebracht.

Empfehlenswert ist, die unteren Schaltdrähte jeder Spule

sofort zu schalten, d. h. die unteren Schaltenden in die Kollektorlamellen einzustemmen. (Fig. 56a.)

Unmittelbar am Kollektor werden die Schaltdrähte durch Zwischenlage eines Leinenbandstreifens nochmals besonders gut voneinander isoliert.

Zwischen der oberen und unteren Lage der Wicklung tritt bei Arbeitsleistung der Maschine die volle Betriebsspannung auf. Es ist mit besonderer Sorgfalt darauf zu achten, daß an diesen Stellen entsprechend gute Isolation eingefügt wird.

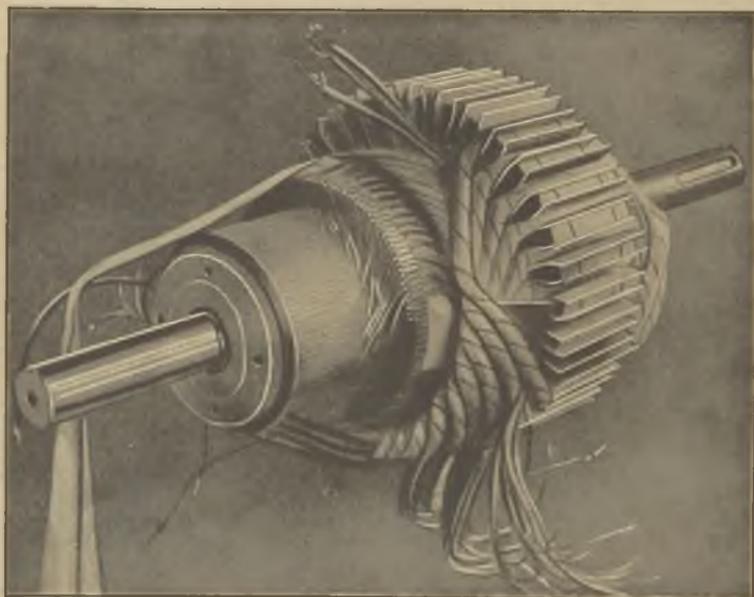


Fig. 56a. Das Einlegen der Formspulen in einen Gleichstromanker.  
(Die unteren Schaltdrähte sind in den Kollektor eingestemmt.)

Sind sämtliche Spulen in dem Ankerkörper untergebracht, so werden die oberen Schaltenden der Wicklung nach Abzählen des Kollektorschrittes ebenfalls in die Lamellen eingestemmt. Die zur Verwendung kommenden Stemmer müssen an beiden Ecken abgerundet sein, damit die Drähte nicht zerschlagen und somit spätere Drahtbrüche vermieden werden.

Nach Beendigung dieser Arbeiten werden die Schaltenden

in die Kollektorlamellen eingelötet. Die überstehenden Drähte werden mittels eines kleinen scharfen Meißels abgeschlagen und sauber befeilt, so daß auch die Umgebung der Lötstellen frei von Schmutz und Oxyden ist.

Beim Löten des Kollektors muß der Anker stets schräg gelagert werden, damit das fließende Zinn nicht hinten ablaufen und in die Wicklung eindringen kann. (Fig. 57.)

Als Lötmittel dürfen nur möglichst säurefreie verwendet werden. Lötwasser ist unter allen Umständen von jeglicher Verwendung hierbei auszuschließen.

Auch die angeblich säurefreien Lötmittel enthalten mehr oder weniger Säure. Es ist daher zu empfehlen, die Lötstellen nach beendiger Lötung mit Benzin abzuwischen.

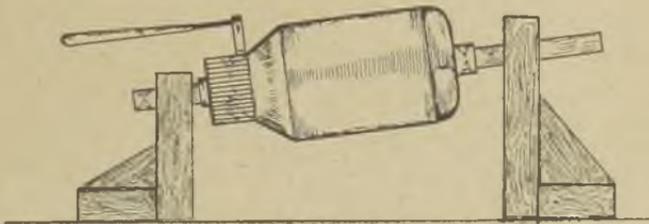


Fig. 57. Schräg gelagerter Gleichstromanker beim Löten.

Die Wicklung wird hierauf durch Bandagen aus Stahldraht in ihrer Lage gesichert. Der zur Verwendung kommende Stahldraht muß verzinkt sein, damit die einzelnen Lagen schnell und sauber miteinander durch Verlötung verbunden werden können. Die Isolation zwischen Bandagen und Wicklung muß reichlich stark und aus gutem Material (Glimmer, Preßspan usw.) gewählt werden.

Der Anker kommt hierauf in den Trockenofen zur Erwärmung und wird im Anschluß hieran in Isolierlack getränkt.

### Abdrehen von Kollektoren.

Das Abdrehen der Kollektoren geschieht im allgemeinen zwischen den Körnerspitzen der Drehbank. Bei größeren Gleichstrommaschinen bzw. Wechselstrom-Kollektormotoren verwendet man zu diesem Zwecke eine elektrisch angetriebene Schleifmaschine.

Für den ersteren Fall ist es von Wichtigkeit, daß vor Beginn

der Dreharbeit die Ankerwelle auf zentrischen Lauf beobachtet wird. Vielfach sind die Körnerlöcher in der Ankerwelle durch Stoß oder Schlag beschädigt, so daß hierdurch die Welle schlägt und ein ordnungsmäßiges Abdrehen unmöglich gemacht wird.

Auch kann die Ankerwelle an den Lagerstellen verbogen sein, welches die gleichen Folgen zeitigen würde.

In beiden Fällen ist erst unbedingt Abhilfe zu schaffen, soweit diese Fehler nicht schon bei dem Abbau erkannt und beseitigt sind.

Die Dreharbeit darf nur mit sauber geschliffenen scharfen Stählen durchgeführt werden und zwar nimmt man zweckmäßig zum Vordrehen einen Stahl mit scharfer Spitze, damit die teilweise harten Glimmerlamellen glatt mit abgedreht werden.

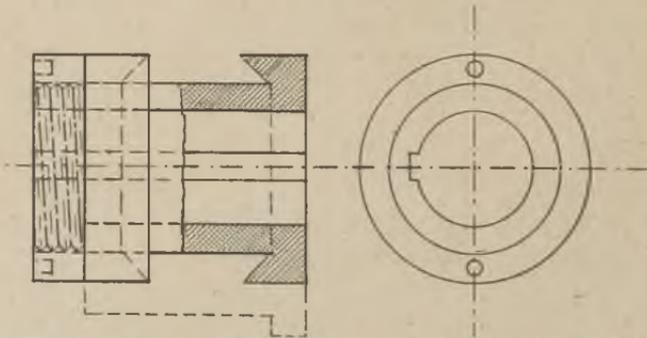


Fig. 58. Kollektorbuchse mit Preßring und zylindrischer Mutter.

Die Umfangsgeschwindigkeit der Drehfläche soll hierbei nicht zu groß und der Vorschub des Meißels nicht zu grob sein.

Zum Nachschlichten muß ebenfalls ein geeigneter scharfer Meißel benutzt werden, damit die gedrehte Fläche ohne Gebrauch der Feile schon sauber glatt ist. Nach Möglichkeit ist überhaupt keine Feile zu verwenden, hingegen steht dem Gebrauch von Karborundumpapier zum Nachschlichten nichts im Wege. Die letzte Politur erreicht man mit feinem Karborundumpapier unter Zugabe einiger Tropfen einwandfreien Öles.

Nach dem Abdrehen ist der Kollektor sorgfältig auf Lamellenschluß zu untersuchen, etwaige Kupferspäne oder Zinnreste sind mittels kleiner Feile oder Reißnadel zu entfernen.

Die Lagerstellen an der Ankerwelle sind nach beendigter Drehearbeit von Isolierlack usw. zu befreien. Falls erforderlich sind dieselben mit feinem Schmirgelleinen zu glätten und hierauf mit Öl zu bestreichen.

Der Ankerkern ist von etwaig anhaftenden erstarrten Lacktropfen zu säubern.

### Die Anfertigung von Kollektoren.

Der jede Gleichstrommaschine kennzeichnende Kollektor besteht aus einer Anzahl Metallsektoren, die untereinander und gegen den Ankerkörper isoliert, auf der Ankerwelle befestigt sind.

Durch die zweckmäßige Ausführung der Kollektorbuchse wird der schwalbenschwanzartig ausgedrehte Lamellenkörper zusammengehalten. (Fig. 53.)

Die Kollektorbuchsen bestehen aus dem zylindrischen Teil mit angegossenem Preßring, dem lose auf diesen Teil aufgeschobenen Druckring und aus einer zylindrischen Mutter.

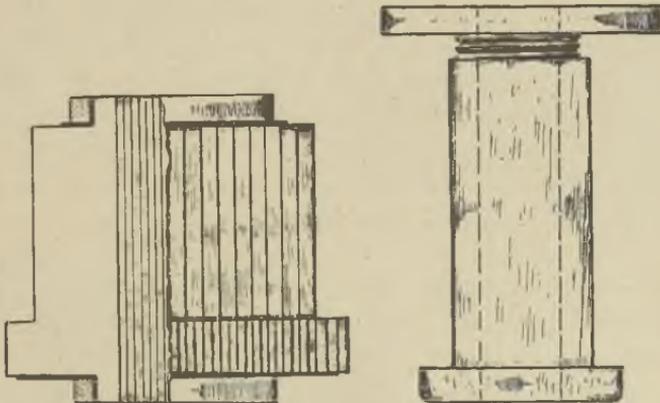


Fig. 59. Lamellenkörper und Kollektorbuchse.

Während die erstgenannten Teile fast ausschließlich in Maschinenguß ausgeführt sind, werden die Muttern zweckmäßig aus Stahl angefertigt.

Außer dieser Befestigungsart des Lamellenkörpers auf der Kollektorbuchse soll nachstehend noch ein älteres Verfahren angegeben werden.

Im Prinzip weicht diese Art von der ersteren dadurch ab, daß der durch isoliert aufgezoene Schrupfringe befestigte Lamellenkörper schon als fester Körper auf der Kollektorbuchse aufgeschoben und durch eine Mutter gehalten wird.

Fig. 59 zeigt den durch Schrupfringe zusammengehaltenen Lamellenkörper und die Kollektorbuchse. Beide Teile werden durch Glimmer oder Preßspan voneinander isoliert.

Das in Fig. 58 veranschaulichte Befestigungsverfahren ist dieser Art entschieden vorzuziehen.

Die Lamellen der Kollektoren an den modernen Maschinen bestehen aus hartgezogenem Kupfer. Bei älteren Maschinen findet man auch noch Kollektoren, deren Lamellen aus Rotguß oder Bronze gefertigt sind.

Die hartgezogenen Kupferlamellen werden mittels Zieheisen in langen Stangen von trapezförmigem Querschnitt gezogen.

Die Anzahl und Breite der einzelnen Lamellen richtet sich nach der Wicklungsart des Ankers und ist von der Anzahl der Spulen und dem Durchmesser des Kollektors abhängig.

Die Isolierschichten zwischen den Lamellen bestehen aus künstlichen Glimmergebilden (Mikanit). Andere Isolationsmaterialien wie Preßspan, Fibrè, Asbest usw. sind nicht zu empfehlen.

Es möge hierzu noch bemerkt sein, daß Glimmer ein Material von ganz vorzüglich isolierender Eigenschaft, bezüglich seiner Härte schwankenden Werten unterworfen ist.

Man stellt bei der Verwendung von Glimmer die Forderung an das Material, daß es etwa denselben Härtegrad besitzt wie das Lamellenkupfer. Die Erfüllung dieser Forderung ist nicht leicht. Man ist daher dazu übergegangen, auch Glimmergebilde zu verwenden, die einen geringeren Härtegrad besitzen als die Kupferlamellen.

In allen Fällen muß man mit der Möglichkeit rechnen, daß trotz sorgfältiger Auswahl des Materials, Glimmersegmente von verschiedenen Härtegraden und zwar auch von solchen die härter als das Lamellenkupfer sind, zur Verwendung kommen.

Die Folge hiervon wird sein, daß nach einiger Betriebszeit

diese harten Glimmersegmente über die Lauffläche des Kollektors hervorragen, weil das Kupfer schneller abgeschliffen wird, als der Glimmer. Es tritt dann starke Funkenbildung am Kollektor auf, durch die das Kupfer sehr schnell angegriffen wird.

Abschmirgeln des Kollektors beseitigt diesen Fehler fast nie. Hingegen hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den Kollektor sauber abzdrehen und hierauf den Glimmer einige Millimeter tief mit Hilfe geeigneter Schaber auszukratzen.

Die Siemens-Schuckertwerke bauen Kollektoren, die durch Entfernung der Glimmersegmente bis auf ca. 5 mm Tiefe der eben erwähnten Erscheinung vorbeugen.

Bei der Neuanfertigung von Kollektoren in Reparaturwerken handelt es sich gewöhnlich nur um Ersatz des Lamellenkörpers.

Da es sich hierbei nicht nur um eine Nachbildung eines bereits vorhandenen Elementes handelt, so soll nachstehend die höchst einfache Berechnung, die zur Festlegung des trapezförmigen Querschnittes einer Lamelle benötigt wird, ausführlich beschrieben werden.

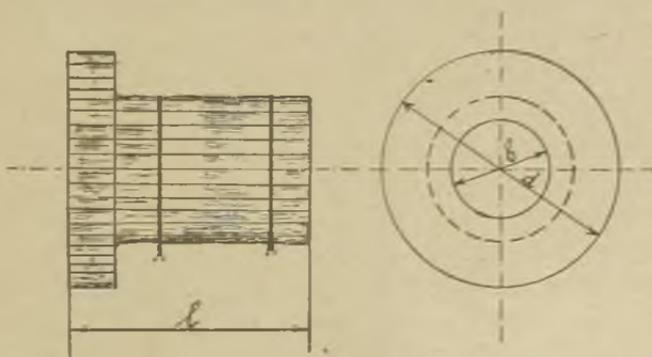


Fig. 60. Abgreifen der Grundmaße zur Berechnung der Kollektorlamellen.

Der abgeschliffene Lamellenkörper des Kollektors wird durch Bindedrähte, die um den Umfang desselben geschlungen und verdreht sind, zusammengehalten. Hierauf wird die Gewindemutter gelöst und die Buchse aus dem Lamellenkörper entfernt. Fig. 60 zeigt den freigelegten Lamellenkörper, die Kollektorbuchse ist entfernt.

Das Maß „ $b$ “ wird mit einem Lochtaster gemessen, von dem erhaltenen Maß werden ca. 5 mm abgezogen. Die Maße „ $d$ “ und „ $e$ “ werden ebenfalls mit Taster ermittelt und hierauf zu „ $d$ “ und „ $e$ “ ca. 5 mm hinzugezählt.

Die Verbesserung der Maße um ca. 5 mm wird aus dem Grunde vorgenommen, weil bei den späteren Dreharbeiten Arbeitsstoff vorhanden sein muß. Das Maß „ $d$ “ ist gewöhnlich noch an dem abgeschlissenen Lamellenkörper zu ermitteln. Im anderen Falle wählt man diese Abmessung so, daß die Lauffläche des Kollektors etwa 10—15 mm über die Buchse ragt.

Um die nun folgende Berechnung leicht verständlich zu machen, soll ein Beispiel angeführt werden.

Anzahl der Lamellen ist =	54	}	siehe Fig. 60.
Maß „ $d$ “	„ = 156 mm		
„ „ $b$ “	„ = 44 „		
„ „ $e$ “	„ = 80 „		

Zunächst muß der **Kreisumfang** der Durchmesser „ $d$ “ und „ $b$ “ festgestellt werden.

Es wäre demnach:  $d \times \pi^*$ ), d. h.

$$\text{Durchmesser} \times 3,1416 = 156 \times 3,1416$$

$$\text{außerdem } b \times \pi = 44 \times 3,1416$$

Diese Multiplikation auszurechnen erübrigt sich durch den Gebrauch der Tabelle (siehe Anhang). Man sucht also in der Tabelle Spalte 1 die Zahl 156, geht von hieraus in wagerechter Richtung bis Spalte 5 und findet hier die Aufgabe bereits gelöst.

In gleicher Weise findet man die Lösung  $44 \times 3,1416$ .

Die gesuchten **Kreisumfänge** sind demnach

$$b \times \pi = 138,23$$

$$d \times \pi = 490,09.$$

Hierauf werden die so ermittelten Maße durch die Anzahl der Lamellen geteilt.

$$1. 138,23 : 54 = 2,56.$$

$$2. 490,09 : 54 = 9,07.$$

\*)  $\pi$  ist der griechische Buchstabe pi und entspricht der Verhältniszahl = 3,1416.

es ist demnach:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Maß } a = 9,07 \text{ mm} \\ \text{,, } b_1 = 2,56 \text{ ,,} \\ \text{,, } c = 56 \text{ ,,} \end{array} \right\} \text{ siehe Fig. 61.}$$

Das Maß „c“ erhält man, wenn man den inneren von dem äußeren Durchmesser (siehe Fig. 60) abzieht und durch die Zahl 2 teilt. Es ist demnach

$$\frac{156 - 44}{2} = 56 \text{ mm.}$$

Die Abmessungen  $a$ ,  $b_1$  und  $c$  in Fig. 61 sind jedoch noch nicht endgültig. Es muß ja berücksichtigt werden, daß zwischen den Lamellen noch Isolationen eingefügt werden sollten. Die Stärke dieser Isolation ist von den Massen „a“ und „b“ noch abzuziehen. Die Stärke der Glimmerisolationen beträgt gewöhnlich 0,8 mm. Von „a“ und „b<sub>1</sub>“ ist also noch 0,8 mm abzuziehen.

$$\begin{array}{l} a = 9,07 - 0,8 = 8,27 \text{ mm} \\ b_1 = 2,56 - 0,8 = 1,76 \text{ ,,} \\ c = \qquad \qquad \qquad 56 \text{ ,,} . \end{array}$$

Die endgültigen Maße für den in Fig. 61 gezeichneten trapezförmigen Querschnitt der Kupferlamellen eines Kollektors mit den in Fig. 60 angegebenen Abmessungen wären also

$$\begin{array}{l} a = 8,27 \text{ mm} \\ b_1 = 1,76 \text{ ,,} \\ c = 56 \text{ ,,} \\ e = 80 \text{ ,,} . \end{array}$$

Nach diesen Angaben stellt das Kupferwerk die Lamellen ohne Rückfragen fertig.

Die Werke, die sich mit der Anfertigung von gezogenen Kupferlamellen befassen, besitzen einen Vorrat an Ziehseisen für normale Abmessungen der Lamellen. Es kommt jedoch vor, daß für die in Auftrag gegebenen Lamellen ein genau passendes Ziehseisen fehlt. In solchen Fällen wird man gewöhnlich genötigt sein,

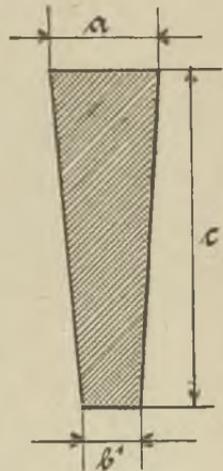


Fig. 61.  
Querschnitt einer Kollektorlamelle.

die Kosten eines neuanzufertigenden Zieheisens zu tragen. Dem Anfänger sei von dem Gebrauch eines ähnlichen Zieheisens abgeraten.

Gewöhnlich teilen die Kupferwerke dem Besteller mit, daß ein Zieheisen nicht in der erforderlichen Ausführung vorhanden ist, vielmehr sei ein solches in den Abmessungen „ $a$ “ usw. vorhanden.

Es ist ja nicht ausgeschlossen, daß in manchen Fällen ein derartiges Eisen benutzt werden kann. Die Beurteilung über die Gebrauchsfähigkeit ist aber nicht so einfach. Jedenfalls besteht die Gefahr, daß der Lamellenkörper durch die ungenaue Form der Lamellen nicht fest genug zusammengepreßt werden kann und daß die Abmessungen „ $d$ “ und „ $b$ “ (Fig. 60) kleiner oder größer werden können.

Um diese unerwünschten Möglichkeiten auszuschalten, bezahle man die Anfertigung des erforderlichen Zieheisens. Diese Kosten werden durch den störungslosen Verlauf des Kollektorbauens, sowie der sauberen Arbeit entschieden wettgemacht.

### Der Zusammenbau des Lamellenkörpers.

Nach Eingang der gezogenen Kupferlamellen werden dieselben von Grat befreit und festgestellt, ob etwa eine oder mehrere Lamellen beim Abschneiden mit der Kreissäge verbogen worden sind. Im bejahenden Falle sind diese Lamellen auf einer Richtplatte genau auszurichten.

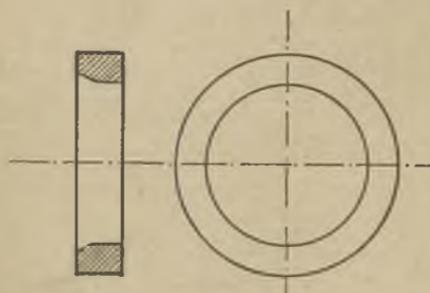


Fig. 62. Schrupf-ring.

Der Zusammenbau des Kollektors erfolgt auf einer sauberen Richtplatte. In einem gedrehten Eisenring

werden die Lamellen so eingesetzt, daß abwechselnd eine Kupferlamelle und eine Glimmerisolation eingefügt werden.

Sind sämtliche Lamellen in dem Ring untergebracht, so ist nochmals die erforderliche Anzahl festzustellen und hierauf

ein Schellband oder mehrere Kupferdrähte um den Lamellenkörper zu legen.

Als dann werden die einzelnen Lamellen senkrecht zur Richtplattenoberfläche ausgerichtet und die Lage der Glimmerlamellen verbessert.

Die erforderliche Festigkeit des Lamellenkörpers wird durch Aufpressen von Schrumpfringen erreicht. Die Schrumpfringe werden aus vierkantigen Eisen geschweißt. Die lichte Weite derselben wird um einige Millimeter kleiner als der

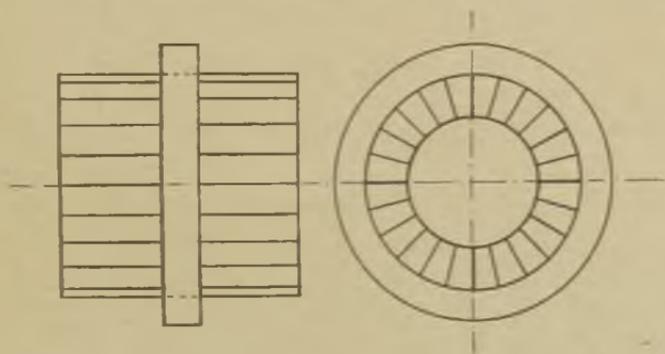


Fig. 63. Zusammengepreßter Lamellenkörper.

mit Taster gemessene Durchmesser des Körpers auf der Drehbank ausgedreht. Um das Aufpressen des Ringes zu ermöglichen wird eine Kante des Ringes (siehe Fig. 62) abgerundet. Das Aufpressen der Ringe geschieht am besten mittels einer hydraulischen Presse oder Spindelpresse. Mit zwei Ringen ist gewöhnlich die erforderliche Festigkeit erreicht, so daß der Lamellenkörper nunmehr auf der Drehbank bearbeitet werden kann. (Fig. 63.)

### Das Ausdrehen des Lamellenkörpers.

Der zusammengepreßte Lamellenkörper wird auf die Drehbank gespannt und ausgerichtet. Mit einem scharfen Bohr Stahl wird zunächst die Bohrung auf das erforderliche Maß ausgedreht. Die weitere Verarbeitung geschieht zweckmäßig mit Hilfe einer Schablone, die man nach den Druckflächen der Kollektor-

buchse unter Berücksichtigung der erforderlichen Isolierschichten anfertigt.

Die Schablone stellt man aus Schwarzblech von 1—2 mm Stärke her. Aus Fig. 64 ist zu ersehen wie die Form der Schablone genommen wird. Die erforderlichen Maße können aus dem alten Lamellenkörper oder von der Kollektorbuchse abgegriffen werden.

Der in Fig. 64 schraffierte Teil muß aus dem Lamellenkörper herausgedreht werden.

Nachdem die Dreharbeiten beendet sind, werden die bearbeiteten Flächen mit feinkörniger Schmirgelleinwand geglättet. Da

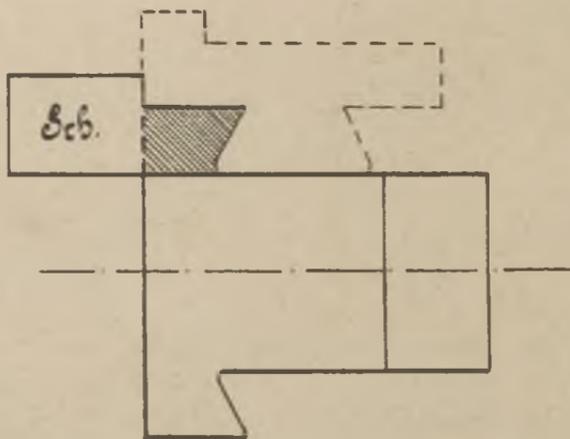


Fig. 64. Entnahme der Maße für die schwalbenschwanzartige Ausdrehung des Lamellenkörpers.

Kupfer bei der Bearbeitung mit dem Drehstahl leicht reißt, so ist es nicht ausgeschlossen, daß sich zwischen den einzelnen Lamellen Schlußstellen bilden. Aus diesem Grunde ist der Lamellenkörper nach der Bearbeitung sorgfältig zu untersuchen.

Bevor der Körper auf der Kollektorbuchse befestigt wird, ist jeglicher Metallstaub aus demselben und von der Richtplatte mittels Blasebalg zu entfernen.

Nachdem der Kollektor gut isoliert zusammengebaut ist, wird der Schrumpfring abgedrückt. Alsdann wird der Kollektor auf einen Dorn getrieben, worauf die äußeren Flächen bearbeitet werden.

Die zur Aufnahme der Schaltdrähte erforderlichen Schlitze werden nach Beendigung der Dreharbeiten auf Spezialmaschinen, mittels Fräser auf der Drehbank, oder mit der Metallsäge ausgeführt. Ist der Kollektor soweit fertiggestellt, so wird derselbe gesäubert und mittels Prüflampe auf etwaigen Lamellen- oder Körperschluß untersucht. Nach ordnungsmäßigem Befund kann der Kollektor als betriebstüchtig auf der Ankerwelle befestigt werden.

Bei größeren Maschinen wendet man Kollektoren mit sogenannten Fahnen an. Die letzteren bestehen aus Kupferblech und werden vielfach vor dem Zusammenbau des Lamellenkörpers in die Lamellen eingesetzt, vernietet und gelötet (Fig. 64 a und b).

Die Verlötung ist wegen des sicheren Kontaktes sehr wichtig und geschieht in den meisten Fällen mit Schlaglot. Nach dem Verlöten werden die Lamellen von den etwa entstandenen Unebenheiten auf den Anlageflächen befreit, worauf mit der schon beschriebenen Verarbeitung begonnen werden kann.

Nach erfolgter Fertigstellung des Ankers wird die Lauffläche des Kollektors nochmals durch einen feinen Span abgedreht und mit Karborundumpapier feinsten Körnung poliert.

Ein tadellos bearbeiteter Kollektor ist eine der ersten Bedingungen für den funkenfreien Gang der Maschine.

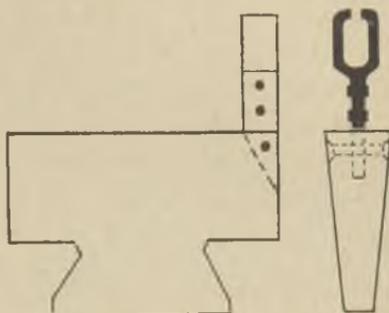


Fig. 64 a. - Kollektorlamelle mit eingesetzter Fahne.



Fig 64 b. Kollektor mit Fahnen.

## Die Anfertigung von Feldspulen.

Die Feldspulen der Gleichstrommaschinen lassen sich im allgemeinen auf recht einfache Art herstellen.

Bedingung ist in allen Fällen, daß bei der Anfertigung im Reparaturwerk der richtige Drahtquerschnitt und die erforderliche Windungszahl gewählt wird.

Beide Größen können fast ausnahmslos der beschädigten Spule entnommen werden. Fehlen die Angaben durch vollständige Vernichtung der Spulen, so sind die erforderlichen Daten von dem Fabrikanten einzuholen, oder durch Berechnung von einem Ingenieur zu ermitteln.

Bei älteren Maschinentypen sind die Drahtlagen der Feldspulen auf Kästen aus Zink oder Messingblech gewickelt. Die gebrauchsfähige Wiederherstellung derartiger Spulen beschränkt sich daher auf den Ersatz der Drahtwindungen.

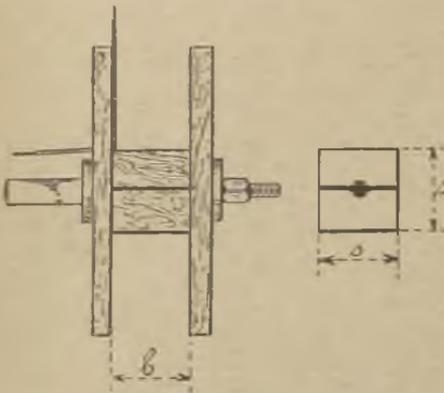


Fig. 65. Holzschablone zur Herstellung von Feldspulen für Gleichstrommaschinen.

Die Feldspulen der modernen Maschinen werden im allgemeinen auf Holzschablonen hergestellt. Fig. 65 zeigt eine derartige Schablone. Dieselbe besteht aus zwei Seitenteilen und einer Zwischenlage.

Die Seitenteile werden so groß gewählt, daß mehrere Spulengrößen auf der Schablone angefertigt werden können. Das hierzu benutzte Holz muß trocken, gehobelt und ca. 15 bis 20 mm dick sein. Die Zwischenlage entspricht der Form des Polkernes unter Zugabe der erforderlichen Isolationsschicht. Die Abmessungen „b“ und „s“ in Fig. 65 werden der beschädigten Spule entnommen. Um ein störungsloses Entfernen der fertigen Spule aus der Schablone sicherzustellen, wird die Zwischenlage zwei-

teilig hergestellt. Zwischen beiden Lagen wird außerdem ein etwa 1—2 mm starker Preßspanstreifen eingefügt, nach dessen späterer Entfernung die Zwischenlage mühelos der fertigen Spule entnommen werden kann.

Ein Seitenteil wird in Höhe der Zwischenlage durchgebohrt, um den Anfang des Drahtes festlegen zu können.

Die Schablone wird auf einer Spulenwickelmaschine oder auf der Drehbank gespannt. Beide Vorrichtungen müssen mit Tourenzähler ausgerüstet sein, damit ein Zählen der Drahtwindungen durch den Wickler erübrigt wird.

Damit die einzelnen Drahtlagen bei der Entnahme der fertig gewickelten Spule aus der Schablone nicht verschoben werden, sind Leinenbänder vorgesehen, die jedesmal nach einigen Drahtlagen von rechts nach links und umgekehrt umgeschlagen werden. Fig. 66 zeigt die Anordnung dieser Bänder. Die Länge derselben ist reichlich bemessen, die freiliegenden Enden sind bei dem Wickelvorgang über spitze Drahtstifte gezogen und um die Haltebolzen der Schablone geschlungen.

Ist die erforderliche Windungszahl erreicht, welches auf dem Tourenzähler festgestellt werden kann, so wird die Spule aus der Schablone entfernt und an vier Stellen mit Leinenband oder Bindfaden gebunden.

Bei größeren Spulen und stärkeren Drähten wird das Ende des Drahtes durch untergelegte Schlaufen aus Leinenband befestigt.

Am Schluß wird der Draht durch die Schlaufe gesteckt, worauf die Schlaufe mittels Flachzange angezogen wird. (Fig. 67.)

Falls Platz vorhanden, empfiehlt es sich, zwischen den einzelnen Drahtlagen dünne Isolation zwischenzulegen. Da die Anfänge und Enden der Feldspulen bei der weiteren Verarbeitung

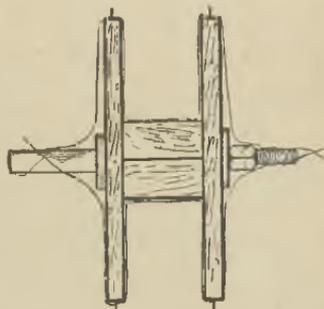


Fig. 66. Anordnung der Leinenbänder bei der Herstellung der Feldspulen.

häufig gebogen und auf Zug beansprucht werden, so sind vorzugsweise bei Spulen mit dünnen Drähten mehradrige Kupferlitzen mit guter Isolation versehen, anzulöten.

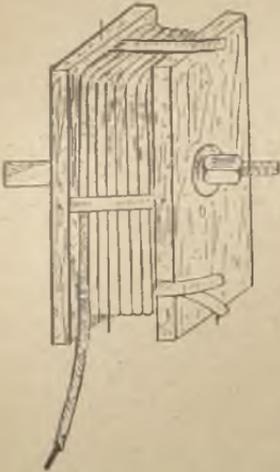


Fig. 67. Befestigung des Schaltendes einer Feldspule mittels Bandschleife.

Die Ausführung des Anfanges einer Spule ist besonders zu beachten. Der Anfang kreuzt gewöhnlich sämtliche Drahtlagen der Feldspule. Eine reichliche zweckentsprechend eingefügte Isolation muß diese Stelle, die am meisten gegen Durchschlagen gefährdet ist, sichern. (Fig. 68.)

Da sämtliche Spulen in derselben Drehrichtung aufgespult werden, empfiehlt es sich zum Zwecke einer einwandfreien Hintereinanderschaltung innerhalb des Gehäuses, Anfang und Ende jeder zweiten Spule nach Fig. 69 anzuordnen.

Anfang der Spule 1 muß mit dem Anfang der Spule 2 verbunden werden. Die Spule 2 würde im Gehäuse so liegen, daß die jetzt oben liegende Seite dem Anker zugekehrt wäre.

Nach Bewicklung der Feldspulen mit Leinen- und Ölband

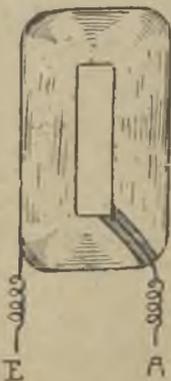


Fig. 68. Isolation eines Anfanges bei Feldspulen.

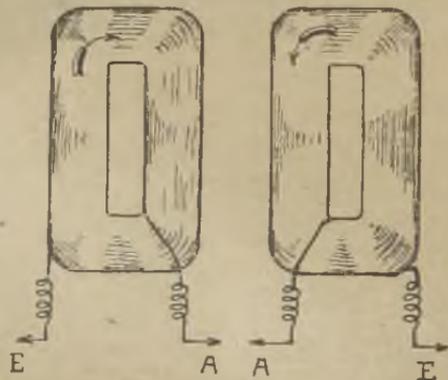


Fig. 69. Anordnung der Schaltenden bei Feldspulen.

werden dieselben in das Gehäuse eingebaut. An den Druckstellen werden Glimmer- oder Preßspanstreifen zwischengefügt.

Die Feldspulen werden zweckmäßig vor der Bewicklung in Isolierlack getränkt. Es empfiehlt sich aber, vor der Lackierung die Spulen in das Gehäuse einzupassen und die eventuell nötige Verbesserung der Gesamtform auszuführen.



Fig. 70.



Fig. 71.

Feldspulenform für runde Maschinentypen.

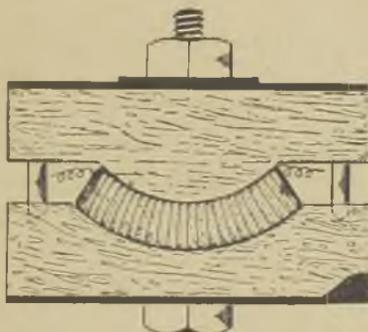


Fig. 72. Holzschablone zum Biegen von Feldspulen.

Die Feldspulen der zweipoligen runden Maschinentypen müssen z. B. in den meisten Fällen aus Fig. 70 in Fig. 71 geformt werden.

Dies geschieht auf einer Schablone wie sie in Fig. 72 dargestellt wird.

### Die Herstellung der Wicklungen an Drehstrommotoren.

Die Wicklungen an Drehstrommotoren werden in Reparaturwerken fast ausschließlich von Hand hergestellt. Die hierbei er-

forderliche Fertigkeit stellt an den Ankerwickler nicht so große Ansprüche, wie bei der Anfertigung von Gleichstromwicklungen.

Mit Ausnahme der in Frage kommenden Stabwicklungen, die vorzugsweise bei Drehstromläufer von ca. 10 PS an angewandt werden, handelt es sich im allgemeinen um eine fast rein mechanische Einfädelerung der Drähte in die ganz oder halbgeschlossenen Nuten des Ständers oder Läufers.

Trotz dieser verhältnismäßig einfachen Arbeit muß immer wieder auf größte Sorgfalt bei jedem Handgriff hingewiesen werden. Wenn im allgemeinen bei Drehstrommaschinen von einer geringeren Empfindlichkeit gesprochen werden kann als bei Gleichstrommaschinen, so ist unter keinen Umständen hieraus zu folgern, daß bei der Herstellung der Wicklungen ein geringerer Aufwand an Sorgfalt und Kenntnisse gerechtfertigt wäre.

Die praktische Arbeit bei der Herstellung der Wicklungen an Läufer und Ständer ist, soweit es sich um Drahtwicklungen handelt, prinzipiell gleich.

Man kann in beiden Fällen von drei getrennten Wicklungen sprechen, die gewöhnlich in dem Nullpunkt (Stern) geschlossen werden. Diese drei Wicklungen findet man sowohl im Läufer als auch im Ständer. Jede Wicklung besteht aus einer Anzahl Wicklungselemente die hintereinander oder parallel geschaltet sind.

Während bei Gleichstromwicklungen von Spulen gesprochen ist, sollen diese Wicklungselemente mit Gruppen bezeichnet werden.

Die Anzahl der Gruppen in einer Ständer- oder Läuferwicklung ist abhängig von der Polzahl der Maschine. Da bei Drehstrommaschinen die Umdrehungszahl des Läufers wiederum abhängig von der Polzahl der Maschine und der Anzahl der Polwechsel in der Sekunde (Frequenz) ist, so ergibt sich ein bestimmter Zusammenhang zwischen diesen Größen, durch den der Ankerwickler äußerst wesentliche Feststellungen machen kann. Es ist zunächst wichtig zu wissen, daß Drehstrommaschinen nur mit ganz bestimmten Umdrehungszahlen ausgeführt werden.

Der Übersichtlichkeit halber soll nachstehend eine kurze Tabelle über die Polzahl, Frequenz und Umdrehungszahl der gebräuchlichsten Motortypen angeführt werden. In der Spalte 4 ist die Anzahl der Gruppen in der Ständer- bzw. Läuferwicklung angegeben, so daß die Folgerung, die aus den eben angeführten Größen gezogen werden kann, ersichtlich gemacht ist.

Perioden, Frequenz	Polzahl	Um- drehungen ca.	Anzahl der Gruppen in der Wicklung
1	2	3	4
50	2	3000	6
50	4	1500	6
50	6	1000	9
50	8	750	12
50	10	600	15

Es soll hier nicht unerwähnt bleiben, daß die Umdrehungszahlen der Drehstrommaschinen infolge der Belastung, der Ausführung der Maschine und des verwendeten Materials kleinen Schwankungen nach unten unterworfen sind. Z. B. findet man sehr häufig auf den Leistungsschildern anstatt 1500 Umdr. nur 1450, oder anstatt 1000 Umdr. nur 950 usw. Im allgemeinen gelten diese Zahlen für die vollbelastete Maschine, während bei Leerlauf die in der Tabelle eingesetzten Zahlen angenommen werden können.

Man kann also aus der Gruppenzahl ohne weiteres die Umdrehungszahl der Maschine erkennen und umgekehrt. Andererseits läßt sich auch nach der Polzahl die Anzahl der Gruppen und die Umdrehungszahl feststellen.

Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß eine zwei-polige Maschine sechs Gruppen hat, die aber anders angeordnet und geschaltet sind als die sechs Gruppen bei einer vierpoligen Maschine.

Die Kenntnis des aus der Tabelle ersichtlichen Zusammenhanges ist für den Ankerwickler in dem Falle wertvoll, wenn die Wicklungsdaten einer Maschine durch teilweise oder gänzliche Vernichtung der Wicklung von der reparaturbedürftigen Maschine nicht entnommen werden können.

Auch wenn eine Formspulenwicklung im Ständer oder Läufer durch eine einfache Gruppenwicklung ersetzt werden soll, leistet die Tabelle gute Dienste.

An der Formspulenwicklung ist ohne Kenntnis des Wickelschemas nicht ohne weiteres die Umdrehungszahl usw. der Maschine zu erkennen. Ist das Leistungsschild aber vorhanden, so kann von der Umdrehungszahl auf die Polzahl geschlossen und somit auch die Anzahl der Gruppen festgelegt werden.

Soll also z. B. eine Drehstrommaschine der Deutschen Elektrizitätswerke Aachen bei einer Neuwicklung des Ständers nicht in der Original-Formspulenwicklung, sondern aus irgendeinem Grunde in einfacher Gruppenwicklung ausgeführt werden, so genügt die Angabe der Umdrehungszahl der Maschine, die Windungszahl pro Nute, der Drahtquerschnitt und die Schaltung. Die Anzahl der Gruppen ergibt sich hierbei aus der Umdrehungszahl. Die übrigen Daten werden der defekten Wicklung entnommen.

Die Polzahl einer Drehstrommaschine ist gleich Zweidrittel der Gruppenzahl. Hat eine Maschine in der Ständer- bzw. Läufer-

wicklung neun Gruppen, so ist die Polzahl  $\frac{9 \times 2}{3} = 6$ , sind 15 Grup-

pen vorhanden, so ist die Polzahl  $\frac{15 \times 2}{3} = 10$  usw.

Macht eine Drehstrommaschine 1000 Umdr. in der Minute, so hat die Ständer- bzw. Läuferwicklung neun Gruppen, ist die Umdrehungszahl 1500, so sind sechs Gruppen vorhanden usw.

Hierbei ist gleichgültig, ob auf eine Gruppe 4, 6, 8 oder 10 Nuten entfallen.

Dieser kurze Abschnitt sei der Wichtigkeit halber dem eigentlichen Thema vorausgeschickt.

### Ständerwicklung.

Die bei der Herstellung einer Ständerwicklung benutzten einfachen Hilfsmittel sind in ihrer gebräuchlichsten Form in Fig. 73 dargestellt.

Es handelt sich hier um einen Ständer mit halbgeschlossenen Nuten, so daß die einzelnen Drähte von oben in die Nuten gelegt werden können.

Auf beiden Seiten des Ständereisens sind Holzkeile so in die Nuten eingeschoben, daß die einzelnen Windungen um diese Keile gelegt werden können.

Zwischen den Holzkeilen werden jedesmal so viel Nuten freigelassen, daß je eine Hälfte von zwei oberen Gruppen noch eingewickelt werden können.

Die Holzkeile besitzen eine der Nutenöffnung entsprechende Form. Diese Hilfsmittel haben den Vorteil, daß der jeweils eingewickelte Draht seine Lage in der Nute nicht mehr verändern kann, weil die Keile jeder Bewegung Widerstand entgegensetzen.

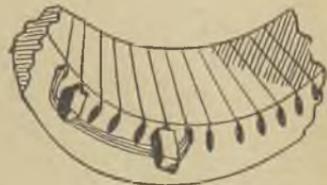


Fig. 73. Anordnung der Holzkeile bei Ständer mit halbgeschlossenen Nuten.

Die Wicklung muß so angeordnet sein, daß die obere Gruppe die Drähte der unteren Gruppe nicht berührt.

Beim Einwickeln der Drähte in einem Ständer mit halbgeschlossenen Nuten lagert man das Gehäuse so hoch, daß der Wickler in stehender Haltung bequem arbeiten kann.

Falls zwei Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, ist es empfehlenswert, das Gehäuse tiefer zu lagern, so daß die Wickler in sitzender Haltung arbeiten können, ohne ihren Platz hierbei verlassen zu müssen. Jeder Wickler arbeitet dann an einer Gehäuseseite. Die Arbeit wird hierdurch entsprechend erleichtert und beschleunigt.

Die einzelnen Gruppen erhalten die in Fig. 74 dargestellte Form. Jeder Draht muß von Hand entsprechend gebogen werden. Beim Biegen der ersten Drähte einer Gruppe ist auf den zur Verfügung stehenden Platz Rücksicht zu nehmen. Da die Platzverhältnisse bei allen Maschinen verschieden sind, empfiehlt es sich, bei der Demontage der defekten Wicklung die Lage einer Gruppe zu kontrollieren und die evtl. beschränkten Platzverhältnisse für die Neuwicklung vorzumerken.

Nach Fertigstellung einer Gruppe sind stets beide

Lagerschilder aufzupassen und festzustellen, ob die Drahtwindungen einen entsprechenden Abstand von dem Eisenkörper haben.

Etwaige Formverbesserungen sind gegebenenfalls vorzunehmen und beim Einwickeln der zweiten Gruppe zu berücksichtigen.

Überkreuzungen innerhalb der Nuten sind tunlichst zu vermeiden. Im allgemeinen ist der Platz so bemessen, daß die er-

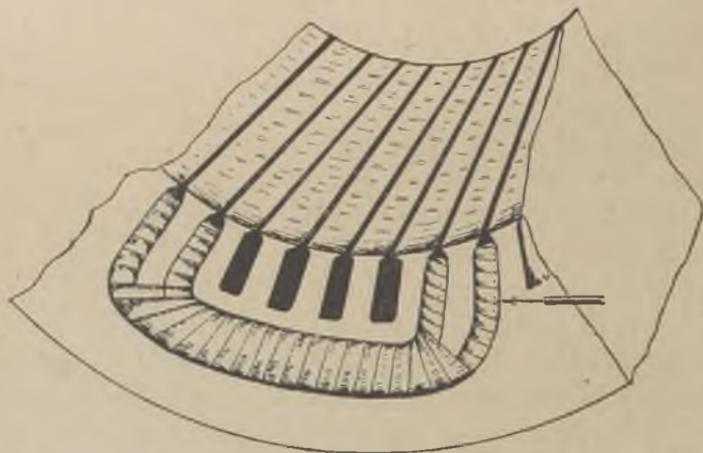


Fig. 74. Drehstrom-Ständer mit eingewickelter Gruppe.

forderliche Anzahl der Drahtwindungen nur dann in einer Nute untergebracht werden können, wenn jeder Draht sauber geradegerichtet eingelegt wird und Überkreuzungen vermieden werden.

Läßt der Wickler es an der nötigen Sorgfalt fehlen, so bereitet das Einlegen der letzten Drähte in einer Nute große Schwierigkeiten und stellt außerdem ein betriebssicheres Arbeiten der Wicklung in Frage, da Beschädigungen der Isolation hierbei nicht zu vermeiden sind.

Sind die Raumverhältnisse in den Nuten schon bei dem Abbau der beschädigten Wicklung als beengt erkannt, so empfiehlt es sich, vor Beginn der Wickelarbeit die erforderliche Anzahl Drähte für eine Nute in Nutenlänge abzuschneiden und in die Nute einzupassen.

Etwaige Unstimmigkeiten in der Stärke der Drahtumspinnung oder der Nutenisolation werden hierdurch frühzeitig erkannt und können entsprechend berücksichtigt oder geändert werden.

Die in der Gehäusewicklung unten liegenden Gruppen erhalten eine nach dem äußeren Durchmesser des Ständers zeigende Kröpfung.

Um an der in Fig. 74 mit einem Pfeil bezeichneten Stelle ein Einreißen der Nutenisolation zu vermeiden, ist eine aus mehreren Preßspanstreifen hergestellte Zwischenlage herzustellen und nach Fig. 75 einzufügen.

Diese Zwischenlage wird nach beendigter Wickelarbeit an einer Gruppe entfernt, so daß auch an dieser Stelle der erforderliche Abstand zwischen Wicklung und Eisenkörper vorhanden ist.



Fig. 75. Drehstrom-Ständer zur Aufnahme der Wicklung vorbereitet.

Sind in einer Nute die erforderlichen Windungen eingewickelt, so werden die überstehenden Kanten der Isolation nach innen umgebogen und die Nuten durch einen Holz- oder Fibrekeil geschlossen.

Um beim Eintreiben der Keile in die Nuten die Drahtwindungen vor Beschädigung der Isolation zu schützen, ist ein Preßspanstreifen in Nutenbreite zwischen Keil und Wicklung einzulegen.

Die Drahtbündel jeder Nute werden hierauf im allgemeinen mit Leinenband umwickelt. Das Zwischenfädeln des Leinenbandes



Fig. 76. Nadel aus Preßspan mit eingefädelteten Leinenbandstreifen.

zwischen und um die einzelnen Drahtlagen geschieht zweckmäßig mit einer aus Preßspan zugeschnittenen Nadel (Fig. 76).

Anfang und Ende jeder Gruppe ist durch Bewicklung mit Ölleinband besonders gut zu isolieren.

Die Fertigstellung der oberen Gruppen einer Ständerwicklung geschieht in der vorbeschriebenen Weise. Um den einzelnen



Fig. 77. Drehstrom-Ständer mit 3 eingewickelten unteren Gruppen und eine im Entstehen begriffene obere Gruppe.

Drähten einer Nute während der Wickelarbeit einen Halt zu geben, sind schräg geschnittene Holzteile zu verwenden.

Die Anordnung dieser Holzkeile zeigt Fig. 77.

### Ständer mit geschlossenen Nuten.

Bei Ständern mit geschlossenen Nuten müssen die Drähte auf eine umständliche Art in die Nuten hineingefädelt werden.

Um Lötstellen innerhalb der Wicklung tunlichst zu vermeiden, wählt man die Länge des Wickeldrahtes so, daß eine

Gruppe hiermit eingewickelt werden kann. Entfallen auf eine Gruppe jedoch so viele Windungen, daß die Drahtenden zu lang werden (z. B. bei Hochspannungsmotoren), so sind Lötstellen innerhalb der Wicklung nicht zu umgehen und daher die Drahtlänge einer Gruppe entsprechend zu teilen.

An dieser Stelle sei auf größte Sorgfalt bei der Herstellung der Lötverbindungen hingewiesen.

Schlechte Lötstellen stellen den betriebssicheren Gang der Maschine in Frage und führen mit der Zeit stets zu Störungen kleineren oder größeren Umfanges.

Ist die Wicklung einer Drehstrommaschine mit einem derartigen Fehler behaftet, so brummt der Motor auffällig laut.

Bei vorgeschrittener Oxydation der zusammengefügtten Wickeldrähte an der Lötstelle erwärmt sich diese stark. Schaltet man ein Amperemeter zwischen jede Phase der Wicklung, so zeigt die Nadel des Instrumentes gewöhnlich einen schwankenden Ausschlag.

Der Unterschied der von dem Instrument angezeigten Werte ist um so größer, je mangelhafter der Kontakt an der Lötstelle ist.

Wenn innerhalb der Wicklung viele Lötstellen liegen, so ist die Festlegung der beschädigten Stelle folgerichtig sehr schwierig.

In vielen Fällen wird man gezwungen sein, mehrere Gruppen, evtl. sogar die ganze Wicklung, abzuwickeln, um den Defekt zu beheben.

Bei der Fehlerbestimmung dieser Art trennt man zweckmäßig die einzelnen Gruppen voneinander und belastet jede einzelne Gruppe durch Zwischenschalten eines Widerstandes mit einer dem Querschnitt des Drahtes entsprechenden Amperezahl.

Hierbei ist ein Amperemeter einzuschalten und die Nadel des Instrumentes längere Zeit zu beobachten, ob der Ausschlag schwankt oder die Stromaufnahme bei einer oder mehreren Gruppen kleiner ist als normal. In diesem Falle wird der Fehler innerhalb dieser Gruppen liegen.

Auch mit einer Meßbrücke lassen sich etwaige mangelhafte Lötstellen innerhalb der Wicklung feststellen, indem man den Widerstand jeder Gruppe genau ermittelt. Unter der Voraus-

setzung, daß sämtliche Gruppen die gleiche Drahtlänge haben, muß der Widerstand in allen Gruppen gleich groß sein.

Sind innerhalb einer Gruppe eine oder mehrere schlechte Lötstellen vorhanden, so wird man einen höheren als normalen Widerstand ermitteln.

Ist die Wicklung jedoch unsachgemäß ausgeführt, sind z. B. die Drahtlängen der einzelnen Gruppen verschieden, oder hat der benutzte Wickeldraht verschiedenen Querschnitt, so ist die Feststellung der schlechten Lötstellen mit Hilfe der Meßbrücken unsicher oder sogar unmöglich.

Vielfach zeigt sich aber auch ein derartiger Fehler nach außen durch starke Erwärmung und durch Vernichtung der Isolation infolge Funkenbildung an der schlechten Lötstelle.

Durch diesen kurzen Hinweis ist die erforderliche Sorgfalt bei der Herstellung von Lötstellen wohl begründet.

Die Fig. 78 und 79 zeigen zwei bewährte Arten von Lötverbindungen an Drehstromwicklungen.

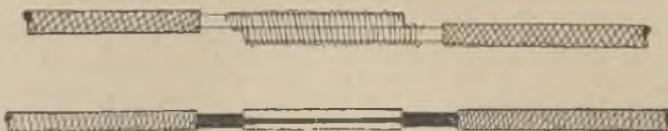


Fig. 78 u. 79. Lötverbindungen bei Drehstromwicklungen.

In Fig. 78 sind die blanken Drahtenden sauber von Niederschlägen befreit, übereinandergelegt, mit blankem Kupferdraht eng bewickelt und gelötet. Diese Verbindungsart hat den Vorzug, daß man das Eindringen des flüssigen Lötzinnes nach vollzogener Lötung feststellen kann.

In Fig. 79 sind die blanken Drahtenden in ein geschlitztes Kupferröhrchen geschoben und miteinander verlötet. Die Wandung dieser Röhrchen darf nicht zu dünn sein, um ein Zerbrechen der Lötstellen bei späterer Biegung der Drähte zu vermeiden.

Geschlossene Kupferröhrchen sind von der Verwendung grundsätzlich auszuschließen, da eine Kontrolle über die Kontaktsicherheit der Lötstelle nach vollzogener Lötung nicht möglich ist.

Diese letzte Art der Lötverbindung nimmt weniger Platz in Anspruch, als die in Fig. 78.

Wenn innerhalb einer Gruppe mehrere Lötstellen hergestellt werden müssen und der Raum für die Aufnahme der Wicklung beengt ist, so wird man diese Art vorziehen.

Für die bei der Hintereinander- oder Parallelschaltung der einzelnen Gruppen vorkommenden Lötstellen ist das Verfahren in Fig. 78 entschieden vorzuziehen. Bei guter Lötung ist unbedingte Kontaktsicherheit gewährleistet. Die Lötstellen sind mit Ölleinen und Leinenband zu isolieren.

Für die Nutenisolation bei Ständern mit geschlossenen Nuten werden Mikanitröhren (bei Hochspannungsmotoren) oder aus mehreren dünnen Preßspanlagen hergestellte Hülsen verwandt.

Die Herstellung der Mikanitröhren muß Spezialfabriken überlassen bleiben. Die Fa. Meirowsky in Köln-*Porz* fertigt Mikanitröhren in jeder Form und für jede Spannung an.

Die Preßspanisolationen für geschlossene Nuten werden mit Hilfe eines Holzdornes, der das Profil der Nutenöffnung hat, hergestellt. Der Dorn muß um die Isolationsstärke dünner sein als die Nutenöffnung. Fig. 80 zeigt einen derartigen Holzdorn.



Fig. 80. Profilstab aus Hartholz als Hilfsmittel bei der Herstellung von Nutenisolationen.

Der auf Maß abgeschnittene Preßspanstreifen wird fest um den Dorn gewickelt und der Dorn mit der Isolation hierauf in die Nuten geschoben. Je nach der Betriebsspannung der Maschine kann auch Preßspan mit Ölleinen zusammen mehrere Male um den Dorn gewickelt werden. Es ist jedoch darauf zu achten, daß das Ölleinen in der lichten Öffnung und an der äußeren Wandung fortgelassen wird, um ein störungsloses Einschieben der Isolation in die Nuten und das Einfädeln der Wickeldrähte in die Isolierhülse zu ermöglichen.

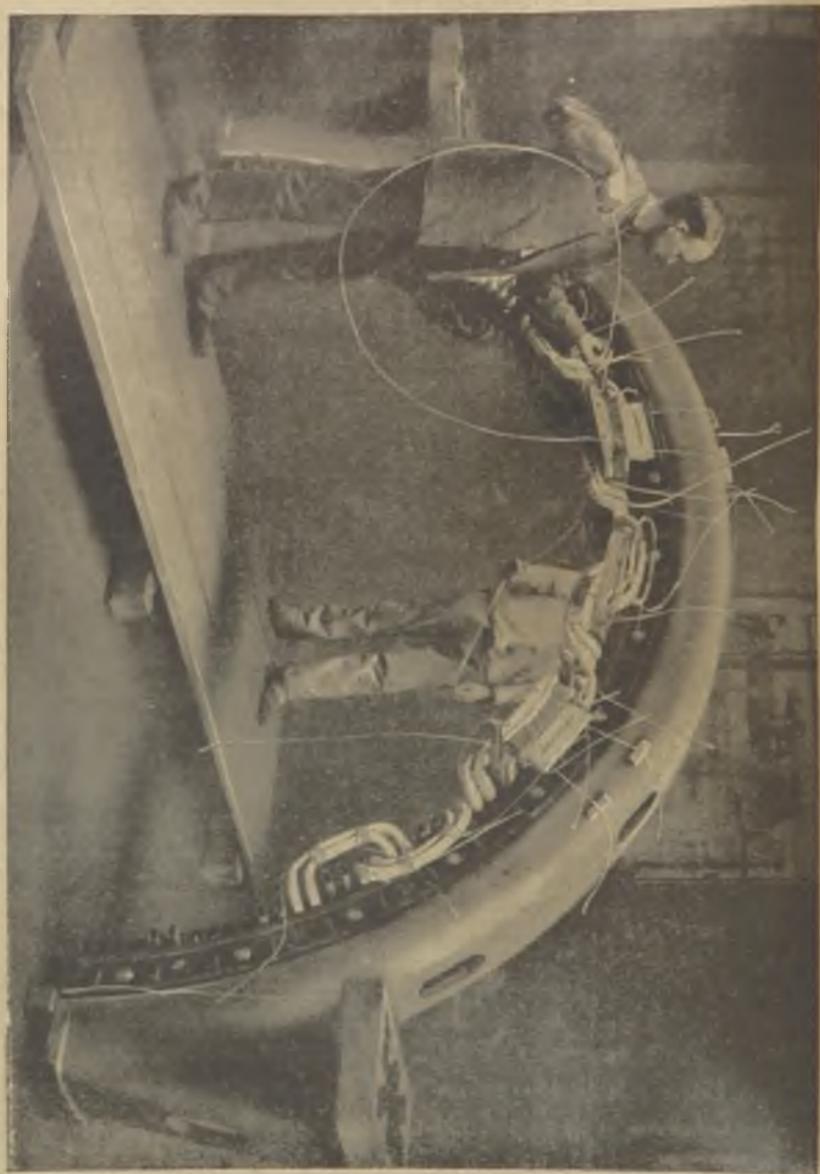


Fig. 80 a. Einfäden der Wickeldrähte bei einem Hochspannungs-Motor.

Die einzelnen Preßspanlagen können auch noch mit luft-trocknendem Isolierlack aufeinander geklebt werden.

Diejenigen Nuten, die zu einer Gruppe gehören, werden nach Einfügen der Isolierhülse mit einer der Windungen entsprechenden Anzahl von blanken Drähten aus Eisen, Stahl oder Messing gefüllt.

Der Durchmesser dieser Drähte, die in der Ankerwicklei auch Nadeln genannt werden, muß so groß sein wie der Wickeldraht mit der Umspinnung.

Der Wickeldraht wird etwa in Nutenlänge am Anfang abisoliert und die Enden der Umspinnung doppelt geknotet. Als dann wird jedesmal eine Nadel aus der Nute entfernt und der Wickeldraht nachgeschoben. Um eine gleichmäßige Form der Gruppen zu erhalten, ist die Verwendung der in Fig. 73 erwähnten Holzkeile zu empfehlen.

Geübte Wickler können gewöhnlich ohne weitere Hilfsmittel durch geschickte Biegung der einzelnen Drahtwindungen diese gleichmäßige Form erreichen.

Bei der Herstellung der Wicklungen an Einphasen-Wechselstrommaschinen findet das Gesagte sinngemäß Anwendung.

Sämtliche Gruppen der Ständerwicklung werden im Sinne des Uhrzeigers eingewickelt, und zwar zuerst die unteren und hieran anschließend die oberen Gruppen.

### Läuferwicklungen.

Die Herstellung der Drahtwicklungen an Läufern mit halbgeschlossenen Nuten und vollständig geschlossenen Nuten entspricht der Wickelarbeit bei Ständerwicklungen in gleicher Ausführung.

Neben einer gleichmäßigen Anordnung der einzelnen Gruppen auf den Stirnseiten des Läufers ist besonderer Wert auf die zentrische Lagerung und gute Befestigung der Wicklung zu legen.

Die zentrische Lagerung der Gruppen auf den Stirnseiten des Läufers wird durch zylindrische Holzscheiben, die auf die Läuferwelle aufgeschoben werden, erreicht.

Fig. 81 zeigt die Anordnung dieser Scheiben. Während bei Ständerwicklungen stets mit dem Einwickeln der Drähte in die beiden innen liegenden Nuten begonnen wurde, ist es bei der Herstellung der Läuferwicklungen umgekehrt.

Bei jeder Gruppe werden hier zuerst die beiden außen liegenden Nuten vollgewickelt. Die Drähte der nächsten Nuten werden, wie in Fig. 81 ersichtlich, auf die bereits fertiggewickelten



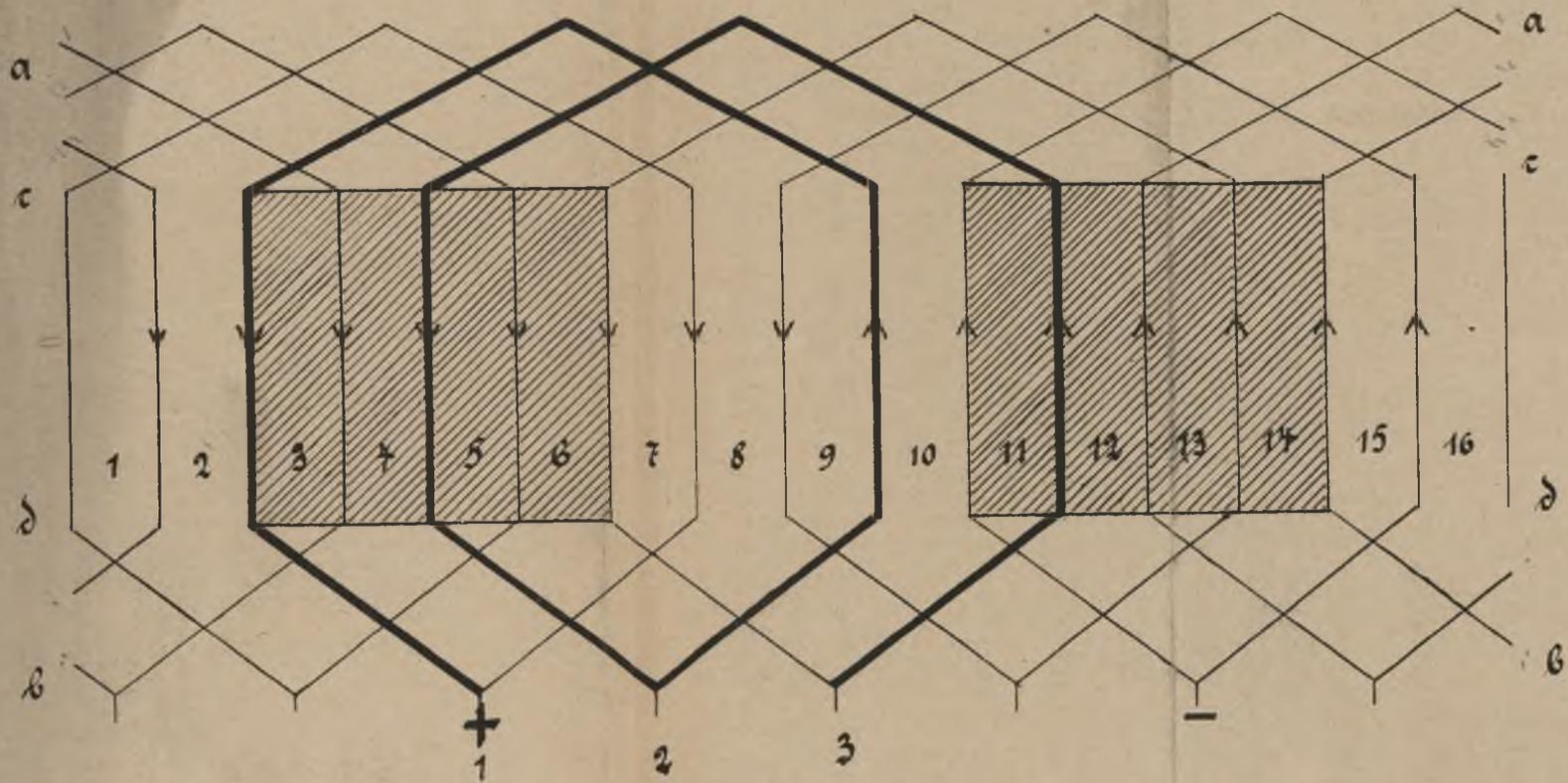
Fig. 81.

Stirnseite eines Drehstrom-Läufers mit eingewickelten Gruppen.

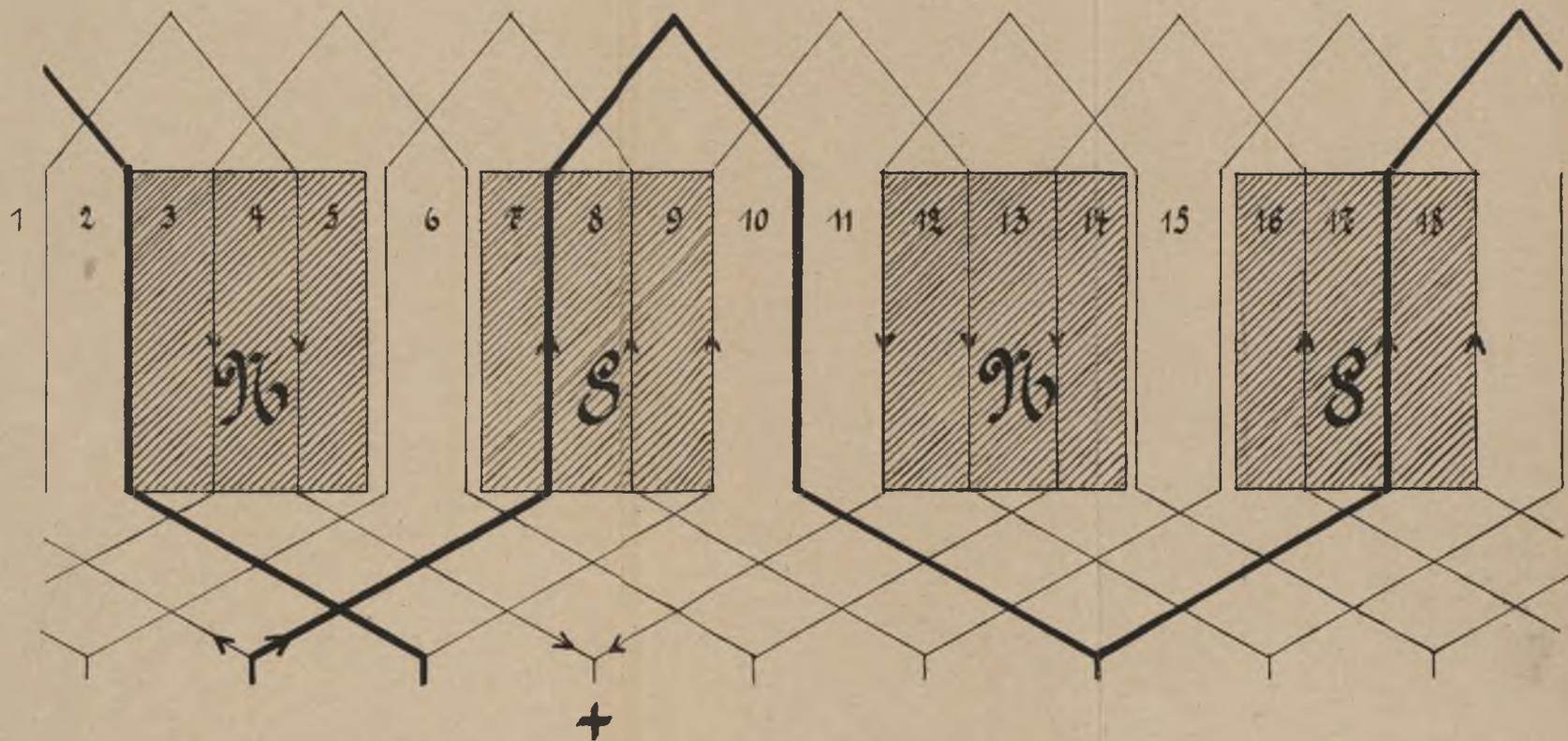
Lagen angeordnet. Nach Fertigstellung der unteren Gruppen werden dieselben evtl. mit Leinenband bandagiert und hierauf die oberen Gruppen eingewickelt.

Die Holzscheiben werden zwecks Bewicklung der unteren Gruppen abgezogen und nach vollendeter Arbeit wieder eingefügt.

Nach beendigter Wickelarbeit werden mit Leinenband isolierte Eisenringe in die kreisrunde Öffnung der Wicklung eingesetzt und die oberen Gruppen mit Draht- oder Kordelbandagen hieran befestigt. (Fig. 82.)



Parallel- (Schleifen-) Wicklung.



Serien- (Reihen-) Wicklung.



Die Befestigung der einzelnen Gruppen ist unbedingt erforderlich, um bei Arbeitsleistung des Läufers ein Heben der Wicklungen durch die Zentrifugalkraft zu verhindern.

Falls Drahtbandagen angewandt werden, müssen dieselben gut gelötet sein. Für reichliche Isolation (Preßspan usw.) zwischen Bandage und Wicklung ist stets Sorge zu tragen.

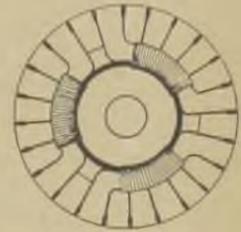


Fig. 82. Befestigung der Läuferwicklung durch isolierten Metallring mit Bandagen.

### Stabwicklungen.

Auch bei Drehstrommaschinen haben die Stabwicklungen unter günstigen Verhältnissen eine lange Lebensdauer.

Ständerwicklungen werden selten in Stabwicklung ausgeführt, hingegen findet man bei Läufern sehr häufig diese Wicklungsart.

Im allgemeinen lassen sich bei Reparaturen an Stabwicklungen die Stäbe ganz oder teilweise wieder verwenden.

Die Wicklung wird an der Schleifringseite geöffnet, die Hülsen, die die untere mit der oberen Stablage verbinden, werden abgelötet, die Stäbe in Verlängerung der Nute gerade gebogen und aus den Nuten entfernt.

Die Anwendung der in Fig. 18 dargestellten Vorrichtung ist hierbei zu empfehlen.

Um eine mühelose Fertigstellung der Wicklung zu gewährleisten, empfiehlt es sich, die Nuten des Läufers mit Zahlen fortlaufend zu bezeichnen.

Die in der betreffenden Nute eingebetteten Stäbe werden ebenfalls mit entsprechenden Zahlen versehen. Die obere Lage ist von der unteren Lage nach Entfernung aus den Nuten abzusondern und in Bündeln von etwa 10 Stäben zusammenzubinden.

Die Biegung der Stäbe an der Riemenscheibenseite des Läufers bleibt bestehen, so daß die aus den Nuten entfernten Stäbe die Form Fig. 83 haben.

Die freigelegten Stäbe werden von der Isolation befreit und auf einer Richtplatte gerade gerichtet. Alsdann werden die Löt-

stellen mittels Lötlampe gesäubert und die Stäbe unter Verwendung einer Bandlänge mit Leinenband bewickelt.

Die Isolationen für die Nuten werden auf die unter „Ständerwicklungen“ beschriebene Art angefertigt und in die Nuten eingefügt.

Falls einige Stäbe zerstört oder die gesamte Wicklung unbrauchbar ist, bedient man sich für die Neuanfertigung der Stäbe der in Fig. 53 und 54 abgebildeten Biegevorrichtungen.



Fig. 83. Kupferstab aus der Läuferwicklung eines Drehstrommotors.

Einzelne Stäbe lassen sich auch im Schraubstock gebrauchsfertig biegen.

Die Herstellung der Wicklung geschieht folgendermaßen: Die bewickelten Stäbe werden mit Paraffin oder

Talkum eingerieben. Mit Nr. 1 begonnen, werden sämtliche unteren Stäbe der Reihe nach in die Nuten eingefügt. Alsdann wird über jeden Stab innerhalb der Nuten ein Preßspanstreifen gelegt und die oberen Stäbe in gleicher Weise in den Nuten untergebracht. Zwischen der oberen und unteren Stablage werden evtl. Preßspanstreifen so zwischengefügt, daß eine Berührung der Stäbe nicht möglich ist. Falls erforderlich, kann auch die untere Lage der Stäbe, vor dem Einbau der oberen Stäbe, mit einer Kordelbandage befestigt werden.

Alsdann werden die von Zinnresten befreiten Hülsen über die gebogenen Stäbe geschoben und die Wicklung ausgerichtet.

Die Biegung der Stäbe an der Schalt- bzw. Schleifringseite des Läufers geschieht mit Hilfe einer Gabel und eines Hebels.

Die Gabel wird am Austritt der Stäbe aus den Nuten über beide Stäbe geschoben, jeder Stab einzeln mit dem Hebel gefaßt und winkelig gebogen. In der Fig. 84 sind die beiden erwähnten Hilfsmittel und die Anwendung derselben dargestellt.

Ein gebrauchsfertig geformter Stab hat die in Fig. 85 dargestellte Form.

Verfolgt man den Verlauf der Wicklung auf Tafel III (Wickelschema eines 8poligen Drehstromläufers), so findet man, daß ein oberer Stab mit einem um das Maß der Polteilung ent-

fernt liegenden unteren Stab verbunden ist. Der Stab 1 (obere Lage) ist mit Stab 13 (untere Lage) verbunden. Dieser Schritt muß bei der Demontage der Wicklung schriftlich festgelegt werden.

Jede Stabwicklung bei Drehstromläufern besteht aus drei getrennten Wicklungen, deren Anfänge mit den Schleifringen verbunden und deren Enden durch eine Brücke miteinander verkettet sind.

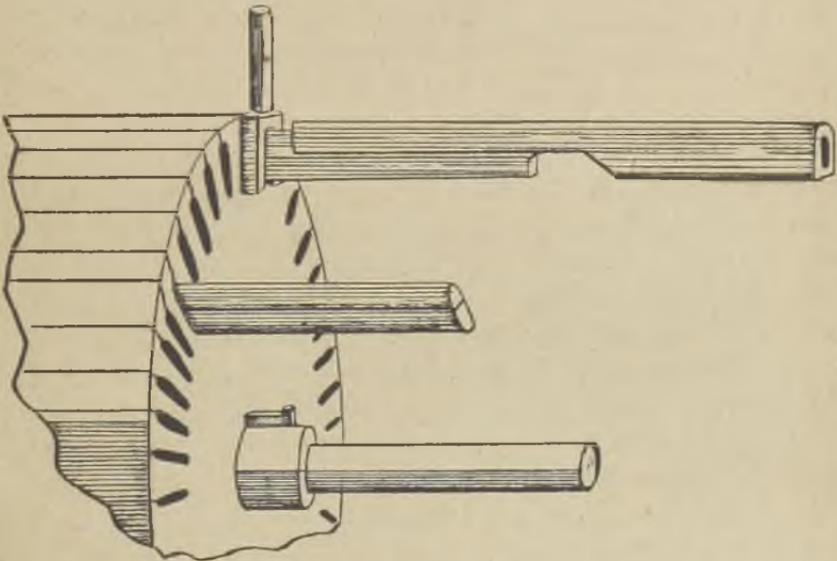


Fig. 84. Das Biegen der Kupferstäbe bei der Herstellung der Stabwicklung eines Drehstroms-Läufers.

Die Verbindungen der Stäbe auf der Schaltseite der Wicklung sind durch die Bezeichnung der einzelnen Stäbe bei der Demontage gegeben.

Für Anfänger empfiehlt es sich, nach Möglichkeit von jedem Stabanker ein Wickelschema nach Tafel III anzufertigen. Derartige Unterlagen leisten bei etwaigen Zweifelsfällen gute Dienste.

Nach gebrauchsfertiger Biegung der Stäbe an der Schaltseite der Wicklung werden die Hülsen aufgeschoben, die Wicklung ausgerichtet und gelötet. Die vorgenannte Brücke wird erst nach

vollzogener Lötung der Wicklung eingesetzt, um etwa durch abfließendes Lötzinn entstandenen Schluß zwischen den Phasen noch prüfen zu können.

Die Brücke verbindet, wie schon bemerkt, die drei getrennt liegenden Wicklungen miteinander.

Ist daher die Brücke noch nicht eingesetzt, so darf zwischen den einzelnen Phasen keine leitende Verbindung bestehen.

Mit einer Prüflampe läßt sich dies sehr leicht feststellen. Etwaige Zinn-tropfen zwischen den Stäben werden entfernt und hierauf die Brücke eingesetzt und gelötet.



Fig. 85. Fertig geformter Stab aus einer Drehstrom-Läuferwicklung.

Wenn man von der Herstellung der Stabwicklungen absieht, handelt es sich bei der Anfertigung von Drehstromwicklungen um eine verhältnismäßig einfache Arbeit. Auch die in Frage kommenden Schaltungen sind entsprechend einfacher Natur und leicht herzustellen.

Bei Gruppenwicklungen wird gewöhnlich ein Drittel der gesamten Gruppenzahl hintereinander geschaltet und die dann noch freibleibenden drei Anfänge und drei Enden bei Ständerwicklungen nach Fig. 3 und 4 an das Klemmbrett geführt, bei Läuferwicklungen werden gewöhnlich die drei Anfänge an die Schleifringe gelegt und die Enden innerhalb der Wicklung verbunden und gelötet.

Die gebräuchlichsten Schaltungen bei Drehstromwicklungen sind Stern- und Dreieckschaltungen. Die schematische Darstellung dieser beiden Schaltarten sind in den Fig. 86 und 87 gezeichnet.

Fig. 87 zeigt die Sternschaltung. Die Anfänge der drei Wicklungen gehen zur Stromquelle, die Enden sind miteinander verbunden.

Bei Dreieckschaltungen werden die Anfänge und Enden nach Fig. 86 miteinander verbunden. Bei Ständerwicklungen werden fast ausnahmslos die Anfänge und die Enden an das Klemmbrett geführt. Die Anordnung derselben muß so geschehen, daß durch

Einsetzen der in Fig. 3 und 4 gezeichneten Verbindungen Stern- sowohl als auch Dreieckschaltungen ausgeführt werden können.

Drehstrommotore sind gewöhnlich für zwei verschiedene Betriebsspannungen verwendbar, z. B. 380 und 220 Volt. Soll

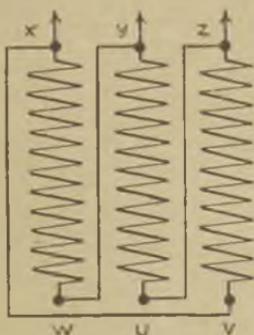


Fig. 86. Schematische Darstellung einer Dreieckschaltung.

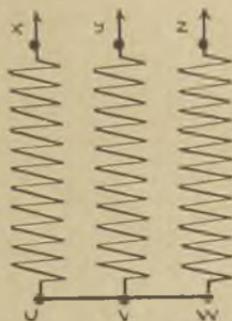


Fig. 87. Schematische Darstellung einer Sternschaltung.

der Motor an die höhere Netzspannung gelegt werden, so werden die Verbindungen an dem Klemmbrett nach Fig. 3 (Sternschaltung) eingesetzt. Für die tiefere Spannung gilt die Anordnung der Verbindungen nach Fig. 4 (Dreieckschaltung).

Um die Wicklung für beide Schaltungen durch einfaches Umsetzen der Metallschienen am Klemmbrett umschalten zu können, müssen die Anfänge und Enden nach Fig. 88 an die Anschlußklemmen geführt werden.

Die Anfänge 1, 2 und 3 kommen an die Klemmen 1, 2 und 3. Die Enden 1, 2 und 3 werden so angeordnet, daß Ende 3 an die erste, Ende 1 an die zweite und Ende 2 an die dritte Klemme, von links gerechnet, zu liegen kommt.

In dieser Anordnung können beide Schaltungen auf die vorbeschriebene Art ausgeführt werden.

Sind nur drei Drähte an das Klemmbrett geführt und die übrigen innerhalb der Wicklung miteinander verbunden, so muß



Fig. 88. Klemmbrett eines Drehstrom-Ständers mit Anordnung der Schaltenden.

für eine Umschaltung die Wicklung geöffnet und die Anfänge und Enden nach Fig. 86 bzw. 87 miteinander verbunden werden.

Die zu leistende praktische Arbeit bei der Herstellung der Schaltung einer 4poligen Ständerwicklung ist etwa folgende:

Die Anfänge und Enden der einzelnen Gruppen werden gerichtet und mit verschiedenen Farben bezeichnet. Die drei Anfänge

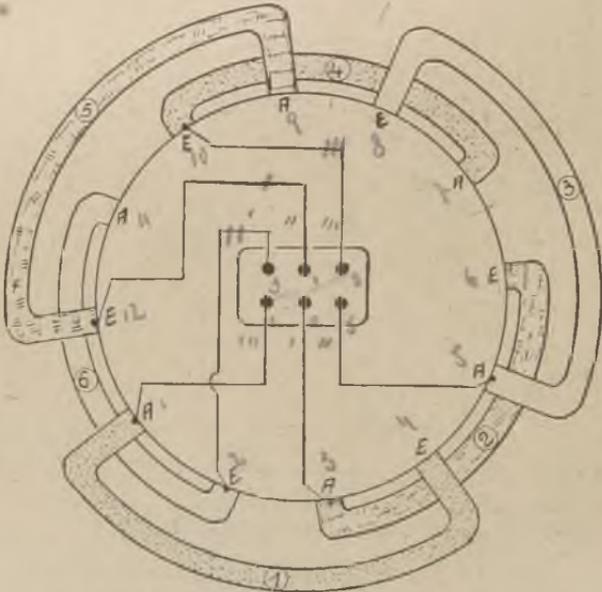


Fig. 89. Schaltbild einer 4poligen Drehstrom-Ständerwicklung.

der dem Klemmbrett zunächst liegenden Gruppen 1, 2 und 3 (Fig. 89) werden besonders gut mit Ölleinen und Leinenband isoliert und an die Anschlußklemmen möglichst mittels Kabelschuhen befestigt.

Der Übersichtlichkeit halber bezeichnet man die einzelnen Gruppen mit fortlaufenden Zahlen, wie dies in Fig. 89 geschehen ist.

Die Anfänge der Gruppen 1, 2 und 3 und die Enden der Gruppen 4, 5 und 6 sind an die Klemmen gelegt.

Die Schaltenden der in Fig. 89, 90 und 91 dargestellten Wicklungen müssen für den praktischen Fall nach dem in Fig. 88 dargestellten Prinzip an die Anschlußklemmen geführt werden.

Es muß nun noch:

Ende Gruppe 1 mit Anfang Gruppe 4,

„ „ 2 „ „ „ 5,

„ „ 3 „ „ „ 6

verbunden werden.

Diese Verbindungen sind der Übersichtlichkeit halber in der Figur fortgelassen.

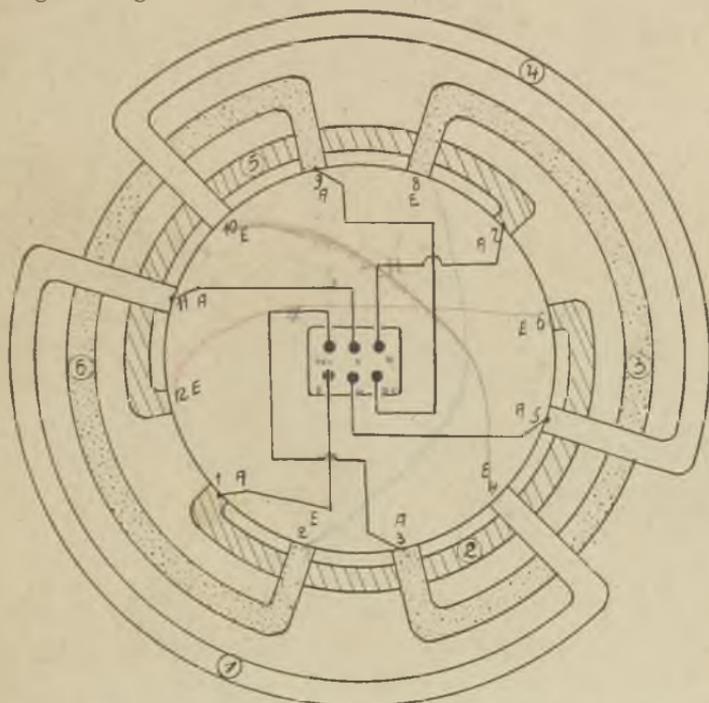


Fig. 90. Schaltbild einer 2-poligen Drehstrom-Ständerwicklung.

Durch diese Anordnung sind 3 getrennte Wicklungen entstanden, die nach Fig. 86 oder 87 in Stern- oder Dreieckschaltung am Klemmbrett verbunden werden. Die Reihenfolge der Anfänge und Enden der einzelnen Wicklungen (Phasen) an den Anschlußklemmen muß der Fig. 88 entsprechen.

Fig. 90 zeigt die Schaltung einer 2-poligen Ständerwicklung.

Der Übersichtlichkeit halber sind 12 Nuten in dem Ständer angenommen und die Nuten fortlaufend von 1—12 bezeichnet.

Die Wicklung besteht aus 6 Gruppen die ebenfalls mit Zahlen von 1—6 versehen sind.

Die Anfänge der Gruppen 2, 4 und 6 sind an die unteren Klemmen, die Anfänge 1, 3 und 5 an die oberen Klemmen geführt.

Es muß nun noch:

Ende Gruppe 1	mit	Ende Gruppe 4,
„	„	2 „ „ „ 5,
„	„	3 „ „ „ 6

verbunden werden.

Im Gegensatz zu der 4 poligen Schaltung (Fig. 89), wo das Ende einer Gruppe mit dem Anfang der gegenüberliegenden Gruppe verbunden wird, werden bei dieser Schaltung die Enden der gegenüberliegenden Gruppen miteinander verbunden.

An dem Klemmbrett liegen hier nur die 6 Anfänge der 6 Gruppen, während bei 4 poligen Wicklungen je 3 Anfänge und 3 Enden der 6 Gruppen an dem Klemmbrett angeordnet sind.

Gewöhnlich besitzen die Ständer eine höhere Nutenzahl als 12. Man bezeichnet dann nur die Nuten fortlaufend mit Zahlen, in welchen ein Anfang oder Ende liegt und führt die Schaltung dann nach Fig. 90 aus.

Es gilt dann:

Anfang Nute 1	} untere Klemmen,
„ „ 5	
„ „ 9	
Anfang Nute 3	} obere Klemmen,
„ „ 7	
„ „ 11	
Ende Nute 6 mit Ende Nute 12,	
„ „ 2 „ „ „ 8,	
„ „ 10 „ „ „ 4.	

Die Schaltung einer 6 poligen Ständerwicklung ist in Fig. 91 dargestellt.

Der Übersichtlichkeit halber sind hier nur 18 Nuten in dem Ständer angenommen. Wenn aber für den praktischen Fall wiederum nur diejenigen Nuten fortlaufend von 1—18 bezeichnet werden, in welchen ein Anfang oder Ende einer Gruppe liegt, so gilt dann immer:

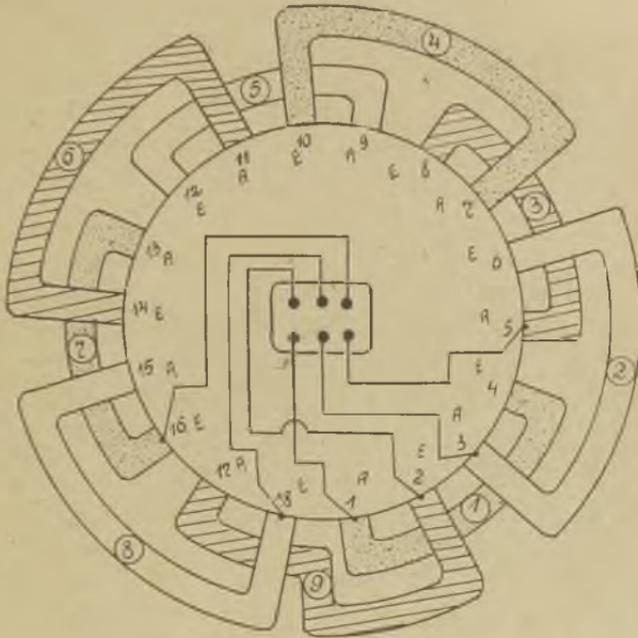


Fig. 91. Schaltbild einer 6 poligen Drehstrom-Ständerwicklung.

Anfang Nute 1		
" " 3		} untere Klemmen,
" " 5		
Ende Nute 16		
" " 18		
" " 2		
Ende Nute 4 mit Anfang Nute 7,		
" " 10 " " 13,		
" " 6 " " 9,		
" " 12 " " 15,		

Ende Nute 8 mit Anfang Nute 11,

„ „ 14 „ „ „ 17

oder

Anfang Gruppe 1	1	}	untere Klemmen,
„ „	2		
„ „	3		

Ende Gruppe	7	}	obere Klemmen;
„ „	8		
„ „	9		

Ende Gruppe 1 mit Anfang Gruppe 4,

„ „ 4 „ „ „ 7,

„ „ 2 „ „ „ 5,

„ „ 5 „ „ „ 8,

„ „ 3 „ „ „ 6,

„ „ 6 „ „ „ 9.

In den drei Schaltbildern sind jedesmal diejenigen Gruppen, die zu einer Wicklung (Phase) gehören, durch Schraffierung usw. gekennzeichnet.

## V. TEIL.

### Zusammenbau und Prüfung elektrischer Maschinen.

Sind die elektrischen und mechanischen Teile durch Reparatur in gebrauchsfähigen Zustand gesetzt, kann mit dem Zusammenbau begonnen werden.

Der Anker wird nach Fig. 11 in das Gehäuse eingebaut und hierauf die Lagerschilder bzw. Lagerböcke angeschraubt. Die Lagerstellen an der Ankerwelle werden vor dem Aufschieben der Lagerschilder mit Öl bestrichen, die Schmierringe werden mit einem Holzstab hochgehalten oder das Lagerschild nach Möglichkeit um  $180^\circ$  verdreht, so daß hierdurch der Schmierring nicht mehr hindert.

Alsdann werden die Lagerschilder in Arbeitsstellung gebracht und die Halteschrauben eingesetzt. Es ist für den störungslosen Verlauf dieser Arbeit von Wichtigkeit, daß die Ansätze an den Lagerschildern in die am Gehäuse vorgesehenen Eindrehungen einspringen. Ist dies der Fall, können die Halteschrauben endgültig mit dem Schraubenschlüssel angezogen werden.

Zu beachten ist hierbei, daß stets zwei gegenüberliegende Schrauben möglichst gleichzeitig angezogen werden.

Ist der Anker in das Gehäuse eingebaut, überzeuge man sich, ob derselbe genügend seitlichen Spielraum hat (ca. 2—4 mm) und ob er sich leicht von Hand drehen läßt.

Vorzugsweise ist bei etwaig vorgenommenem Lagerersatz auf die zentrische Lagerung des Ankers Wert zu legen.

Der Abstand des Ankerkörpers von den Magneten muß überall gleichmäßig sein. Von besonderer Wichtigkeit ist ferner, daß die Ankerbreite gleichmäßig unter den Polkernen verteilt ist.

In Fig. 92 ist eine fehlerhafte Lagerung des Ankers dargestellt. Der Ankerkörper schneidet mit den Polschuhkanten nicht ab, sondern steht an einer Seite über denselben hinaus. Bei Arbeitsleistung der Maschine wird der Anker in die magnetische Mitte des Feldes hineingezogen.

Durch die dargestellte fehlerhafte Lagerung würde also ein mechanischer seitlicher Druck auf das rechte Lager ausgeübt werden, der evtl. eine ständige Erwärmung desselben zur Folge haben könnte.

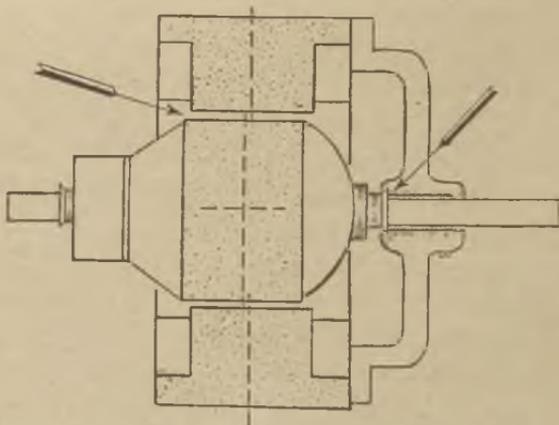


Fig. 92. Falsche Lagerung eines Gleichstromankers im Gehäuse.

Andererseits wird auch die Maschine elektrisch nicht einwandfrei arbeiten, so daß dieser Hinweis wohlbegründet ist.

Die Lagerschalen müssen schließend in die Lagerschilder eingepaßt sein und sollen stets durch Körnerschrauben vor seitlicher Verschiebung gesichert werden.

Auf Drehstrommaschinen findet das Gesagte sinngemäß Anwendung. Wenn von einer weiteren Besprechung der mechanischen Bearbeitung der Lagerschalen usw. hier Abstand genommen ist, so geschah dieses, weil vorausgesetzt werden kann, daß bei zweckmäßiger Ausbildung des Ankerwicklers in der Schlosserei und Dreherei die Kenntnis dieser Arbeiten als selbstverständlich zu betrachten ist.

Die Verschlussschrauben der Ölkammern an den Lagerschild-

dern sind durch Bleiringe zu dichten. Lassen die porösen Ölkammerwände evtl. Öl durch, so sind dieselben mit Mennige anzustreichen.

### Die betriebsfertige Stellung der Bürsten.

Über die Bürstenstellung bei Gleichstrommaschinen ist bereits in Teil IV gesprochen und das Grundprinzip in Fig. 19 und 20 veranschaulicht. Es soll hier noch ergänzend angeführt werden daß diese Einstellungsart für die allgemeinen Fälle genügt.

Besitzt die Ankerwicklung aber einen sogenannten verkürzten Winkelschritt, so muß die endgültige Einstellung der Bürsten durch Zwischenschalten eines Amperemeters während der Leerlaufarbeit der Maschine nachreguliert werden. Die Bürsten müssen um ein geringes Maß gegen die Polschuhkanten des Feldes verschoben werden.

Die endgültige Arbeitsstellung ist im allgemeinen da, wo die Maschine den geringsten Stromverbrauch hat, das Amperemeter also den kleinsten Ausschlag ergibt.

Wie schon erwähnt wird die so gefundene Bürstenstellung nur um ein geringes Maß von der vorerwähnten Einstellung abzuweichen.

Unter der Voraussetzung, daß der Wicklungs- und Kollektorschritt nach Fig. 15, die Stellung der Bürsten nach Fig. 10 an der reparierten Maschine gekennzeichnet wurde, erübrigt sich die Einstellungsarbeit gänzlich. Es ist daher empfehlenswert, in allen Fällen entsprechend zu verfahren.

Der Abstand der einzelnen Bürstenreihen ist so zu regulieren, daß die Entfernung von der Mitte des Bürstenbolzens bis zur Mitte der Bürste überall gleichmäßig ist (Fig. 93).

Es ist weiter erforderlich, daß sämtliche Bürstenhalter den gleichen Abstand vom Kollektor haben. Dieser Forderung wird am einfachsten dadurch entsprochen, daß man ein gehobeltes Holzbrettchen zwischen Bürsten und Kollektor einschiebt, die Bürstenhalter auf dasselbe auflegt und hierauf dieselben mittels geeigneten Schlüssels fest anzieht.

Es möge an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß nur Bürstenhalter von gleichen Abmessungen und Bürsten von gleichem Querschnitt den funkenfreien Gang der Maschine gewährleisten.

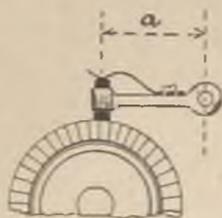


Fig. 93. Abstand der Bürstenhalter von Mitte-Bürstenbolzen bis Mitte-Bürste.

Die Abmessungen der Bürsten, das Material, der Härtegrad und der Ohmsche Widerstand derselben sind von dem Erbauer der Maschine festgelegt.

Es ist unter allen Umständen die wahllose Änderung der angeführten Größen zu vermeiden, folgeschwere Störungen sind im anderen Falle unausbleiblich.

Die Kohlenbürsten dürfen weder zu hart (hoher Widerstand) noch zu weich (geringer Widerstand) sein. Harte Kohlenbürsten splintern sehr leicht, weiche Bürsten hingegen verschmieren den Kollektor und verschleifen sehr schnell.

Es ist ferner nicht angängig, Metallbürsten ohne weiteres gegen Kohlenbürsten auszuwechseln. In allen Fällen soll man sich tunlichst an die Angaben des Fabrikanten halten.

Um den Bürsten eine der Rundung des Kollektors entsprechende Kontaktfläche zu geben, füge man einen Streifen Schmirgelleinen — mit der rauhen Seite der Bürste zugewendet — zwischen Kollektor und Bürste ein.

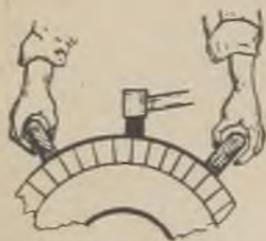


Fig. 94. Einschleifen der Bürsten bei Gleichstrommaschinen.

Alsdann wird das Schmirgelleinen nach Fig. 94 hin- und hergezogen, wobei auf die Bürste ein leichter Druck ausgeübt wird.

Ist die gewünschte Auflagefläche bei allen Bürsten erreicht, so ist der Kohlenstaub sorgfältig von dem Kollektor und den Bürstenhaltern zu entfernen.

Die Einstellung der Bürsten bei Drehstrommaschinen erfordert weniger Arbeit. Es ist jedoch auch hierbei auf gut eingeschliffene Bürsten zu achten.

Bei Motoren mit Kurzschluß- und Bürstenabhebevorrichtung

ist besonderer Wert auf die mechanische und elektrische Funktion dieser Vorrichtung zu legen.

Im wesentlichen kommt es hierbei darauf an, daß die Bürsten nicht früher abgehoben werden, als die Kurzschlußvorrichtung ihre Arbeit getan hat. Hierbei ist zu beachten, daß die Kontaktstifte kontaktsicher in die Federn eingreifen. Findet man infolge Funkenbildung verschmorte Federn oder Kontaktstifte vor, so liegt dies gewöhnlich nur daran, daß die Bürsten früher abgehoben werden als die Kurzschlußstifte eingesetzt haben. Andernfalls kann die Ursache einer derartigen Erscheinung auch darin liegen, daß die Leitung zwischen Anlasser und Maschine zu geringen Querschnitt und zu hohen Widerstand hat.

Auch andere Störungen der Maschine können durch die nicht einwandfreie Funktion dieser Vorrichtung hervorgerufen werden, die aber durch ordnungsmäßigen Zusammenbau und eingehende Prüfung der mechanischen und elektrischen Teile unterbunden werden.

### Die Befestigung der Riemenscheibe

auf der Ankerwelle erfordert noch Beachtung. Die Bohrung der Scheibe muß so groß sein, daß die Scheibe schließend auf dem Wellenstumpf paßt. Die Keilbreite und -höhe soll ebenfalls so zugepaßt sein, daß ein fester Sitz der Scheibe schon durch einfaches Aufschieben erreicht wird.

Das Auftreiben der Scheibe geschieht mittels Handhammers. Um jegliche mechanische Beschädigung derselben hierbei auszuschalten, ist hierfür ein Kupferhammer zu verwenden. Es genügt jedoch auch, ein Stück Hartholz vor die Scheibennabe zu halten, um die Schläge hierdurch abzdämpfen.

Um den bei dieser Arbeit auf das Lager ausgeübten Stoß aufzufangen, ist an der Kollektor- bzw. Schleifringseite der Maschine ein Stück Hartholz gegen den Wellenstumpf zu drücken.

Vor der Befestigung der Scheibe auf der Ankerwelle ist der Wellenstumpf mit Öl zu bestreichen, um eine evtl. erforderliche Demontage störungslos durchführen zu können.

Ist die Maschine betriebsfertig zusammengebaut, so wird dieselbe an die Stromquelle angeschlossen, um die Prüfung durchzuführen.

Soweit es sich um Prüfung von Gleichstrommaschinen handelt, wird die Beschaffung der hierzu erforderlichen Stromquellen kaum Schwierigkeiten bereiten. Da jeder Gleichstrom-Nebenschlußmotor als Dynamomaschine benutzt werden kann und in Reparaturwerken fast immer Motoren für verschiedene Spannungen verfügbar sind, so genügt es, den Motor von der Transmission aus anzutreiben, um die gewünschte Spannung an den Bürsten abnehmen zu können.

Ganz abgesehen hiervon liefern die städtischen Elektrizitätswerke größtenteils Gleichstrom im Dreileitersystem, so daß auch durch den städtischen Anschluß immer zwei Betriebsspannungen gegeben sind.

Für die Prüfung der Drehstrommotore liegen die Verhältnisse im allgemeinen weniger günstig.

Es sei aus diesem Grunde die Herstellung eines Umformers besprochen, mit dessen Hilfe dem Bedürfnis leicht Rechnung getragen wird.

### Der Gleichstrom-Drehstrom-Umformer.

Für die Herstellung eines Einanker-Umformers zum Zwecke einer Verwandlung des Gleichstromes in Wechselstrom und umgekehrt, eignet sich jeder Gleichstrom-Nebenschlußmotor.

Für den praktischen Fall ist jedoch zu erwähnen, daß 2 polige Maschinen etwa 3000 Umdrehungen, 4 polige hingegen etwa 1500 Umdrehungen machen müssen, um einen Wechselstrom von 50 Perioden zu erhalten.

Allgemein betrachtet besteht ein derartiger Umformer aus einer normalen Gleichstrom-Nebenschlußmaschine, dessen Ankerwicklung an zwei oder mehreren Stellen angezapft und mit einer entsprechenden Anzahl von Schleifringen verbunden ist (Fig. 95).

Die Zahl der Anzapfstellen richtet sich nach der erforderlichen Phasenzahl an der Wechselstromseite. Es kann also je

nach Bedarf ein- und mehrphasiger Wechselstrom von dem Kollektor des rotierenden Gleichstromankers abgenommen werden.

Die Spannungen auf der Gleichstromseite stehen in einem bestimmten Verhältnis zu den Spannungen auf der Wechselstromseite, und zwar liefert ein Einanker-Umformer bei einphasigem Wechselstrom eine Spannung von ca.  $0,707 \times$  der Gleichstromspannung und bei dreiphasigem Wechselstrom (Drehstrom) eine Wechselstromspannung ca.  $0,612 \times$  der Gleichstromspannung.

Es erhellt hieraus, daß die Wechselstromspannungen stets niedriger sind, als die Gleichstromspannung, mit welcher der Umformer betrieben wird.

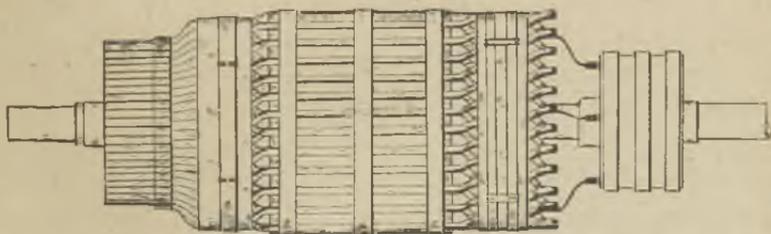


Fig. 95. Anker aus einem Drehstrom-Gleichstrom-Umformer.

Das umgekehrte Verhältnis tritt ein, wenn der Umformer zur Verwandlung eines Wechselstromes in Gleichstrom benutzt werden soll. Die so erhaltene Gleichstromspannung ist größer als die zugeführte Wechselstromspannung.

Man kann z. B. von einer Gleichstromspannung von 220 Volt nur einen dreiphasigen Wechselstrom von 135 Volt erhalten.

Andererseits erhält man bei einer dreiphasigen Wechselstromspannung von 135 Volt eine Gleichstromspannung von 220 Volt.

Es sei hier noch erwähnt, daß für den Fall, wo Wechselstrom in Gleichstrom umgewandelt werden soll, der Umformer durch

mechanischen Antrieb auf seine normale Umdrehungszahl gebracht werden muß.

Die zu leistende praktische Arbeit bei der Herstellung eines Gleichstrom-Wechselstromumformers wäre etwa folgende:

Der Anker einer normalen 4poligen Gleichstrom-Nebenschlußmaschine mit ca. 1500—1600 Umdrehungen in der Minute und ca. 10—15 PS-Leistung wird an der Riemenscheibenseite mit einem Schleifringkopf ausgerüstet. Der Schleifringkopf wird zweckmäßig außerhalb des Gehäuses auf den zur Befestigung der Riemenscheibe vorgesehenen Wellenstumpf aufgesetzt und die Ankerwelle für die Einführung der Zuleitungen durchbohrt. Je nach den Raumverhältnissen, die im allgemeinen mit der Bauart der Maschine zusammenhängen, kann der Schleifringkopf auch innerhalb des Gehäuses auf der Ankerwelle befestigt werden.

Soll Drehstrom erzeugt werden, so wird die Ankerwicklung an drei um  $120^\circ$  versetzten Stellen angezapft und mit den Schleifringen verbunden.

Die Anzapfstellen können sowohl unmittelbar an den Ankerspulen, als auch am Kollektor vorgenommen werden. Im letzteren Falle können die Zuleitungen evtl. durch die Ventilationskanäle des Ankerkörpers geführt und an die Kollektorlamellen angeschraubt oder besser gelötet werden. Hat der Kollektor z. B. 99 Lamellen, so sind die drei Zuleitungen an die Lamelle 1,33 und 66 zu legen und mit den Schleifringen zu verbinden.

Nach Fertigstellung dieser Arbeiten kann der Umformer in Betrieb genommen werden.

War der ursprüngliche Gleichstrommotor für eine Spannung von 500 Volt, so können bei gleicher Betriebsspannung ca.  $3 \times 306$  Volt Wechselstrom an den Schleifringen abgenommen werden.

Mit dieser Spannung können im allgemeinen Drehstrommotore für 380/220 Volt auf ihre Betriebstüchtigkeit geprüft werden, es empfiehlt sich aber, die so erhaltene Spannung mit Hilfe eines geeigneten Transformators auf die jeweils erforderliche Spannung zu transformieren.

Man kann auf diese Weise auch Prüfspannungen bis 3000 Volt und höher erzeugen.

## Die Prüfung der elektrischen Maschinen.

### A. Gleichstrommaschinen.

Zum Zwecke der Prüfung der im Reparaturwerk fertiggestellten Maschinen werden letztere mit den Anlaßapparaten verbunden und an die Stromquelle gelegt. Grundsätzlich ist hierbei stets ein Amperemeter mit einem dem Kraftverbrauch der Maschine entsprechenden Meßbereich zwischen einer Zuleitung zu schalten, da an der Größe des aufgenommenen Leerlaufstromes am schnellsten und sichersten die Betriebstüchtigkeit der Maschine erkannt wird.

Als Prüfinstrument ist ein transportables Amperemeter mit mehreren Meßbereichen zu empfehlen, um auch die von kleinen Maschinen aufgenommenen Leerlaufströme genau messen zu können.

Da im allgemeinen die Schaltungsschematas der Gleichstrommaschinen als bekannt vorausgesetzt werden können, so ist von der Abbildung derselben hier abgesehen worden. In Zweifelsfällen ist das Werk: „Schaltungen usw. von Lerch“ (zu beziehen von H. Meußner, Berlin) zur Hand zu nehmen.

Die Zwischenschaltung des Amperemeters ist der Übersichtlichkeit halber in den Fig. 96 und 97 dargestellt.

In Fig. 96 handelt es sich um eine normale Gleichstrom-Nebenschlußmaschine, in Fig. 97 um einen Drehstrommotor mit Schleifringanker.

Durch diese beiden Abbildungen soll darauf hingewiesen werden, daß das Amperemeter stets in eine Hauptleitung eingeschaltet werden muß.

In allen Fällen ist auf eine der Leistung der Maschine entsprechende Absicherung Wert zu legen. Empfehlenswert ist, die Sicherung besser zu schwach als zu stark zu wählen.

Obleich die Bewicklung der Feldmagnete, die Ankerwicklung, die Isolationsverhältnisse zwischen den Anschlußklemmen und

dem Maschinenkörper usw. bei Bearbeitung der einzelnen Teile bereits auf Körperschluß mit Hilfe des Galvanoskops geprüft sind, empfiehlt es sich, die zu prüfende Maschine nach betriebsfertigem Anschluß nochmals daraufhin zu untersuchen.

Ergibt diese Untersuchung ein zufriedenstellendes Resultat, so kann die Maschine unter Strom gesetzt werden.

Bevor jedoch der Hebelschalter eingeschaltet wird, kontrolliert man nochmals den Anschluß. Der Anlasser muß auf dem Nullkontakt stehen. Die Lager müssen geölt sein usw.

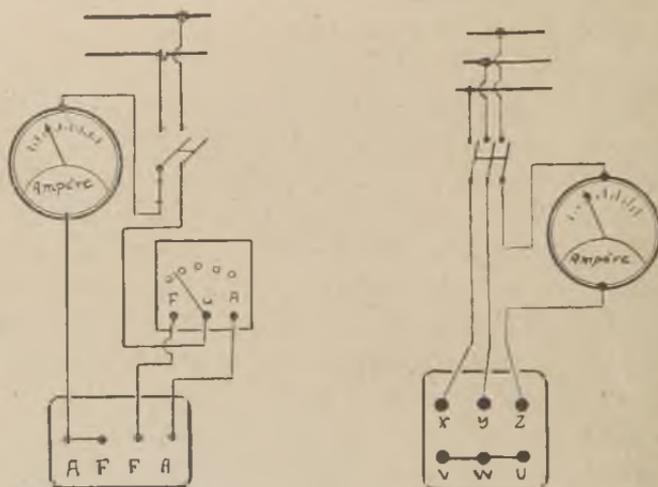


Fig. 96 u. 97. Zwischenschalten des Amperemeters bei Prüfung von Gleich- und Drehstrommaschinen.

Alsdann wird der Hebelschalter eingeschaltet und der Anlasser langsam auf die Endstellung geführt. Das Amperemeter wird hierbei genau beobachtet, und falls dasselbe eine zu hohe Stromaufnahme anzeigt, der Hebelschalter sofort ausgeschaltet.

Nimmt die Maschine jedoch einen normalen Leerlaufstrom auf und arbeitet funkenfrei, so wird mit einem Tourenzähler die Umdrehungszahl in der Minute festgestellt und das Ergebnis mit den Angaben des Leistungsschildes verglichen.

Hierbei sei nochmals darauf hingewiesen, daß die diesbezüglichen Daten des Leistungsschildes sich auf die vollbelastete

Maschine beziehen. Man wird daher im allgemeinen eine etwas höhere Umdrehungszahl erhalten. Wesentlich hierbei ist, daß die Maschine funkenfrei arbeitet, da bei etwaiger falscher Bürststellung ohnehin eine höhere als normale Umdrehungszahl eintreten kann, die aber auch fast ausnahmslos durch starke Funkenbildung unter den Bürsten und durch zu hohe Stromaufnahme gekennzeichnet ist.

Nach einiger Zeit wird die Maschine stillgesetzt und die Wicklungen und Lager auf etwaige Erwärmung durch Auflegen der Handfläche untersucht.

Wird der Zustand als normal befunden, so kann die Maschine belastet werden.

Die Prüfung der belasteten Maschine soll im allgemeinen nur eine Kontrolle der Kontaktverhältnisse innerhalb der Wicklungen sein, da nach ordnungsmäßiger Wiederherstellung der schadhafte Wicklungselemente die Leistung und der Wirkungsgrad der Maschine den Angaben des Leistungsschildes entsprechen. Es sollen also die Lötstellen am Kollektor usw. auf Kontaktsicherheit bei voller Belastung, andererseits jedoch auch der dadurch bedingte funkenfreie Gang der Maschine bei Vollast geprüft werden.

Diese mechanische Leistungsmessung der Maschine wird daher in abgekürzter Form durchgeführt. Es wird hierbei nur angestrebt die Maschine für kurze Zeit mit voller Last arbeiten zu lassen, welches erreicht ist, wenn die am Amperemeter angezeigte Stromaufnahme der Angabe des Leistungsschildes entspricht.

Man bedient sich zu diesem Zwecke des sogenannten Pronyschen Zaumes, der als Backenbremse ausgeführt in Fig. 98 dargestellt ist.

Die passend gedrehten Holzbacken der Bremse werden auf die Riemenscheibe gesetzt und die Schrauben während des Betriebes so lange angezogen, bis das Amperemeter Vollast anzeigt.

Um hierbei eine etwa gleichmäßige Reibung zu erzielen, ist zwischen Scheibe und Backen etwas Öl oder Wasser einzu-

spritzen. Geht die Maschine unter Vollast, so ist der funkenfreie Gang zu kontrollieren.

Etwaige schlechte Lötstellen an der Wicklung machen sich bei voller Belastung nach außen hin sofort bemerkbar, und zwar tritt unter den Bürsten starke Funkenbildung auf.

Bei stillstehender Maschine zeigen sich zwischen den Kollektorlamellen, an welchen die schlechten Lötstellen liegen, deutliche Brandspuren, durch welche der jeweilige Fehler sichtbar hervortritt.

Nach sorgfältiger Verlötung der etwa vorgefundenen schlechten Lötstellen ist die Prüfung nochmals durchzuführen und hierauf die Maschine versandfertig zu machen.

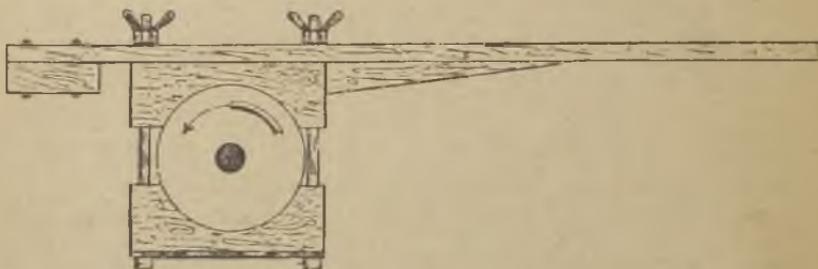


Fig. 98. Backenbremse.

Das Öl ist aus den Ölkammern der Lagerschilder zu entfernen, sämtliche Schrauben — vorzugsweise die Verschlusschrauben der Ölkammern sind mit geeignetem Schraubenschlüssel nachzuziehen.

An Hand des Werkstattbuches ist festzustellen, welches Zubehör mitgeliefert wurde, damit spätere Rückfragen des Auftraggebers und somit eine verzögerte Inbetriebnahme der Maschine ausgeschlossen ist.

Wenn im allgemeinen bei der vorstehend erwähnten Prüfung von einem ordnungsmäßigen Verlauf derselben gesprochen werden kann, so sollen nachstehend die etwa auftretenden Fehlererscheinungen, die beim Prüfen der im Reparaturwerk fertiggestellten Maschinen beobachtet werden können, behandelt werden.

Trotz sorgfältiger Arbeit beim Schalten der Ankerwicklung kann es vorkommen, daß durch Vertauschen der einzelnen Schaltdrähte ein Fehler unterläuft. Ein derartiger Schaltfehler kann sich

1. durch Unterbrechung in der Ankerwicklung,
2. durch Schluß zwischen je zwei Spulen usw.

äußern.

Der ordnungsmäßige Befund der einfach geschlossenen Parallelwicklung kann zum Teil mit Hilfe einer Prüflampe festgestellt werden. Man hält die Enden der Lampe auf je 2 Kollektorlamellen und stellt fest, ob die Lampe überall brennt. Ist dies der Fall, so ist die Wicklung geschlossen und daher ohne Unterbrechungsfehler.

Da dieses Verfahren jedoch nicht für alle Fälle ausreicht und auch bei einfach geschlossenen Reihenwicklungen nicht angewandt werden kann, so sieht man zweckmäßig hiervon ab und benutzt die für alle Fälle anwendbare Meßmethode, die nachstehend ausführlich behandelt und veranschaulicht ist.

Mit Hilfe dieses Meßverfahrens lassen sich auch die kompliziertesten Fehler innerhalb der Ankerwicklung feststellen, so daß dasselbe auch für Fehlerbestimmung an beschädigten elektrischen Maschinen mit gutem Erfolg angewendet werden kann.

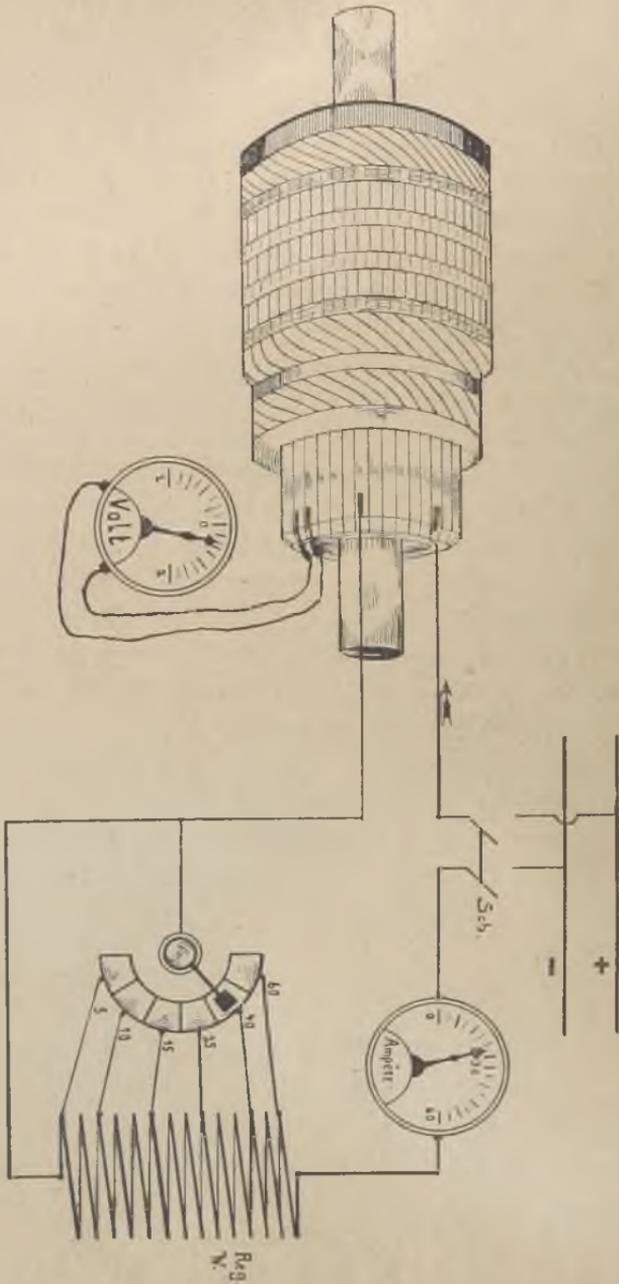
Nicht zuletzt ist das Verfahren in den Fällen unentbehrlich, wo nur der Anker zur Neuwicklung eingesandt wurde und aus diesem Grunde der ordnungsmäßige Befund der Wicklung nicht durch Arbeitsleistung des Ankers im Gehäuse geprüft werden kann.

### Das Meßverfahren.

Als Hilfsmittel für das Meßverfahren benutzt man ein Amperemeter mit einem Meßbereich von ca. 0—60 Amp. und ein Volt- oder Amperemeter mit einem Meßbereich von ca. 0—4 Volt bzw. Ampere und doppelseitigem Ausschlag. Außerdem ist ein möglichst regulierbarer Widerstand erforderlich, um die jeweilig notwendige Meßstromstärke einstellen zu können.

Die Schaltung der Instrumente ist aus Fig. 99 ersichtlich.

Fig. 99. Ausprüfen einer Gleichstrom-Ankerwicklung auf Windungsschluss und Unterbrechung.



Entsprechend der Polteilung des Ankers sind zwei Drähte auf je eine Kollektorlamelle angelötet. Diese Drähte sind mit dem Hauptmeßstrom-Ampere meter Nr. 1 und dem regulierbaren Widerstand so verbunden, daß nach Einschalten des Hebelschalters die Ankerwicklung von einem Strom durchflossen wird, dessen Stärke je nach Bedarf durch den Regulierwiderstand eingestellt werden kann.

Die Meßstromstärke richtet sich im allgemeinen nach dem Querschnitt und der Windungszahl der Ankerwicklung.

Bei großer Windungszahl wird man stets kleine Querschnitte haben und somit nur eine geringe Stromstärke benötigen, um an dem empfindlichen Instrument Nr. 2 einen genügend großen Ausschlag zu erhalten.

Soll z. B. ein 2poliger Anker mit 40 Lamellen im Kollektor auf seine Betriebstüchtigkeit untersucht werden, so würde man auf Lamelle 1 und 20 je einen Draht anlöten und die erwähnten Instrumente entsprechend der Darstellung in Fig. 99 mit denselben in Verbindung bringen.

Nach Einschalten des Hebelschalters stellt man zweckmäßig den Regulierwiderstand zunächst auf den ersten Kontakt und prüft den Ausschlag des empfindlichen Instrumentes Nr. 2, indem man die Prüfstifte auf zwei beliebige Lamellen hält. Erweist sich derselbe als groß genug, so wird der zwischen je zwei Lamellen auftretende Spannungsunterschied, der bei ordnungsmäßiger Wicklung zwischen sämtlichen Lamellen gleich groß sein muß, auf dieselbe Art gemessen. Schlägt hierbei die Nadel des Instrumentes gleichmäßig aus, so ist die Wicklung in ordnungsmäßigem Zustande. Ist der Ausschlag an irgendeiner Stelle geringer, so liegt Schluß zwischen den Lamellen, oder ein Schaltfehler vor, durch den zwei Spulen kurzgeschlossen sind.

Bei Unterbrechungen in der Ankerwicklung zeigt das Instrument einen bedeutend höheren Ausschlag, während bei schlechten Lötstellen je nach den Kontaktverhältnissen, der Ausschlag mehr oder weniger groß ist, als der normale.

Die Wicklung wird an den etwa vorgefundenen fehlerhaften Stellen geöffnet und der Fehler beseitigt.

Die vorstehend beschriebene Prüfung sollte man grundsätzlich bei jedem neugewickelten Anker vornehmen, und zwar bevor derselbe zur Arbeitsleistung in das Gehäuse eingebaut wird.

Zwecks Prüfung der Isolationsverhältnisse zwischen Wicklung und Eisenkörper kann man sich neben des Galvanoskops



Fig. 100. Ausprüfen einer Gleichstrom-Ankerwicklung mittels Magneten und Telefon.

auch eines Prüftransformators bedienen. Der Prüftransformator dient zur Erzeugung höherer Spannungen. Um die Höhe der Prüfspannungen beliebig einstellen zu können, wird der Hochspannungstransformator von einem Reguliertransformator gespeist, mit welchem die Spannung von 0 bis zum gewünschten Betrag gesteigert werden kann.

Derartige Prüftransformatoren werden von Siemens & Halske, Berlin, betriebsfertig geliefert.

Mit Hilfe eines derartigen Transformators kann man die etwaig schadhafte gewordenen Stellen der Isolation zwischen

Wicklung und Ankerkörper feststellen, da bei einer Prüfung an den mangelhaft isolierten Stellen Funken überspringen.

Für die Prüfung von Gleichstromanker auf Kurzschluß innerhalb der Wicklung baut die Firma Siemens & Halske Elektromagnete mit U-förmig lamellierten Eisenkernen, deren Pole der Ankerform angepaßt sind. Der zu prüfende Anker wird über den Magneten (Fig. 100) auf verstellbare Lagerböcke gelegt und die Magnetwicklung hierauf durch den bereits erwähnten Reguliertransformator erregt.

Zwischen der Magnetwicklung ist ein Amperemeter geschaltet, welches einen höheren als normalen Ausschlag anzeigt, sobald eine mit Kurzschluß behaftete Spule der Ankerwicklung infolge Drehung des Ankers über den Elektromagneten zu stehen kommt.

Mit Hilfe einer mitgelieferten Induktionsspule mit Telephon (Fig. 101) kann man die betreffende Spule feststellen.

Der ebenfalls U-förmig gebogene Eisenkern der Induktionsspule wird so auf den Anker gelegt, daß eine Anker-nute überbrückt ist.

Während die gesunden Spulen das Telephon kaum hörbar beeinflussen, ertönt ein starkes Geräusch, sobald eine mit Kurzschluß behaftete Spule zwischen den U-förmigen Schenkeln der Induktionsspule kommt.

Der Gebrauch dieser Einrichtung ist in Fig. 102 dargestellt.

Die ausführliche Gebrauchsanweisung dieser Prüfeinrichtung wird von dem Fabrikanten mitgeliefert.

Es sei noch erwähnt, daß für den Betrieb der eben erwähnten Einrichtung, Wechselstrom von 110 oder 220 Volt Spannung und 50 Perioden benötigt wird.



Fig. 101. Telephon mit U-förmig gebogenem Eisenkern zur Feststellung von Spulenschluß.

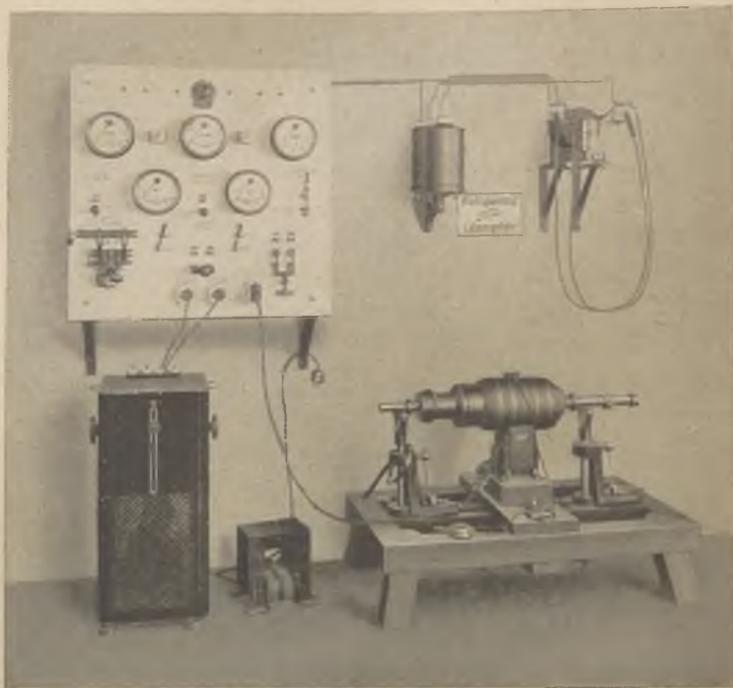


Fig. 102. Prüfeinrichtung der Fa. Siemens & Halske, Berlin.

### B. Drehstrommaschinen.

Die Prüfung der Drehstrommaschinen auf Betriebstüchtigkeit geht in der für Gleichstrommaschinen beschriebenen Art vonstatten.

Etwaig auftretende Fehler sind nach Teil II und III festzustellen und zu beseitigen.

Bei Schaltfehler innerhalb der Wicklungen sind die Schaltbilder Fig. 89, 90 und 91 zur Hilfe zu nehmen.

Über die durch schlechte Lötstellen innerhalb der Wicklungen hervorgerufenen Störungen ist in Teil IV unter Fig. 78 und 79 gesprochen.

## VI. TEIL.

### Revision elektrischer Kraftanlagen.

Das Arbeitsfeld der Reparaturwerke elektrischer Maschinen ist nicht nur auf die Wiederherstellung der defekten Maschinen beschränkt, auch Überwachungen und Revisionen der elektrischen Kraftanlagen sind vielfach in das Arbeitsprogramm dieser Unternehmen aufgenommen.

Die Revisionen haben den Zweck, den Wirkungsgrad der Kraftanlage festzustellen und die durch Abnutzung ersatzbedürftig gewordenen Maschinenteile, Wicklungen, Schaltapparate, Leitungen usw. frühzeitig und auch zur passenden Zeit auszuwechseln, um längere Betriebsstörungen hierdurch zu unterbinden.

Die Kenntnis des Wirkungsgrades einer elektrischen Kraftanlage sowohl, als auch ein Mindestmaß von Betriebsstörungen sind von besonderem Interesse jedes Unternehmens, in welchem Elektromotoren, Dynamos und sonstige Stromverbrauchs- und Erzeugungsapparate im Betrieb sind.

Eine derartige Revision, die in gewissen Zeitabständen je nach Beanspruchung der Maschinen, Beschaffenheit des Aufstellungsraumes, Feuchtigkeits- und Staubverhältnissen des Betriebes usw. vorgenommen wird, soll sich auf den Zustand des gesamten Leitungsnetzes (Erdschluß usw.), insbesondere auf die Betriebssicherheit der elektrischen Maschinen und Apparate usw. erstrecken.

Durch Isolationsmessungen\*) soll festgestellt werden, ob durch evtl. vorhandenen Erdschluß Stromverluste stattfinden.

\*) Siehe „Normalien für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren“, herausgegeben vom Verband deutscher Elektrotechniker. — Verlag von Julius Springer, Berlin.

Die eingehende Untersuchung der elektrischen und mechanischen Teile der Motoren und Dynamos sollen den Stand der Betriebssicherheit und hiermit verbunden die ordnungsmäßige Bereitstellung der Reserveteile sicherstellen.

In Frage kommen: Reserveanker, Kollektoren, Schleifringe, Bürsten, Lager usw. bis zur letzten Schraube.

Um die Wichtigkeit einer derartigen Revision näher zu beleuchten, sei ein praktisches Beispiel angeführt:

In einem Betrieb wird zum Antrieb einer Zentrifugalpumpe ein Gleichstrommotor mit 2000 Umdrehungen benutzt. — Der Motor arbeitet Tag und Nacht ohne Pause, so daß durch die starke Beanspruchung auch die Abnutzung des Kollektors schnell fortschreitet. Da die von der Pumpe gelieferte Wasserzufuhr in dem Betrieb nicht entbehrt werden kann, ist auch eine zweckentsprechende Reinigung des Motors und Behandlung des Kollektors nur auf kurze Betriebspausen beschränkt. — Der Kollektor wird von Zeit zu Zeit abgedreht, der Anker wieder schnell eingebaut und in Betrieb genommen. Die Pumpe leistet ununterbrochen die gewünschte Arbeit — aber es wird nicht an die frühzeitige Beschaffung eines Reservekollektors gedacht.

Eines Tages tritt Betriebsstörung ein. — Es wird festgestellt, daß der Kollektor nicht mehr abgedreht werden kann, da die Lauffläche bereits zu stark eingefressen oder abgenutzt ist.

Schnell werden die Grundmaße dem abgenutzten Kollektor entnommen und die Form der Lamellen berechnet. Aber trotz aller Mühe und Arbeit kommt die Pumpe auf 14 Tage zum Stillliegen, da das Kupferwerk erst ein Ziehisen für die Herstellung der Lamellen anfertigen muß usw.

Diese höchst unangenehme Betriebsstörung wäre in einem Tage behoben gewesen, wenn bei einer sachgemäßen Revision für frühzeitige Beschaffung eines Reserveankers oder Kollektors Sorge getragen wäre.

Wenn vorzugsweise durch die Revision die frühzeitige Bereitstellung von Reserveteilen sichergestellt werden soll, darf weiter nicht vergessen werden, daß die schleunige Abstellung

eines Fehlers an einer elektrischen Maschine auch den Stromverbrauch derselben günstig beeinflußt.

Die im II. Teil dieses Buches unter B aufgeführten Fehlererscheinungen (Funken der Bürsten) bei Gleichstrommaschinen haben zur Folge, daß durch die Funkenbildung die möglichste Umwandlung der elektrischen Energie in mechanische Arbeit verhindert und hierdurch der Wirkungsgrad der Maschine bedeutend herabgesetzt wird.

Zu fest aufgepreßte Bürsten, zu harte Kohle, zu hartes Metallgewebe usw. rufen übermäßige Erwärmungen am Kollektor hervor. Die Wärme überträgt sich durch die metallische Verbindung zwischen Kollektor und Anker auf die Ankerwicklung und den Eisenkern und verursacht ebenfalls ungünstige Verhältnisse bezüglich Wirkungsgrad und Betriebssicherheit.

An allen elektrischen Maschinen beeinträchtigen schlechte Kontaktverhältnisse den Wirkungsgrad ganz besonders.

Ungenügender Kontakt kann sowohl an den Klemmen der zwischen den Zuleitungen der Maschine eingeschalteten Schalt- und Meßapparate, als auch an der Maschine selbst und in der Wicklung liegen. Schlechte Kontaktverhältnisse können sowohl durch starken Temperaturwechsel als auch durch natürliche Vibration der Maschine usw. hervorgerufen werden.

Zu all den angeführten Möglichkeiten gesellen sich noch unzählige andere Mängel, die die Stromrechnung wesentlich erhöhen und einen sicheren Betrieb in Frage stellen.

Auf die Revision selbst an dieser Stelle noch näher einzugehen, erübrigt sich, da im Teil I und II alles für den Praktiker hierfür Wissenswerte gesagt ist und komplizierte Meßmethoden über den Rahmen dieses Buches hinausgehen.

Die Arbeiten, die bei einer Revision dem Betriebsmonteur usw. zufallen, sind in den erwähnten Abschnitten dieses Buches behandelt.

### **Berechnung der Scheibendurchmesser bei Kraftübertragung durch Riemen.**

Die Berechnung der Scheibendurchmesser bei Kraftübertragung durch Riemen, auf Transmission und Vorgelege gehört

mit zu den erforderlichen Fachkenntnissen des Ankerwicklers, Betriebsmonteurs usw.

Es sei aus diesem Grunde der Gang der Berechnung nachstehend leichtverständlich beschrieben und veranschaulicht:

### Beispiel Nr. 1.

Der Motor macht 1200 Touren in der Minute und ist mit einer Scheibe von 150 mm Durchmesser ausgerüstet.

Die anzutreibende Transmission soll 200 Touren in der Minute machen.

Frage: Wie groß muß der Durchmesser der Scheibe auf der Transmission sein?

Lösung: Tourenzahl des Motors  $\times$  Scheibendurchmesser des Motors, geteilt durch die gewünschte Tourenzahl der Transmission. Diese Rechnung in Zahlen ausgedrückt:

$$\frac{1200 \times 150}{200} = 900 \text{ mm.}$$

Die Scheibe auf der Transmission muß also einen Durchmesser von 900 mm haben.

### Beispiel Nr. 2.

Der Motor macht 1000 Touren in der Minute, die Transmission soll 350 Umdrehungen machen. — Die Scheibe auf der Transmission ist vorhanden, der Durchmesser derselben ist 800 mm.

Frage: Wie groß muß der Durchmesser der Motorenscheibe sein, damit die Transmission die gewünschte Tourenzahl macht?

Lösung: Tourenzahl der Transmission mal Scheibendurchmesser der Transmission geteilt durch Tourenzahl des Motors.

Diese Rechnung in Zahlen ausgedrückt:

$$\frac{350 \times 800}{1000} = 280.$$

Der Durchmesser der Motorenscheibe muß also 280 mm sein.

**Beispiel Nr. 3.**

Die Transmission soll nur 80 Touren machen, der vorhandene Motor macht 1000 Touren und hat eine Scheibe von 320 mm Durchmesser. — Auf der Transmission kann aber nur eine Scheibe von 800 mm Durchmesser aufgesetzt werden, da der Abstand zwischen Welle und Wand (Ausladung der Wandlager) 420 mm beträgt.

Nach Beispiel Nr. 1:

$$\frac{1000 \times 300}{80} = 3750,$$

müßte die Scheibe auf der Transmission 3750 mm sein, da eine derartige Scheibe gar nicht angebracht werden kann, muß ein Vorgelege zwischengeschaltet werden. (Siehe Fig. 104.)

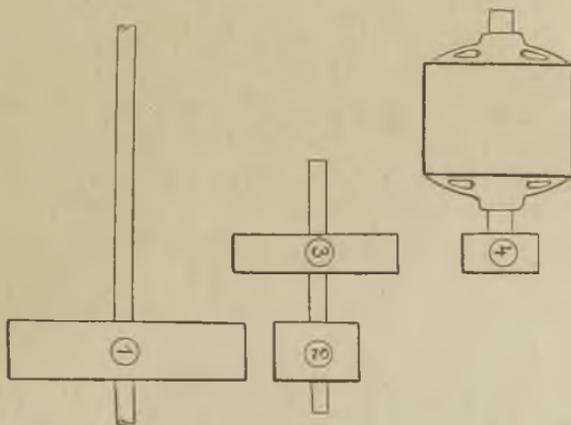


Fig. 104. Anordnung der Riemenscheiben bei Verwendung eines Vorgeleges.

Die Transmission soll 80 Touren machen und kann nur eine Scheibe von 800 mm Durchmesser erhalten.

Man rechnet daher von der Transmission aus und nimmt für die Scheibe Nr. 2 einen Durchmesser an, der nicht kleiner als der 5.—6. Teil der Transmissionsscheibe ist.

Die Scheibe Nr. 2 soll 200 mm Durchmesser erhalten. Dann macht die Welle des Vorgeleges

$$\frac{800 \times 80}{200} = 320 \text{ Touren.}$$

Der Motor macht 1000 Touren und hat eine Scheibe von 320 mm Durchmesser. Wenn die Welle des Vorgeleges 320 Touren machen soll, so muß die Scheibe Nr. 3 nach Beispiel Nr. 1

$$\frac{1000 \times 320}{320} = 1000 \text{ mm}$$

einen Durchmesser von 1000 mm haben. Da das Verhältnis der Scheibengrößen Nr. 3 und 4 nicht kleiner ist, als 1 : 5, so können die errechneten Scheibendurchmesser als günstig bezeichnet werden.

Die Durchmesser der Scheiben wären mithin:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Scheibe Nr. 1} = 800 \text{ mm} \\ \text{„ „ 2} = 200 \text{ mm} \\ \text{„ „ 3} = 1000 \text{ mm} \\ \text{„ „ 4} = 320 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{Fig. 104.}$$

### Riemenscheiben.

Riemenscheiben werden aus Gußeisen, Schmiedeeisen, Stahlblech, Holz oder Papier gefertigt.

Die treibende Scheibe soll immer flach (zylindrisch), die getriebene schwach ballig sein. — Für lange Wellen verwendet man stets geteilte Scheiben.

### Riemen.

Für Übertragungen im Freien verwendet man Kamelhaarriemen, sonst vorzugsweise endlos geleimte oder genähte Lederriemen.

Tabelle zur Bestimmung der Riemenbreite und Riemenstärke\*).

Riemenbreite Riemenstärke Gew. von 1 m in kg	Übertragbare Pferdestärken															
	20 40 4	25 50 4	30 60 4	44 70 5	50 80 5	56 90 5	75 100 6	90 120 6	105 140 6	140 160 7	158 180 7	175 200 7	250 300 8	300 350 8	350 400 8	400 kg 400 mm 8 mm 3,50
$P =$	1,5	1,7	2,0	2,9	3,3	3,7	5	6,0	7,0	9,3	10,5	11,6	16,6	20,0	23,3	26,7
$b =$	1,6	2,0	2,4	3,5	4,0	4,5	6	7,2	8,4	11,2	12,7	14,0	20,0	24,0	28,0	32,0
$s =$	1,9	2,3	2,8	4,1	4,7	5,2	7	8,4	9,8	13,1	14,8	16,3	23,3	28,0	32,7	37,3
	2,2	2,7	3,2	4,7	5,3	6,0	8	9,6	11,2	15,0	16,9	18,6	26,6	32,0	37,3	42,6
	2,4	3,0	3,6	5,3	6,0	6,7	9	10,8	12,6	16,8	19,0	21,0	30,0	36,0	42,0	48,0
	2,7	3,3	4,0	5,9	6,7	7,5	10	12,0	14,0	18,7	21,1	23,3	33,3	40,0	46,7	53,3
	2,9	3,7	4,4	6,5	7,3	8,2	11	13,2	15,4	20,6	23,2	25,6	36,6	44,0	51,4	58,6
	3,5	4,3	5,2	7,6	8,7	9,7	13	15,6	18,2	24,3	27,4	30,3	43,3	52,0	60,7	69,3
	3,7	4,7	5,6	8,2	9,3	10,5	14	16,8	19,6	26,2	29,5	32,6	46,6	56,0	65,4	74,6
	4,6	5,7	6,8	10,0	11,3	12,7	17	20,4	23,8	31,6	35,9	39,6	56,6	68,0	79,4	90,6
	5,1	6,3	7,6	11,2	12,7	14,2	19	22,8	26,6	35,5	40,1	44,3	63,3	76,0	88,7	101
	5,6	7,0	8,4	12,3	14,0	15,7	21	25,2	29,4	39,3	44,3	48,9	69,9	84,0	98,1	112
	6,1	7,7	9,2	13,5	15,3	17,2	23	27,6	32,2	43,0	48,5	53,6	76,6	92,0	107	123
	6,4	8,0	9,6	14,1	16,0	17,9	24	28,8	33,6	44,9	50,6	55,9	79,9	96,0	112	128
	7,2	9,0	10,8	15,8	18,0	20,1	27	32,4	37,8	50,5	57,0	62,9	90,9	108	126	144
	7,7	9,7	11,6	17,0	19,3	21,6	29	34,8	40,6	54,2	61,2	67,6	96,6	116	135	155
	8,3	10,3	12,4	18,2	20,7	23,1	31	37,2	43,4	58,0	65,4	72,2	103	124	145	165
	8,8	11,0	13,2	19,4	22,0	24,7	33	39,6	46,2	61,7	69,6	76,9	110	132	154	176

\*) Die Tabelle ist dem Ingenieur-Kalender Hirsch-Wilking entnommen.

Zur Erläuterung der vorstehenden Tabelle sei gesagt:

Der große Buchstabe „P“				bedeutet die Belastung des Riemens in kg,
„ kleine	„	„b“	„	Riemenbreite,
„ „	„	„s“	„	Riemenstärke,
„ „	„	„v“	„	Riemengeschwindigkeit,
„ große	„	„D“	„	Durchmesser der Riemenscheibe,
„ kleine	„	„n“	„	Umdrehungen d. Scheibe i. d. Min.

### Beispiel.

Ein 6 PS-Motor macht 1200 Umdrehungen in der Minute, der Scheibendurchmesser ist 10 cm, es sollen 6 PS übertragen werden.

Durchmesser der Scheibe in Meter  $\times$  Umdrehungen des Motors ist:

$$0,10 \times 1200 = 120$$

$$\text{„D“} \times \text{„n“} \text{ ist also} = 120.$$

Der Wert in der Tabelle, der 120 am nächsten kommt, ist 115. Man geht von der Zahl 115 in wagerechter Richtung nach rechts bis zu der Zahl 6. Von hier aus nach oben und findet die Angaben:

100 mm Breite

6 „ Stärke.

## Tabelle

für den Gebrauch bei Herstellung von Kollektoren, Feststellung des Drahtquerschnittes in qmm usw.

1	2	3	4	5	6
Zahl ( $n$ )	Quadratzahl ( $n^2$ )	$n \cdot n \cdot n$ ( $n^3$ )	Quadrat- wurzel ( $\sqrt{n}$ )	Kreisumfang ( $\pi \cdot n$ )	Querschnitt in qmm ( $\pi \frac{n^2}{4}$ )
1	1	1	1,0000	3,1416	0,78540
2	4	8	1,4142	6,2832	3,14159
3	9	27	1,7321	9,4248	7,06858
4	16	64	2,0000	12,5664	12,5664
5	25	125	2,2361	15,708	19,6350
6	36	216	2,4495	18,850	28,2743
7	49	343	2,6458	21,991	38,4845
8	64	512	2,8284	25,133	50,2655
9	81	729	3,0000	28,274	63,6173
10	100	1000	3,1623	31,416	78,5398
11	121	1331	3,3166	34,558	95,0332
12	144	1728	3,4641	37,699	113,097
13	169	2197	3,6056	40,841	132,723
14	196	2744	3,7417	43,982	153,938
15	225	3375	3,8730	47,124	176,715
16	256	4096	4,0000	50,265	201,062
17	289	4913	4,1231	53,407	226,980
18	324	5832	4,2426	56,549	254,469
19	361	6859	4,3589	59,690	283,529
20	400	8000	4,4721	62,832	314,159
21	441	9261	4,5826	65,973	346,361
22	484	10648	4,6904	69,115	380,133
23	529	12167	4,7958	72,257	415,476
24	576	13824	4,8990	75,398	452,389
25	625	15625	5,0000	78,540	490,874
26	676	17576	5,0990	81,681	530,929
27	729	19683	5,1962	84,823	572,555
28	784	21952	5,2915	87,965	615,752
29	841	24389	5,3852	91,106	660,520
30	900	27000	5,4772	94,248	706,858

Soll z. B. der Querschnitt eines Drahtes von 1,7 mm Durchmesser festgestellt werden, so gehe man von Spalte 1 hinunter bis zu der Zahl 17. Von hier aus in wagerechter Richtung nach Spalte 6. Das Komma der dort stehenden Zahl 226,980 muß um zwei Stellen nach links gesetzt werden, um die richtige Zahl 2,269 zu erhalten.

150 Tabelle für den Gebrauch bei Herstell. von Kollektoren usw.

1	2	3	4	5	6
Zahl (n)	Quadratzahl (n <sup>2</sup> )	n · n · n (n <sup>3</sup> )	Quadrat- wurzel (√n)	Kreisumfang (π · n)	Querschnitt in qmm (π $\frac{n^2}{4}$ )
31	961	29791	5,5678	97,389	754,768
32	1024	32768	5,6569	100,53	804,248
33	1089	35937	5,7446	103,67	855,299
34	1156	39304	5,8310	106,81	907,920
35	1225	42875	5,9161	109,96	962,113
36	1296	46656	6,0000	113,10	1017,88
37	1369	50653	6,0828	116,24	1075,21
38	1444	54872	6,1644	119,38	1134,11
39	1521	59319	6,2450	122,52	1194,59
40	1600	64000	6,3246	125,66	1256,64
41	1681	68921	6,4031	128,81	1320,25
42	1764	74088	6,4807	131,95	1385,44
43	1849	79507	6,5574	135,09	1452,20
44	1936	85184	6,3362	138,23	1520,53
45	2025	91125	6,7082	141,37	1590,43
46	2116	97336	6,7823	144,51	1661,90
47	2209	103823	6,8557	147,65	1734,94
48	2304	110592	6,9282	150,80	1809,56
49	2401	117649	7,0000	153,94	1885,74
50	2500	125000	7,0711	157,08	1963,50
51	2601	132651	7,1414	160,22	2042,82
52	2704	140608	7,2111	163,36	2123,72
53	2809	148877	7,2801	166,50	2206,18
54	2916	157464	7,3485	169,65	2290,22
55	3025	166375	7,4162	172,79	2375,83
56	3136	175616	7,4833	175,93	2463,01
57	3249	185193	7,5498	179,07	2551,76
58	3364	195112	7,6158	182,21	2642,08
59	3481	205379	7,6811	185,35	2733,97
60	3600	216000	7,7460	188,50	2827,43
61	3721	226981	7,8102	191,64	2922,47
62	3844	238328	7,8740	194,78	3019,07
63	3969	250047	7,9373	197,92	3117,25
64	4096	262144	8,0000	201,06	3216,99
65	4225	274625	8,0623	204,20	3318,31
66	4356	287496	8,1240	207,35	3421,19
67	4489	300763	8,1854	210,49	3525,65
68	4624	314432	8,2462	213,63	3631,68
69	4761	328509	8,3066	216,77	3739,28
70	4900	343000	8,3666	219,91	3848,45

Tabelle für den Gebrauch bei Herstell. von Kollektoren usw. 151

1	2	3	4	5	6
Zahl ( $n$ )	Quadratzahl ( $n^2$ )	$n \cdot n \cdot n$ ( $n^3$ )	Quadrat- wurzel ( $\sqrt{n}$ )	Kreisumfang ( $\pi \cdot n$ )	Querschnitt in qmm ( $\frac{\pi n^2}{4}$ )
71	5041	357911	8,4261	223,05	3959,19
72	5184	373248	8,4853	226,19	4071,50
73	5329	389017	8,5440	229,34	4185,39
74	5476	405224	8,6023	232,48	4300,84
75	5625	421875	8,6603	235,62	4417,86
76	5776	438976	8,7178	238,76	4536,46
77	5929	456533	8,7750	241,90	4656,63
78	6084	474552	8,8318	245,04	4778,36
79	6241	493039	8,8882	248,19	4901,67
80	6400	512000	8,9443	251,33	5026,55
81	6561	531441	9,0000	254,47	5153,00
82	6724	551368	9,0554	257,61	5281,02
83	6889	571787	9,1104	260,75	5410,61
84	7056	592704	9,1652	263,89	5541,77
85	7225	614125	9,2195	267,04	5674,50
86	7396	636056	9,2786	270,18	5808,80
87	7569	658503	9,3274	273,32	5944,68
88	7744	681472	9,3808	276,46	6082,12
89	7921	704969	9,4340	279,60	6221,14
90	8100	729000	9,4868	282,74	6361,73
91	8281	753571	9,5394	285,88	6503,88
92	8464	778688	9,5917	289,03	6647,61
93	8649	804357	9,6487	292,17	6792,91
94	8836	830584	9,6954	295,31	6939,78
95	9025	857375	9,7468	298,45	7088,22
96	9216	884736	9,7980	301,59	7238,23
97	9409	912673	9,8489	304,73	7389,81
98	9604	941192	9,8995	307,88	7542,96
99	9801	970299	9,9499	311,02	7697,69
100	10000	1000000	10,0000	314,16	7853,98
101	10201	1030301	10,0499	317,30	8011,85
102	10404	1061208	10,0995	320,44	8171,28
103	10609	1092727	10,1489	323,58	8332,29
104	10816	1124864	10,1980	326,73	8494,87
105	11025	1157625	10,2470	329,87	8659,01
106	11236	1191016	10,2956	333,01	8824,79
107	11449	1225043	10,3441	336,15	8992,02
108	11664	1259712	10,3923	339,29	9160,88
109	11881	1295029	10,4403	342,43	9331,32
110	12100	1331000	10,4881	345,58	9503,32

152 Tabelle für den Gebrauch bei Herstell. von Kollektoren usw.

1	2	3	4	5	6
Zahl (n)	Quadratzahl (n <sup>2</sup> )	n · n · n (n <sup>3</sup> )	Quadrat- wurzel (√n)	Kreisumfang (π · n)	Querschnitt in qmm ( $\pi \frac{n^2}{4}$ )
111	12321	1367631	10,5357	348,72	9676,89
112	12544	1404928	10,5830	351,86	9852,03
113	12769	1442897	10,6301	355,00	10028,7
114	12996	1481544	10,6771	358,14	10207,0
115	13225	1520875	10,7238	361,28	10386,9
116	13456	1560896	10,7703	364,42	10568,3
117	13689	1601613	10,8167	367,57	10751,3
118	13924	1643032	10,8628	370,71	10935,9
119	14161	1685159	10,9087	373,85	11122,0
120	14400	1728000	10,9545	376,99	11309,7
121	14641	1771561	11,0000	380,13	11499,0
122	14884	1815848	11,0454	383,27	11689,9
123	15129	1860867	11,0905	386,42	11882,3
124	15376	1906624	11,1355	389,56	12076,3
125	15625	1953125	11,1803	392,70	12271,8
126	15876	2000376	11,2250	395,84	12469,0
127	16129	2048383	11,2694	398,98	12667,7
128	16384	2097152	11,3137	402,12	12868,0
129	16641	2146689	11,3578	405,27	13069,8
130	16900	2197000	11,4018	408,41	13273,2
131	17161	2248091	11,4455	411,55	13478,2
132	17424	2299968	11,4891	414,69	13684,8
133	17689	2352637	11,5326	417,83	13892,9
134	17956	2406104	11,5758	420,97	14102,6
135	18225	2460375	11,6190	424,12	14313,9
136	18496	2515456	11,6619	427,26	14526,7
137	18769	2571353	11,7047	430,40	14741,1
138	19044	2628072	11,7473	433,54	14957,1
139	19321	2685619	11,7898	436,68	15174,7
140	19600	2744000	11,8322	439,82	15393,8
141	19881	2803221	11,8743	442,96	15614,5
142	20164	2863288	11,9164	446,11	15836,8
143	20449	2924207	11,9583	449,25	16060,6
144	20736	2985984	12,0000	452,39	16286,0
145	21025	3048625	12,0416	455,53	16513,0
146	21316	3112136	12,0830	458,67	16741,5
147	21609	3176523	12,1244	461,81	16971,7
148	21904	3241792	12,1655	464,96	17203,4
149	22201	3307949	12,2066	468,10	17436,6
150	22500	3375000	12,2474	471,24	17671,5

Tabelle für den Gebrauch bei Herstell. von Kollektoren usw. 153

1	2	3	4	5	6
Zahl (n)	Quadratzahl (n <sup>2</sup> )	n · n · n (n <sup>3</sup> )	Quadrat- wurzel (√n)	Kreisumfang (π · n)	Querschnitt in qmm (π $\frac{n^2}{4}$ )
151	22801	3442951	12,2882	474,38	17907,9
152	23104	3511808	12,3288	477,52	18145,8
153	23409	3581577	12,3693	480,66	18385,4
154	23716	3652264	12,4097	483,81	18626,5
155	24025	3723875	12,4499	486,95	18869,2
156	24336	3796416	12,4900	490,09	19113,4
157	24649	3869893	12,5300	493,23	19359,3
158	24964	3944312	12,5698	496,37	19606,7
159	25281	4019679	12,6095	499,51	19855,7
160	25600	4096000	12,6491	502,65	20106,2
161	25921	4173281	12,6886	505,80	20358,3
162	26244	4251528	12,7279	508,94	20612,0
163	26569	4330747	12,7671	512,08	20867,2
164	26896	4410944	12,8062	515,22	21124,1
165	27225	4492125	12,8452	518,36	21382,5
166	27556	4574296	12,8841	521,50	21642,4
167	27889	4657463	12,9228	524,65	21904,0
168	28224	4741632	12,9615	527,79	22167,1
169	28561	4826809	13,0000	530,93	22431,8
170	28900	4913000	13,0384	534,07	22698,0
171	29241	5000211	13,0767	537,21	22965,8
172	29584	5088448	13,1149	540,35	23235,2
173	29929	5177717	13,1529	543,50	23506,2
174	30276	5268024	13,1909	546,64	23778,7
175	30625	5359375	13,2288	549,78	24052,8
176	30976	5451776	13,2665	552,92	24328,5
177	31329	5545233	13,3041	556,06	24605,7
178	31684	5639752	13,3417	559,20	24884,6
179	32041	5735339	13,3791	562,35	25164,9
180	32400	5832000	13,4164	565,49	25446,9
181	32761	5929741	13,4536	568,63	25730,4
182	33124	6028568	13,4907	571,77	26015,5
183	33489	6128487	13,5277	574,91	26302,2
184	33856	6229504	13,5647	578,05	26590,4
185	34225	6331625	13,6015	581,19	26880,3
186	34596	6434856	13,6382	584,34	27171,6
187	34969	6539203	13,6748	587,48	27464,6
188	35344	6644672	13,7113	590,62	27759,1
189	35721	6751269	13,7477	593,76	28055,2
190	36100	6859000	13,7840	596,90	28352,9

154 Tabelle für den Gebrauch bei Herstell. von Kollektoren usw.

1	2	3	4	5	6
Zahl (n)	Quadratzahl (n <sup>2</sup> )	n · n · n (n <sup>3</sup> )	Quadrat- wurzel (√n)	Kreisumfang (π · n)	Querschnitt in qmm ( $\pi \frac{n^2}{4}$ )
191	36481	6967871	13,8203	600,04	28652,1
192	36864	7077888	13,8564	603,19	28952,9
193	37249	7189057	13,8924	606,33	29255,3
194	37636	7301384	13,9284	609,47	29559,2
195	38025	7414875	13,9642	612,61	29864,8
196	38416	7529536	14,0000	615,75	30171,9
197	38809	7645373	14,0357	618,89	30480,5
198	39204	7762392	14,0712	622,04	30790,7
199	39601	7880599	14,1067	625,18	31102,6
200	40000	8000000	14,1421	628,32	31415,9
201	40401	8120601	14,1774	631,46	31730,9
202	40804	8242408	14,2127	634,60	32047,4
203	41209	8365427	14,2478	637,74	32365,5
204	41616	8489664	14,2829	640,88	32685,1
205	42025	8615125	14,3178	644,03	33006,4
206	42436	8741816	14,3527	647,17	33329,2
207	42849	8869743	14,3875	650,31	33653,5
208	43264	8998912	14,4222	653,45	33979,5
209	43681	9129329	14,4568	656,59	34307,0
210	44100	9261000	14,4914	659,73	34636,1
211	44521	9393931	14,5258	662,88	34966,7
212	44944	9528128	14,5602	666,02	35298,9
213	45369	9663597	14,5945	669,16	35632,7
214	45796	9800344	14,6287	672,30	35968,1
215	46225	9938375	14,6629	675,44	36305,0
216	46656	10077696	14,6969	678,58	36643,5
217	47089	10218313	14,7309	681,73	36983,6
218	47524	10360232	14,7648	684,87	37325,3
219	47961	10503459	14,7986	688,01	37668,5
220	48400	10648000	14,8324	691,15	38013,3
221	48841	10793861	14,8661	694,29	38359,6
222	49284	10941048	14,8997	697,43	38707,6
223	49729	11089567	14,9332	700,58	39057,1
224	50176	11239424	14,9666	703,72	39408,1
225	50625	11390625	15,0000	706,86	39760,8
226	51076	11543176	15,0333	710,00	40115,0
227	51529	11697083	15,0665	713,14	40470,8
228	51984	11852352	15,0997	716,28	40828,1
229	52441	12008989	15,1327	719,42	41187,1
230	52900	12167000	15,1658	722,57	41547,6

Tabelle für den Gebrauch bei Herstell. von Kollektoren usw. 155

1	2	3	4	5	6
Zahl (n)	Quadratzahl (n <sup>2</sup> )	n · n · n (n <sup>3</sup> )	Quadrat- wurzel (√n)	Kreisumfang (π · n)	Querschnitt in qmm ( $\frac{\pi n^2}{4}$ )
231	53361	12326391	15,1987	725,71	41909,6
232	53824	12487168	15,2315	728,85	42273,3
233	54289	12649337	15,2643	731,99	42638,5
234	54756	12812904	15,2971	735,13	43005,3
235	55225	12977875	15,3297	738,27	43373,6
236	55696	13144256	15,3623	741,42	43743,5
237	56169	13312053	15,3948	744,56	44115,0
238	56644	13481272	15,4272	747,70	44488,1
239	57121	13651919	15,4596	750,84	44862,7
240	57600	13824000	15,4919	753,98	45238,9
241	58081	13997521	15,5242	757,12	45616,7
242	58564	14172488	15,5563	760,27	45996,1
243	59049	14348907	15,5885	763,41	46377,0
244	59536	14526784	15,6205	766,55	46759,5
245	60025	14706125	15,6525	769,69	47143,5
246	60516	14886936	15,6844	772,83	47529,2
247	61009	15069223	15,7162	775,97	47916,4
248	61504	15252992	15,7480	779,12	48305,1
249	62001	15438249	15,7797	782,26	48695,5
250	62500	15625000	15,8114	785,40	49087,4
251	63001	15813251	15,8430	788,54	49480,9
252	63504	16003008	15,8745	791,68	49875,9
253	64009	16194277	15,9060	794,82	50272,6
254	64516	16387064	15,9374	797,96	50670,7
255	65025	16581375	15,9687	801,11	51070,5
256	65536	16777216	16,0000	804,25	51471,9
257	66049	16974593	16,0312	807,39	51874,8
258	66564	17173512	16,0624	810,53	52279,2
259	67081	17373979	16,0935	813,67	52885,3
260	67600	17576000	16,1245	816,81	53092,9
261	68121	17779581	16,1555	819,96	53502,1
262	68644	17984728	16,1864	823,10	53912,9
263	69169	18191447	16,2173	826,24	54325,2
264	69696	18399744	16,2481	829,38	54739,1
265	70225	18609625	16,2788	832,52	55154,6
266	70756	18821096	16,3095	835,66	55571,6
267	71289	19034163	16,3401	838,81	55990,3
268	71824	19248832	16,3707	841,95	56410,4
269	72361	19465109	16,4012	845,09	56832,2
270	72900	19683000	16,4317	848,23	57255,5

1	2	3	4	5	6
Zahl (n)	Quadratzahl (n <sup>2</sup> )	n · n · n (n <sup>3</sup> )	Quadrat- wurzel (√n)	Kreisumfang (π · n)	Querschnitt in qmm ( $\frac{\pi n^2}{4}$ )
271	73441	19902511	16,4621	851,37	57680,4
272	73984	20123648	16,4924	854,51	58106,9
273	74529	20346417	16 5227	857,66	58534,9
274	75076	20570824	16,5529	860,80	58964,6
275	75625	20796875	16,5831	863,94	59395,7
276	76176	21024576	16,6132	867,08	59828,5
277	76729	21253933	16,6433	870,22	60262,8
278	77284	21484952	16,6733	873,36	60698,7
279	77841	21717639	16,7033	876,50	61136,2
280	78400	21952000	16,7332	879,65	61575,2
281	78961	22188041	16,7631	882,79	62015,8
282	79524	22425768	16,7929	885,93	62458,0
283	80089	22665187	16,8226	889,07	62901,8
284	80656	22906304	16,8523	892,21	63347,1
285	81225	23149125	16 8819	895,35	63794,0
286	81796	23393656	16,9115	898,50	64242,4
287	82369	23639903	16,9411	901,64	64692,5
288	82944	23887872	16,9706	904,78	65144,1
289	83521	24137569	17,0000	907,92	65597,2
290	84100	24389000	17,0294	911,06	66052,0
291	84681	24642171	17,0587	914,20	66508,3
292	85264	24897088	17,0880	917,35	66966,2
293	85849	25153757	17,1172	920,49	67425,6
294	86436	25412184	17,1464	923,63	67886,7
295	87025	25672375	17,1756	926,77	68349,3
296	87616	25934336	17,2047	929,91	68813,5
297	88209	26198073	17,2337	933,05	69279,2
298	88804	26463592	17,2627	936,19	69746,5
299	89401	26730899	17,2916	939,34	70215,4
300	90000	27000000	17,3205	942,48	70685,8
301	90601	27270901	17,3494	945,62	71157,9
302	91204	27543608	17,3781	948,76	71631,5
303	91809	27818127	17,4069	951,90	72106,6
304	92416	18094464	17,4356	955,04	72583,4
305	93025	28372625	17,4642	958,19	73061,7
306	93636	28652616	17,4929	961,33	73541,5
307	94249	28934443	17,5214	964,47	74023,0
308	94864	29218112	17,5499	967,61	74506,0
309	95481	29503629	17,5784	970,75	74990,6
310	96100	29791000	17,6068	973,89	75476,8

Tabelle für den Gebrauch bei Herstell. von Kollektoren usw. 157

1	2	3	4	5	6
Zahl ( $n$ )	Quadratzahl ( $n^2$ )	$n \cdot n \cdot n$ ( $n^3$ )	Quadrat- wurzel ( $\sqrt{n}$ )	Kreisumfang ( $\pi \cdot n$ )	Querschnitt in qmm ( $\pi \frac{n^2}{4}$ )
311	96721	30080231	17,6352	977,04	75964,5
312	97344	30371328	17,6635	980,18	76453,8
313	97969	30664297	17,6918	983,32	76944,7
314	98596	30959144	17,7200	986,46	77437,1
315	99225	31255875	17,7482	989,60	77931,1
316	99856	31554496	17,7764	992,74	78426,7
317	100489	31855013	17,8045	995,88	78923,9
318	101124	32157432	17,8326	999,03	79422,6
319	101761	32461759	17,8606	1002,2	79922,9
320	102400	32768000	17,8885	1005,3	80424,8
321	103041	33076161	17,9165	1008,5	80928,2
322	103684	33386248	17,9444	1011,6	81433,2
323	104329	33698267	17,9722	1014,7	81939,8
324	104976	34012224	18,0000	1017,9	82448,0
325	105625	34328125	18,0278	1021,0	82957,7
326	106276	34645976	18,0555	1024,2	83469,0
327	106929	34965783	18,0831	1027,3	83981,8
328	107584	35287552	18,1108	1030,4	84496,3
329	108241	35611289	18,1384	1033,6	85012,3
330	108900	35937000	18,1659	1036,7	85529,9
331	109561	36264691	18,1934	1039,9	86049,0
332	110224	36594368	18,2209	1043,0	86569,7
333	110889	36926037	18,2483	1046,2	87092,0
334	111556	37259704	18,2757	1049,3	87615,9
335	112225	37595375	18,3030	1052,4	88141,3
336	112896	37933056	18,3303	1055,6	88668,2
337	113569	38272753	18,3576	1058,7	89196,9
338	114244	38614472	18,3848	1061,9	89727,0
339	114921	38958219	18,4120	1065,0	90258,0
340	115600	39304000	18,4391	1068,1	90792,0
341	116281	39651821	18,4662	1071,3	91326,9
342	116964	40001688	18,4932	1074,4	91863,3
343	117649	40353607	18,5203	1077,6	92401,3
344	118336	40707584	18,5472	1080,7	92940,9
345	119025	41063625	18,5742	1083,8	93482,0
346	119716	41421736	18,6011	1087,0	94024,7
347	120409	41781923	18,6279	1090,1	94569,0
348	121104	42144192	18,6548	1093,3	95114,9
349	121801	42508549	18,6815	1096,4	95662,3
350	122500	42875000	18,7083	1099,6	96211,3

1	2	3	4	5	6
Zahl ( $n$ )	Quadratzahl ( $n^2$ )	$n \cdot n \cdot n$ ( $n^3$ )	Quadrat- wurzel ( $\sqrt{n}$ )	Kreisumfang ( $\pi \cdot n$ )	Querschnitt in qmm ( $\pi \frac{n^2}{4}$ )
351	123201	43243551	18,7350	1102,7	96761,8
352	123904	43614208	18,7617	1105,8	97314,0
353	124609	43986977	18,7883	1109,0	97867,7
354	125316	44361864	18,8149	1112,1	98423,0
355	126025	44738875	18,8414	1115,3	98979,8
356	126736	45118016	18,8680	1118,4	99538,2
357	127449	45499293	18,8944	1121,5	100098
358	128164	45882712	18,9209	1124,7	100660
359	128881	46268279	18,9473	1127,8	101223
360	129600	46656000	18,9737	1131,0	101788
361	130321	47045881	19,0000	1134,1	102354
362	131044	47437928	19,0263	1137,3	102922
363	131769	47832147	19,0526	1140,4	103491
364	132496	48228544	19,0788	1143,5	104062
365	133225	48627125	19,1050	1146,7	104635
366	133956	49027896	19,1311	1149,8	105209
367	134689	49430863	19,1572	1153,0	105784
368	135424	49836032	19,1833	1156,1	106362
369	136161	50243409	19,2094	1159,2	106941
370	136900	50653000	19,2354	1162,4	107521
371	137641	51064811	19,2614	1165,5	108103
372	138384	51478848	19,2873	1168,7	108687
373	139129	51895117	19,3132	1171,8	109272
374	139876	52313624	19,3391	1175,0	109858
375	140625	52734375	19,3649	1178,1	110447
376	141376	53157376	19,3907	1181,2	111036
377	142129	53582633	19,4165	1184,4	111628
378	142884	54010152	19,4422	1187,5	112221
379	143641	54439939	19,4679	1190,7	112815
380	144400	54872000	19,4938	1193,8	113411
381	145161	55306341	19,5192	1196,9	114009
382	145924	55742968	19,5448	1200,1	114608
383	146689	56181887	19,5704	1203,2	115209
384	147456	56623104	19,5959	1206,4	115812
385	148225	57066625	19 6214	1209,5	116416
386	148996	57512456	19 6469	1212,7	117021
387	149769	57960603	19 6723	1215,8	117268
388	150544	58411072	19 6977	1218,9	118237
389	151321	58863869	19 7231	1222,1	118847
390	152100	59319000	19 7484	1225,2	119459

Tabelle für den Gebrauch bei Herstell. von Kollektoren usw. 159

1	2	3	4	5	6
Zahl (n)	Quadratzahl (n <sup>2</sup> )	n · n · n (n <sup>3</sup> )	Quadrat- wurzel (√n)	Kreisumfang (π · n)	Querschnitt in qmm ( $\frac{\pi n^2}{4}$ )
391	152881	59776471	19 7737	1228,4	120072
392	153664	60236288	19 7990	1231,5	120687
393	154449	60698457	19 8242	1234,6	121304
394	155236	61162984	19,8494	1237,8	121922
395	156025	61629875	19,8746	1240,9	122542
396	156816	62099136	19,8997	1244,1	123163
397	157609	62570773	19,9249	1247,2	123786
398	158404	63044792	19,9499	1250,4	124410
399	159201	63521199	19,9750	1253,5	125036
400	160000	64000000	20,0000	1256,6	125664
401	160801	64481201	20,0250	1259,8	126293
402	161604	64964808	20,0499	1262,9	126923
403	162409	65450827	20,0749	1266,1	127556
404	163216	65939264	20,0998	1269,2	128190
405	164025	66430125	20,1246	1272,3	128825
406	164836	66923416	20,1494	1275,5	129462
407	165649	67419143	20,1742	1278,6	130100
408	166464	67917312	20,1990	1281,8	130741
409	167281	68417929	20,2237	1284,9	131382
410	168100	68921000	20,2485	1288,1	132025
411	168921	69426531	20,2731	1291,2	132670
412	169744	69934528	20,2978	1294,3	133317
413	170569	70444997	20,3224	1297,5	133965
414	171396	70957944	20,3470	1300,6	134614
415	172225	71473375	20,3715	1303,8	135265
416	173056	71991296	20,3961	1306,9	135918
417	173889	72511713	20,4206	1310,0	136572
418	174724	73034632	20,4450	1313,2	137228
419	175561	73560059	20,4695	1316,3	137885
420	176400	74088000	20,4939	1319,5	138544
421	177241	74618461	20,5183	1322,6	139205
422	178084	75151448	20,5426	1325,8	139867
423	178929	75686967	20,5670	1328,9	140531
424	179776	76225024	20,5913	1332,0	141196
425	180625	76765625	20,6155	1335,2	141863
426	181476	77308776	20,6398	1338,3	142531
427	182329	77854483	20,6640	1341,5	143201
428	183184	78402752	20,6882	1344,6	143872
429	184041	78953589	20,7123	1347,6	144545
430	184900	79507000	20,7364	1350,9	145220

1	2	3	4	5	6
Zahl (n)	Quadratzahl (n <sup>2</sup> )	n · n · n (n <sup>3</sup> )	Quadrat- wurzel (√n)	Kreisumfang (π · n)	Querschnitt in qmm ( $\frac{\pi n^2}{4}$ )
431	185761	80062991	20,7605	1354,0	145869
432	186624	80621568	20,7846	1357,2	146574
433	187489	81182737	20,8087	1360,3	147254
434	188356	81746504	20,8327	1363,5	147934
435	189225	82312875	20,8567	1366,6	148611
436	190096	82881856	20,8806	1369,7	149301
437	190969	83453453	20,9045	1372,9	149987
438	191844	84027672	20,9284	1376,0	150674
439	192721	84604519	20,9523	1379,2	151363
440	193600	85184000	20,9762	1382,3	152053
441	194481	85766121	21,0000	1385,4	152745
442	195364	86350888	21,0238	1388,6	153439
443	196249	86938307	21,0476	1391,7	154134
444	197136	87528384	21,0713	1394,9	154830
445	198025	88121125	21,0950	1398,0	155528
446	198916	88716536	21,1187	1401,2	156228
447	199809	89314623	21,1424	1404,3	156930
448	200704	89915392	21,1660	1407,4	157633
449	201601	90518849	21,1896	1410,6	158337
450	202500	91125000	21,2132	1413,7	159043
451	203401	91733851	21,2368	1416,9	159751
452	204304	92345408	21,2603	1420,0	160460
453	205209	92959677	21,2838	1423,1	161171
454	206116	93576664	21,3073	1426,3	161883
455	207025	94196375	21,3307	1429,4	162597
456	207936	94818816	21,3542	1432,6	163313
457	208849	95443993	21,3776	1435,7	164030
458	209764	96071912	21,4009	1438,8	164748
459	210681	96702579	21,4243	1442,0	165468
460	211600	97336000	21,4476	1445,1	166190
461	212521	97972181	21,4709	1448,3	166914
462	213444	98611128	21,4942	1451,4	167639
463	214369	99252847	21,5174	1454,6	168365
464	215296	99897344	21,5407	1457,7	169093
465	216225	100544625	21,5639	1460,8	169823
466	217156	101194696	21,5870	1464,0	170554
467	218089	101847563	21,6102	1467,1	171287
468	219024	102503232	21,6333	1470,3	172021
469	219961	103161709	21,6564	1473,4	172757
470	220900	103823000	21,6795	1476,5	173494

Tabelle für den Gebrauch bei Herstell. von Kollektoren usw. 161

1	2	3	4	5	6
Zahl (n)	Quadratzahl (n <sup>2</sup> )	n · n · n (n <sup>3</sup> )	Quadrat- wurzel (√n)	Kreisumfang (π · n)	Querschnitt in qmm ( $\frac{\pi n^2}{4}$ )
471	221841	104487111	21,7025	1479,7	174234
472	222784	105154048	21,7256	1482,8	174974
473	223729	105823817	21,7486	1486,0	175716
474	224676	106496424	21,7715	1489,1	176460
475	225625	107171875	21,7945	1492,3	177205
476	226576	107850176	21,8174	1495,4	177952
477	227529	108531333	21,8403	1498,5	178701
478	228484	109215352	21,8632	1501,7	179451
479	229441	109902239	21,8861	1504,8	180203
480	230400	110592000	21,9089	1508,0	180956
481	231361	111284641	21,9317	1511,1	181711
482	232324	111980168	21,9545	1514,2	182467
483	233289	112678587	21,9773	1517,4	183225
484	234256	113379904	22,0000	1520,5	183984
485	235225	114084125	22,0227	1523,7	184745
486	236196	114791256	22,0454	1526,8	185508
487	237169	115501303	22,0681	1530,0	186272
488	238144	116214272	22,0907	1533,1	187038
489	239121	116930169	22,1133	1536,2	187805
490	240100	117649000	22,1359	1539,4	188574
491	241081	118370771	22,1585	1542,5	189345
492	242064	119095488	22,1811	1545,7	190117
493	243049	119823157	22,2036	1548,8	190890
494	244036	120553784	22,2261	1551,9	191665
495	245025	121287375	22,2486	1555,1	192442
496	246016	122023936	22,2711	1558,2	193221
497	247009	122763473	22,2935	1561,4	194000
498	248004	123505992	22,3159	1564,5	194782
499	249001	124251499	22,3383	1567,7	195565
500	250000	125099000	22,3607	1570,8	196350
501	251001	125751501	22,3830	1573,9	197136
502	252004	126506008	22,4054	1577,1	197923
503	253009	127263527	22,4277	1580,2	198713
504	254016	128024064	22,4499	1583,4	199504
505	255025	128787625	22,4722	1586,5	200296
506	256036	129554216	22,4944	1589,6	201090
507	257049	130323843	22,5167	1592,8	201886
508	258064	131096512	22,5389	1595,9	202683
509	259081	131872229	22,5610	1599,1	203482
510	260100	132651000	22,5832	1602,2	204282

1	2	3	4	5	6
Zahl (n)	Quadratzahl (n <sup>2</sup> )	n · n · n (n <sup>3</sup> )	Quadrat- wurzel (√n)	Kreisumfang (π · n)	Querschnitt in qhm ( $\frac{n^2}{n}$ )
511	261121	133432831	22,6053	1605,4	205084
512	262144	134217728	22,6274	1608,5	205887
513	263169	135005697	22,6495	1611,6	206692
514	264196	135796744	22,6716	1614,8	207499
515	265225	136590875	22,6936	1617,9	208307
516	266256	137388096	22,7156	1621,1	209117
517	267289	138188413	22,7376	1624,2	209928
518	268324	138991832	22,7596	1627,3	210741
519	269361	139798359	22,7816	1630,5	211556
520	270400	140608000	22,8035	1633,6	212372
521	271441	141420761	22,8254	1636,8	213189
522	272484	142236648	22,8473	1639,9	214008
523	273529	143055667	22,8692	1643,1	214829
524	274576	143877824	22,8910	1646,2	215651
525	275625	144703125	22,9129	1649,3	216475
526	276676	145531576	22,9347	1652,5	217301
527	277729	146363183	22,9565	1655,6	218128
528	278784	147197952	22,9783	1658,8	218956
529	279841	148035889	23,0000	1661,9	219787
530	280900	148877000	23,0217	1665,0	220618
531	281961	149721291	23,0434	1668,2	221452
532	283024	150568768	23,0651	1671,3	222287
533	284089	151419437	23,0868	1674,5	223123
534	285156	152273304	23,1084	1677,6	223961
535	286225	153130375	23,1301	1680,8	224801
536	287296	153990656	23,1517	1683,9	225642
537	288369	154854153	23,1733	1687,0	226484
538	289444	155720872	23,1948	1690,2	227329
539	290521	156590819	23,2164	1693,3	228175
540	291600	157464000	23,2379	1696,5	229022
541	292681	158340421	23,2594	1699,6	229871
542	293764	159220088	23,2809	1702,7	230722
543	294849	160103007	23,3024	1705,9	231574
544	295936	160989184	23,3238	1709,0	232428
545	297025	161878625	23,3452	1712,2	233283

Muster eines Werkstattbuches.

Lfd. Nr.	Kom- miss.- Nr.	Be- zeich- nung	Fabri- kat	Type oder PS	Fabrik- Nr.	Spannung in Volt		Tou- ren	Zubehör
						Gleich- strom =	Dreh- strom ∞		
1	1	1 Motor	A.E.G.	N.E.G. 50	16 627	220	∞	1250	1 Riemenscheibe

Wickeldaten Anker bzw. Läufer						Wickeldaten Feld bzw. Ständer				Eingang und Lieferzeit	
Nu- ten	Wik- kel- schritt	Wdg. pro Spule	Schal- tungs- schritt	Draht- stärke nackt	Gewicht des Kupfers kg	Win- dung	Draht- stärke in mm	Kupfer- Gewicht kg	Nu- ten- zahl	Ein- gang	Liefer- frist
33	<sup>Nute</sup> 1:9	3·8	1:50	2·1,1 <del>2</del>	4,1	3000	0,6	17,5	—	15.2.19	28.2.19

## Bezugsquellen-Nachweis.

### Ankerisoliermaterial:

- Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschingerstr. 29.  
Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.  
Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.  
Textil-Handelsgesellschaft (Tehage) H. von Beckerath & Co. in Crefeld.

### Ankerlacke:

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.

### Ankerwickellei:

- Westfälische Elektromotoren Industrie G. m. b. H., Münster i. W.  
Walter Rasche, Suhl (Thür.), Lauterberg 5.

### Ankerwickelmaterialien:

- Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.  
Walter Rasche, Suhl (Thür.), Lauterberg 5.

### Anlasser:

- Bergmann-Electricitäts-Werke A. G., Berlin N 65.  
Conz Electricitäts-Gesellschaft m. b. H. in Altona-Bahrenfeld.  
F. Klöckner, Spezialfabrik elektrischer Starkstromapparate, Köln-Qu.-  
Bayenthal.  
Siemens-Schuckert-Werk, Siemensstadt bei Berlin.

### Asbest:

- Continental Isolawerke A.-G., Birkesfeld bei Düren.  
Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 84.  
Vereinigte Isolatorenwerke A.-G., Berlin-Pankow.

### Asbestschiefer:

- Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 84.

### Ausgußmasse:

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

### Bandagendrähte:

- G. E. Kuhnelt, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe  
Anzeige auf der Deckelseite.  
Georg Stübner, Bochum, Wiemelhauser Str. 13.

**Baumwollgewebe:**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschingerstr. 29.

**Bergmannkitt:**

Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Borax:**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Bücher, technische aller Art:**

Hermann Meußner, Fachbuchhandlung, Berlin W 57, Potsdamer Str. 75.

**Bügeleisen, elektrische:**

Walter Rasche, Suhl-Thüringen, Lauterberg 5.

**Bürstenhalter:**

Schunk & Ebe, Giessen a. d. Lahn.

**Chatterton-Compound:**

Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Cellon-Lacke:**

Cellon-Werke Dr. Art. Eichengrün, Charlottenburg 4.

**Drähte, isolierte:**

Hackethal-Draht- und Kabelwerke A.-G., Hannover.

**Dynamobürsten:**

Schäfer & Montanus, Elektrotechn. Fabrik, Frankfurt a. M. Hammels-  
 gasse 12.

**Dynamos:**

Conz Electricitäts-Gesellschaft m. b. H. in Altona-Bahrenfeld.  
 Elektromotorenwerke Heidenau.  
 Walter Rasche, Suhl-Thüringen, Lauterberg 5.

**Dynamodraht:**

Grote & Kreft, Dortmund, Hohestr. 60.  
 G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36, Tel. A 3993. Siehe  
 Anzeige auf der Deckelseite.  
 K. F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.  
 Georg Stübner, Bochum, Wiemelhauser Str. 13.

**Elektromotoren:**

Conz Electricitäts-Gesellschaft m. b. H. in Altona-Bahrenfeld.  
 Westfälische Elektro-Motoren-Industrie G. m. b. H., Münster i. W.

**Emaillacke, säurefeste:**

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Erregersalz:**

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.

**Fließlot „Optisol“:**

- Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Glasperlen:**

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Glimmer:**

- Boetticher & Co. G. m. b. H., Neuß-Rhein 2.  
 Continentale Isolawerke A.-G., Birkesdorf bei Düren.  
 Frkf. Glimmerwarenfabrik Landsberg-Ollend, Frankfurt a. M. West.  
 Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Jaroslaw's Erste Glimmerwarenfabrik, Berlin SO 36, Reichenberge  
 Str. 79/80.  
 Meirowsky & Co. A.-G., Porz a. Rhein,

**Glühlampenmattätze:**

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Glühlampentauchlacke:**

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Guttaperchapapier:**

- Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Hanfbindfäden:**

- Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993; siehe  
 Anzeige auf der Deckelseite.  
 Karl F. W. Linckh, München, Bothnerstr. 13.

**Hartgummi:**

- Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe  
 Anzeige auf der Deckelseite.

**Hartlötmittel:**

- Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29,  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27

**Hohlschläuche:**

- Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe  
Anzeige auf der Deckelseite.  
Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.  
Textil-Handelsgesellschaft (Tehage) H. von Beckerath & Co. in Crefeld.

**Jakonetbänder:**

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993; siehe  
Anzeige auf der Deckelseite.  
Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.  
E. W. F. Neels, Charlottenburg 1.  
Jos. Ruminski, Barmen-U., Haspelerstr. 39.  
Georg Stübner, Bochum, Wiemelhauser Str. 13.  
Textil-Handelsgesellschaft (Tehage) H. von Beckerath & Co. in Crefeld.

**Japanpapier:**

- Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
E. W. F. Neels, Charlottenburg 1.

**Isolierband:**

- Emil Althaus, Remscheid-Vieringhausen.  
Rich. Duisburg & Co., Barmen-R.  
Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe  
Anzeige auf der Deckelseite.  
Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.  
Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belzigerstr. 27.  
Textil-Handelsgesellschaft (Tehage) H. von Beckerath & Co. in Crefeld.

**Isolatorenkitt:**

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
Höntsch & Co., Dresden-Niedersedlitz.  
Artur Hecker, Asbest- und Gummiwerke, Dresden-A.  
Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Isolierklebelack:**

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.

**Isolierlack:**

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe  
Anzeige auf der Deckelseite.

**Isolierlack ferner:**

- Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.  
 B. Paeger & Co., Berlin NW 5.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.  
 Conrad Wm. Schmidt, G. m. b. H., Lack- und Firnisfabrik, Düsseldorf,

**Isoliermaterialien für Ankerbau:**

- Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe  
 Anzeige auf der Deckelseite.  
 Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.  
 Conrad Wm. Schmidt, G. m. b. H., Lack- und Firnisfabrik, Düsseldorf.  
 Textil-Handelsgesellschaft (Tehage) H. von Beckerath & Co. in Crefeld.

**Isolierröhren:**

- Continental Isola-Werke A.-G. Birkesdorf bei Düren.  
 Erkf. Glimmerwarenfabrik Landsberg-Ollendorff, Frankfurt a. M. West.

**Isolierstoffe:**

- Berl. Isolierstoff Ges. m. b. H., Berlin-Charlottenburg.

**Kabelbrühmasse:**

- Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Kabelisoliermasse:**

- Bauer & Co., Frankfurt a. M., Osthafen.  
 Dr. Cassirer & Co., Kabel- & Gummiwerke, Charlottenburg, Kepler-  
 straße 1—9.  
 Deutsche Kabelwerke A.-G., Berlin-Lichtenberg.

**Kabelmuffen-Vergußmasse:**

- Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Kabelschuhe:**

- Gebr. Höhme, Heidenau-Dresden.  
 Kabelwerk Duisburg, Duisburg.  
 Kabelwerk Rheydt A.-G., Rheydt, Rheinprov.

**Kabelwachs:**

- Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Kalikoband:**

- Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Klemm-Kabelschuhe:**

- Alfred Spalcke, Magdeburg.

**Klingeltransformatoren:**

- Walter Rasche, Suhl-Thüringen, Lauterberg 5.

**Kohlenbürsten für Dynamos:**

C. Conrady, Nürnberg.  
 Heid & Co., Neustadt a. d. Haardt.  
 Gebr. Hoehme, Heidenau-Dresden.  
 P. Ringsdorff, Berlin NW 40.

**Kohlenhalter:**

Schäfer & Montanus, Frankfurt a. M., Hammelsgasse 12.

**Kollektoren:**

Kollektoren-Spezialfabrik Hermann Unverzagt, Nordhausen a. H.

**Kollektorbalsam:**

Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
 Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe  
 Anzeige auf der Deckelseite.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Kollektorlamellen:**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Georg Stübner, Bochum, Wiemelhauser Str. 13.  
 C. G. Tietzens Eidam, Bautzen.

**Kontroller:**

Controller G. m. b. H., Düsseldorf.  
 F. Klöckner, Spezialfabrik elektrischer Starkstromapparate, Köln-Qu.-  
 Bayenthal.  
 Pöge Elektrizitäts A.-G., Chemnitz.

**Kupfermanteldrähte mit Gummiisolation:**

Kerpen & Co. G. m. b. H., Stolberg (Rhld.).

**Lacke:**

Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
 Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Leatheroid:**

Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Lehrmittel-Motore und Dynamos:**

Walter Rasche, Suhl-Thüringen, Lauterberg 5.

**Leinenbänder:**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Literatur, elektrotechnische:**

Hermann Meußner, Fachbuchhandlung, Berlin W 57, Potsdamer Str. 75.

**Lötfett:**

Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
 Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.

**Lötlampen:**

Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
 Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Lötmittel:**

Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
 Rudolf Hoffmann, Berlin-Steglitz, Poschinger Str. 29.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe  
 Anzeige auf der Deckelseite.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Lötzinn:**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**„Mansonit“-Isolatorenkitt:**

Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Material für Motor-Reparaturen:**

Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.

**Mega-Material:**

G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe  
 Anzeige auf der Deckelseite.

**Meßinstrumente:**

Dr. Siegr. Guggenheimer, Nürnberg.  
 Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk, Siemensstadt bei Berlin.

**Metallzement:**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Mikanit:**

Jaroslaws Erste Glimmerwarenfabrik, Berlin SO 36, Reichenberger  
 Str. 79/80.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.  
 Karl H. Wrede, Hannover, Hagenstr. 66.

**Montage-Werkzeuge:**

W. Kücke & Co., Elberfeld I.

**Motoren:**

Conz Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H., Altona-Bahrenfeld.  
 A. Gobiet & Co., Rotenburg a. Fulda.  
 Walter Rasche, Suhl-Thüringen, Lauterberg 5.

**Motorentuch :**

G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe Anzeige auf der Deckelseite.

Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Motorriemenscheiben:**

Raskop, Pieper & Habbes, G. m. b. H., Dortmund, Hohestraße 60.

**Muffenfüllmasse:**

P. Paege & Co., Berlin NW 5.

**Nesselgewebe :**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Ölleinen:**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe Anzeige auf der Deckelseite.

Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.

Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

Karl H. Wrede, Hannover, Hagenstr. 66.

**Ölpapier:**

G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe Anzeige auf der Deckelseite.

E. W. F. Neels, Charlottenburg 1.

**Ölseide :**

G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe Anzeige auf der Deckelseite.

E. W. F. Neels, Charlottenburg 1.

**Optisol-Lötmittel :**

Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Paraband:**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**P & B Giant-Isolierpapier :**

Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Polreagenzpapier:**

Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Preßglimmer:**

Jaroslaw's Erste Glimmerwarenfabrik, Berlin SO 36, Reichenberger Str. 79/80.

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Preßkabelschuh:**

Stotz G. m. b. H., Mannheim-Neckarau.

**Preßspan :**

- Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 G. E. Kuhnel, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe  
 Anzeige auf der Deckelseite.  
 Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.  
 Preßspanfabrik Untersachsenfeld A.-G. vorm. M. Hellinger in Unter-  
 sachsenfeld, Post Neuwelt i. Sa.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Prüfeinrichtungen :**

- Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk, Siemensstadt bei Berlin.

**Prüflampen:**

- Julius Pintsch A.-G., Frankfurt a. M.

**Prüftransformatoren:**

- Koch & Sterzel, Dresden-A.

**Regler :**

- F. Klöckner, Spezialfabrik elektrischer Starkstromapparate, Köln-  
 Qu.-Bayenthal.

**Reparaturwerkstatt:**

- Walter Rasche, Suhl (Thür.), Lauterberg 5.

**Rohrabschlußtülle:**

- Alfred Spalcke, Magdeburg, Kaiser-Otto-Ring 5.

**Ruberoid-Isolierpappe:**

- Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Sachverständiger für elektrische Maschinen:**

- Fritz Raskop, Ingenieur, Benrath a. Rh., Kaiser-Wilhelm-Str. 5.

**Salmiak :**

- Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Säurefeste Emaillacke :**

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Schaltafellack:**

- Paul Groddeck, Hamburg 30, Blücherstr. 42.

**Schellack:**

- Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Schiefertafel:**

- Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Schlaglot:**

- Geb. Kemper, Olpe i. W.  
 Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.  
 Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Seidenbänder :**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

**Spezial-Cacta:**

Continentale Isola-Werke A.-G., Birkesfeld-Düren, Rhld.

**Spezialwerkzeug für Elektrotechnik:**

W. Kücke & Co., Elberfeld I.

**Spulumwickelmaterial:**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Stahlbandagendraht:**

Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.

**Taschenlötlampen :**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

**Transformatoren:**

Maffei-Schwartzkopff-Werke, Berlin N 4.

**Ventilatoren :**

Walter Rasche, Suhl-Thüringen, Lauterberg 5.

**Vergußmasse :**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin-Schöneberg 49, Belziger Str. 27.

E. W. F. Neels, Charlottenburg I.

**Vulkanfibrer:**

Boetticher & Co. G. m. b. H., Neuß Rhein 2.

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin NW 87, Beusselstr. 83a.

G. E. Kuhnelt, Köln-Deutz, Siegburger Str. 32—36. Tel. A 3993. Siehe Anzeige auf der Deckelseite.

Karl F. W. Linckh, München, Bothmerstr. 13.

Vulkan-Fibre-Import Martin Schmid, Berlin W 57.

**Wachsdraht:**

J. L. Rumbler, Frankfurt a. M. 214.

**Weichgummi :**

Friedr. Wilh. Kuhl, Berlin SW 87, Beusselstr. 83a.

**Wickelbänder:**

Erzgebirgische Bandindustrie Jansen & Zimmer, Zwickau i. Sa.

Union Elektro-Isolier-Ges. m. b. H., Charlottenburg 2.

**Widerstände :**

F. Klöckner, Spezialfabrik elektrischer Starkstromapparate, Köln-Qu.-Bayenthal.

**Zählapparate:**

Karl Hardtmann, Spezialfabrik für Zähl- und Meßapparate, Berlin NO 18, Große Frankfurter Str. 44.

**Zählertafeln:**

Vereinigte Isolatorenwerke A.-G., Berlin-Pankow.

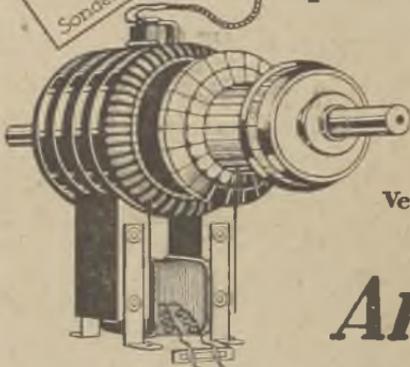


**Erhöhte**  
**Wirtschaftlichkeit**

für



**Bahnbetriebe**  
**Maschinen-Fabriken**  
**Reparaturwerkstätten**



bei  
Verwendung  
von

**Anker-  
Prüfeinrichtungen**

**SIEMENS & HALSKE A.G.**  
Wernerwerk · Siemensstadt bei Berlin

# Anker- Isolier-Material

ist Vertrauenssache!



Nur  
beste Isoliermittel  
schützen vor Schaden!

*Preise und Muster gern  
zu Diensten!*



Friedr. Wilh. Kuhl  
Berlin NW 87  
Beußelstraße 83 a

*Fernsprecher: Moabit 7155 u. 6753; Drahtanschrift: Isolierkuhl, Berlin*

# Ankerwickel-Materialien und Material für Motor-Reparatur

wie:

Jakoneftbänder, Treßspan, Stahl-  
bandagendraht, Ankerkordelschnur, Ölleinen, Öl-  
leinenbänder, Isolierlacke, Dynamodrähte, Wide stands- und  
Nikelindrähte, Vulkanfaser und sonstiges Isolier-  
material sind preiswert zu beziehen

von

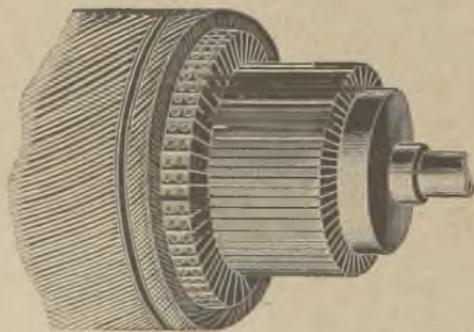
## Karl F. W. Linckh, München 19

Elektrotechnische Handlung

1900

Bothmersstraße 13

# Kollektoren-Spezial-Fabrik



## H. Unverzagt, Nordhausen

Telegr.-Adr.: Unverzagt

Moltkestraße 1

Fernsprecher 1961

# FRITZ RASKOP

Ingenieur

Benrath a. Rh., Kaiser-Wilhelm-Straße 8

## Sachverständiger für elektrische Maschinen

Gutachten und Rat in allen wickel-  
technischen Fragen / Ermittlung von  
Wickeldaten und Umrechnungen für  
andere Spannungen und Drehzahlen  
Untersuchung, Fehlerbestimmung und  
Begutachtung bei Störungen an elektr.  
Maschinen und elektr. Kraftanlagen

# „BEWAG“

Benrather Elektromotoren - Werke

BENRATH A. RH.

Telegramm: Bewag

Fernsprecher: 267 u. 45

---

## Bau von Elektromotoren

von 1-30 PS Gleich- u. Drehstrom 110-500 Volt

---

## Reparaturwerke

für elektrische Maschinen und Apparate jeder  
Stromart, Spannung und Größe

---

ANKERWICKELEI / PRÜFFELD

# Bänder

jeder Art, auch gurtähnlich, roh und farbig

für technische Zwecke, wie

## Ankerbewicklung

Isolierbänder usw.

**Rich. Duisberg & Co. / Barmen-R.**

Gegr. 1852

Telegr.-Adr. Unionband

Telephon 452

# Dynamodrähte

Elektrolytkupfer mit Baumwolle und Seide umspunnen sowie Emailedrähte in allen Dimensionen.

Außerdem sämtliche elektrotechnische Bedarfsartikel, speziell blanke und isolierte Leitungen.

**Grote & Krefst**

Telephon 4527 Dortmund Hohestr. 60



**Paul  
Groddeck**

Mattätze für Glühlampen  
Tauchlacke für Glühlampen  
Ankerlack, schwarz, lufttrocken.  
Ankerlack, schwarz, ofentr.  
Ankerlack, orange  
Isolierklebelack  
Akkumulatorenlack  
Schalttafelack  
Asphalteisenlack  
Polreagenzpapier  
Isolierglasperlen  
Isolierband  
Jakonettband  
Kollektorglätte  
Isolatorenkitt  
Bergmannkitt  
Kabelausgußmasse  
Erregersalz  
Metallporzellankitt  
Lötmitel

**Hamburg  
30**



**Kohlenbürsten**

**Gewebe-  
bürsten**

**Kabelschuhe**



# KOHLLENHALTER

Reiche Typenauswahl

Fordern Sie unsere Fragekarte ein!

## Schäfer & Montanus

Frankfurt-Main

Elektrotechnische Fabrik Abteilung K

# Elektro-Klein-Motoren

für alle **Verwendungszwecke**, wie zum Einbau und Antrieb von Kinoapparaten, Musikapparaten, Nähmaschinen, Klavieren, für medizinische Massage, zahnärztliche Zwecke, kleine Haushaltsgeschichten, Schleif- und Poliermotoren, Drehbankspitzen-Schleifmaschinen, elektrische Tisch- und Wandventilatoren. Motoren mit Zahnradvorgelege mit normalem Fuß oder als Vertikalmotor mit Fuß oder im Bügel hängend. — Für Gleich- und Wechselstrom (Kollektormotoren) mit Leistungen von  $\frac{1}{60}$ — $\frac{1}{8}$  PS, hauptsächlich Typen  $\frac{2}{25}$ — $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{30}$  PS mit normalen Tourenzahlen von 2200, 3000 und 4200 per Minute. — **Kleindynamos** und **Motoren** sowie kleine **Motorgeneratoren** als **Umformer** für 6, 8 und 12 Volt mit Leistungen bis 50 Watt für **Akkumulatorenladung**, **galvanische Zwecke** und als **Lehrmittel**. — Elektrische Bügeleisen, Kochapparate, Klingeltransformatoren.

**Reparaturwerkstatt und Kleinmotorenfabrik für normale Motoren von 1—6 PS.**

**Ingenieur Walter Rasche**  
**Elektromotoren und Apparate**  
Suhl/Thür., Lauterberg 5

# B'woll-Jakonettband

Ia Qualität. Marke T. H. G.

liefert prompt



Textil-Handelsgesellschaft

**H. v. BECKERATH & C<sup>o</sup>**  
**Zentrale Crefeld**

Filialen:

**Bremen, Postfach 619 / Leipzig, Postfach 127**  
**Wilh. Kühn, Sorau**

Anfragen erwünscht / Bemusterte Offerte umgehend

# Rudolf Hoffmann

Inh. Joh. Aßmann u. Rudolf Hoffmann

**Berlin=Steglitz**

Büro: Poschingerstr. 29

Exped. u. Lager: Bergstr. 16 a

Telegramm=Adresse: Kapazität, Berlin

Telephon: Steglitz 443

liefert als Spezialität:

## **Anker= Isoliermaterialien**

---

Ankerlacke, schwarz u. hellgelb  
Jakonettbänder aus Baumwolle  
Hohlschläuche aus Baumwolle  
Ia Preßspan in allen Stärken  
Vulkanfibre, Leatheroidersatz  
Kalikoband und Lötzinn

---

Ferner: Ia Isolierband aus Baumwolle, Gutta-  
perchapapier in Rollen und Stücken, Löt pasta,  
Lötzinnpasta, Stangenkitt, Kabelausgußmasse  
in besten Qualitäten stets prompt ab Lager lieferbar





B I

BG Politec

nr inw.: 11 - 15939



Dyr.1 44940