

Typ ECB und DCB



FIMAG

K o n s t a n t s p a n n u n g s -  
**Generatoren**

# **HANDBUCH FÜR KONSTANTSPANNUNGSGENERATOREN**

**Typ ECB und DCB  
Bauform B 3**

**AUFBAU  
WIRKUNGSWEISE  
BEDIENUNG  
WARTUNG  
BAUTEILE  
REPARATUR**



**FINSTERWALDER MASCHINEN GmbH. i.V. FINSTERWALDE N-L. - DRAHTWORT: FIMAG  
FINSTERWALDE - FERNRUF: FINSTERWALDE 471 - 8094 - 8095 - FERNSCHREIBER: 017 722  
DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK**

HANDBUCH  
FÜR  
KONSTANTSPANNUNGSGENERATOREN

Typ ECB und DCB  
Baureihe B 3

AUFBAU  
WIRKUNGSWEISE

In Anbetracht der ständigen Weiterentwicklung unserer Erzeugnisse sind Abweichungen in den Abbildungen für einige Teile möglich.

WARTUNG  
E-TEILE  
REPARATUR



Ausgabe Oktober 1964

Eigendruck 1/5/803

TPW-Br./Rei.

HB.-Nr. 0026

# INHALTSVERZEICHNIS

1.	Allgemeines	5
2.	Technische Daten	6
2.1.	Gemeinsam gültige Daten	6
2.2.	Einphasen-Wechselstromgeneratoren	6
2.3.	Drehstromgeneratoren	8
3.	Mechanischer Aufbau	15
3.1.	Gehäuse	17
3.1.1.	Joch	18
3.1.2.	Hauptrolle mit Feldspulen	18
3.2.	Läufer	19
3.2.1.	Läuferblechpakete mit Wicklungen	19
3.2.2.	Lüfter	21
3.2.3.	Kommutator	22
3.2.4.	Schleifringkörper	23
3.2.5.	Wälzlager	23
3.3.	Kommutatorseitiges Lagerschild	25
3.3.1.	Bürstenjoch mit Bürsterhaltern und Kohlebürsten für Kommutator	25
3.3.1.1.	Bürstenhalter	25
3.3.1.2.	Kohlebürsten	27
3.3.3.	Bürstenhalterbolzen mit Bürstenhaltern und Kohlebürsten für Schleifringe	28
3.3.3.	Klemmenkasten mit Klemmenbrett	29
3.4.	Antriebsseitiges Lagerschild	30
4.	Wirkungsweise	32
4.1.	Induktion einer elektrischen Spannung	32
4.2.	Wirkungen des elektrischen Stromes	32
4.3.	Der Synchron-Generator allgemein	35
4.4.	Der kompondierte Synchrongenerator	41
4.4.1.	Allgemeines	41

INHALTSVERZEICHNIS

4.4.2.	Erregung	42
4.4.3.	Kompoundierung	42
5.	Aufstellung	46
6.	Antrieb	48
6.1.	Kraftübertragung durch Riementrieb	48
6.1.1.	Flachriementrieb	48
6.1.2.	Keilriementrieb	51
6.2.	Kraftübertragung durch Kupplungen	51
7.	Installation, Anschlüsse und Schutzmaßnahmen	53
7.1.	Installation und Anschlüsse	53
7.2.	Schutzmaßnahmen gegen evtl. zu hohe Berührungsspannung	56
8.	Betrieb des Generators	58
8.1.	Betriebsverhalten	58
8.2.	Parallelbetrieb	58
9.	Wartung und Pflege	59
9.1.	Kommutator, Schleifringe und Kohlebürsten	59
9.1.1.	Kommutator	62
9.1.2.	Schleifringe	64
9.1.3.	Kohlebürsten	64
9.2.	Bürstenhalter	65
9.3.	Wälzlager	66
9.3.1.	Fettwechsel	66
9.3.2.	Lagerkontrolle	66
9.3.3.	Auswechseln der Wälzlager	67
9.4.	Überholung des Generators	68
9.4.1.	Demontage	69
9.4.2.	Montage	75
10.	Ratgeber bei Störungen	75

## 1. Allgemeines

Die ECB- und DCB-Typen der VEM-Generatoren sind selbsterregte und kom-poundierte Wechselstrommaschinen, die nach dem Fimag-Konstantspan-nungssystem arbeiten.

In diesem Handbuch werden die Einphasen-Wechselstrom- und Drehstrom-generatoren der Bauform B 3 nach DIN 42 950 und der Schutzart IP 21 nach TGL 15 165 behandelt. Sie sind robust gebaut und erfordern nur wenig Pflege und Wartung. Besonders kennzeichnend ist die gute Spannungskonstanz. Bei betriebswarmer Maschine und einem konstanten Leistungsfaktor bleibt selbst bei einem Drehzahlabfall der Antriebsmaschine von ca. 4 % bei Übergang von Leerlauf auf Nennlast die Spannung in den Grenzen von  $\pm 2,5$  % kon-stant. Gegenüber geregelten Generatoren haben sie den Vorteil der Span-nungssteifigkeit bei Stoßbelastungen, die vor allem beim Zuschalten von ver-hältnismäßig großen Kurzschlußläufermotoren auftreten.

Die Generatoren entsprechen den Regeln für elektrische Maschinen VDE 0530 sowie den einschlägigen TGL- und DIN-Vorschriften.

Dieses Handbuch enthält außer einer ausführlichen Beschreibung über Auf-bau und Wirkungsweise Hinweise zur Aufstellung, Bedienung, Wartung und Reparatur sowie einen Ratgeber bei Störungen.

## 2. Technische Daten

### 2.1. Gemeinsam gültige Daten

Hersteller	Fimag, Finsterwalde
Bauweise	4- bzw. 8polige Außenpolmaschinen*)
Drehzahl	1500 bzw. 750 min <sup>-1</sup>
Drehrichtung	rechts, auf den Wellenstumpf gesehen
Frequenz	50 Hz
Erregung	selbsterregt und kompondiert
Bauform	B 3
Schutzart	IP 21
Lüftung	Eigenlüftung
Isolationsklasse	A bzw. E nach VDE 0530**)
Funkentstörung	VDE 0875
Störgrad	G
Bürstendruck	
a) auf Kommutator	180–250 p/cm <sup>2</sup>
b) auf Schleifringe	200 p/cm <sup>2</sup>

### 2.2. Einphasen-Wechselstromgeneratoren

Typ	ECB 7-4
Nennleistung	7 kVA
Spannung	112; 225 V
Stromstärke	62,5; 31 A
Leistungsfaktor	cos phi = 1
Wirkungsgrad	82 %
Schwungmoment	GD <sup>2</sup> = 0,6 kpm <sup>2</sup>
Einstellwiderstand	2 Ohm; 10 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 209 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6208 TGL 2981
Kohlebürsten	
a) für Kommutator	12,5×10×25 DIN 43002 – E 151
b) für Schleifringe	8×16×20 DIN 43002 – E 151 (225 V) E 570 (112 V)
Gewicht	180 kg
Erforderliche Antriebsleistung	11,5 PS (8,5 kW)

\*) In der Typenbezeichnung gibt die Zahl hinter dem Bindestrich die Polzahl an.  
\*\*) Isolationsklasse ist auf dem Leistungsschild angegeben.

<b>Typ</b>	<b>ECB 12-4</b>
Nennleistung	12 kVA
Spannung	112; 225 V
Stromstärke	107; 53,5 A
Leistungsfaktor	cos phi = 1
Wirkungsgrad	83 %
Schwungmoment	GD <sup>2</sup> = 1,5 kpm <sup>2</sup>
Einstellwiderstand	3,4 Ohm; 10 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 212 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6210 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	10×8 DiN 43032
b) für Schleifringe	TIK22 10×25/25 FM – N 535 06
Kohlebürsten	
a) für Kommutator	10×8 DIN 43002 – E 151
b) für Schleifringe	25×10f/60 FM-N 535 08-E 151 (225 V) E 570 (112 V)
Gewicht	250 kg
Erforderliche Antriebsleistung	20 PS (14,5 kW)

<b>Typ</b>	<b>ECB 16-4</b>
Nennleistung	16 kVA
Spannung	112; 225 V
Stromstärke	143; 71 A
Leistungsfaktor	cos phi = 1
Wirkungsgrad	84 %
Schwungmoment	GD <sup>2</sup> = 1,9 kpm <sup>2</sup>
Einstellwiderstand	15 Ohm; 4 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 314 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6210 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	12,5×10 DIN 43032
b) für Schleifringe	DDG <sub>s</sub> 10×25/16 FM-N 534 06
Kohlebürsten	
a) für Kommutator	12,5×10f DIN 43002-E 149
b) für Schleifringe	25×10f/60 DIN 43002-E 151 (225 V) M 570 (112 V)
Gewicht	305 kg
Erforderliche Antriebsleistung	26 PS (19 kW)

### 2.3. Drehstrom-Generatoren

<b>Typ</b>	<b>DCB 7,5-4</b>
Nennleistung	7,5 kVA
Spannung	225; 390; 510 V $\Upsilon$
Stromstärke	19,2; 11; 8,5 A
Leistungsfaktor	$\cos \phi = 0,8$
Wirkungsgrad	82 %
Schwungmoment	$GD^2 = 0,46 \text{ kpm}^2$
Einstellwiderstand	2 Ohm; 13 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 209 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6208 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	TqLS 10×8
b) für Schleifringe	B 8×16×13×50 FM-N 535 04
Kohlebürsten	
a) für Kommutator	10×8 DIN 43002-E 151
b) für Schleifringe	8×16×20 Zeichn.-Nr. 399 504 026 – E 151
Gewicht	142 kg
Erforderliche Antriebsleistung	10 PS (7,3 kW)
<b>Typ</b>	<b>DCB 10-4</b>
Nennleistung	10 kVA
Spannung	225; 390 V $\Upsilon$
Stromstärke	25,6; 14,8 A
Leistungsfaktor	$\cos \phi = 0,8$
Wirkungsgrad	82 %
Schwungmoment	$GD^2 = 0,6 \text{ kpm}^2$
Einstellwiderstand	2,4 Ohm; 13 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 209 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6208 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	TqLS 12,5×10
b) für Schleifringe	B 8×16×13×50 FM-N 535 04
Kohlebürsten	
a) für Kommutator	12,5×10f DIN 43002-E 151
b) für Schleifringe	8×16×20 Zeichn.-Nr. 399 504 026-E 151
Gewicht	180 kg
Erforderliche Antriebsleistung	13,2 PS (9,7 kW)

<b>Typ</b>	<b>DCB 15-4</b>
Nennleistung	15 kVA
Spannung	225; 390 V Y
Stromstärke	38,5; 22 A
Leistungsfaktor	cos phi = 0,8
Wirkungsgrad	82 %
Schwungmoment	GD <sup>2</sup> = 1,3 kpm <sup>2</sup>
Einstellwiderstand	3,4 Ohm; 10 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 212 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6210 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	10×8 DIN 43032
b) für Schleifringe	DDGs 10×25/16 FM-N 535 06
Kohlebürsten	
a) für Kommutator	10×8 DIN 43002-E 151
b) für Schleifringe	25×10f/60 FM-N 535 08-E 151
Gewicht	250 kg
Erforderliche Antriebsleistung	20 PS (14,6 kW)

<b>Typ</b>	<b>DCB 20-4</b>
Nennleistung	20 kVA
Spannung	225; 390 V Y
Stromstärke	51,5; 29,6 A
Leistungsfaktor	cos phi = 0,8
Wirkungsgrad	85 %
Schwungmoment	GD <sup>2</sup> = 1,5 kpm <sup>2</sup>
Einstellwiderstand	3,4 Ohm; 10 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 212 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6210 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	10×8 DIN 43032
b) für Schleifringe	DDGs 10×25/16 FM-N 535 06
Kohlebürsten	
a) für Kommutator	10×8 DIN 43002 - E 151
b) für Schleifringe	A 25×10f/60 DIN 43002-E 151 (390 V) M 570 (225 V)
Gewicht	250 kg
Erforderliche Antriebsleistung	26 PS (19 kW)

<b>Typ</b>	<b>DCB 30-4</b>
Nennleistung	30 kVA
Spannung	225; 390 V $\Upsilon$
Stromstärke	77; 44,5 A
Leistungsfaktor	$\cos \phi = 0,8$
Wirkungsgrad	88 %
Schwungmoment	$GD^2 = 1,9 \text{ kpm}^2$
Einstellwiderstand	8 Ohm; 6 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 312 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6210 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	10×8 DIN 43032
b) für Schleifringe	DDGs 12,5×25/20 FM-N 535 06 (225 V) DDGs 10×25/16 FM-N 535 06 (390 V)
Kohlebürsten	
a) für Kommutator	10×8 DIN 43002-E 151
b) für Schleifringe	A 25×10f/60 FM-N 535 08 E 151 (390 V) A 25×12,5f/60 FM-N 535 08 M 570 (225 V)
Gewicht	300 kg
Erforderliche Antriebsleistung	37,5 PS; (27,5 kW)

<b>Typ</b>	<b>DCB 38-4</b>
Nennleistung	38 kVA
Spannung	225; 390 V $\Upsilon$
Stromstärke	97,5; 56 A
Leistungsfaktor	$\cos \phi = 0,8$
Wirkungsgrad	89 %
Schwungmoment	$GD^2 = 2,2 \text{ kpm}^2$
Einstellwiderstand	9 Ohm; 6 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 312 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6210 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	10×8 DIN 43032
b) für Schleifringe	DDGs 12,5×25/20 FM-N 535 06 (225 V) DDGs 10×25/16 FM-N 535 06 (390 V)

Kohlebürsten	
a) für Kommutator	10×8f DIN 43002 E 151
b) für Schleifringe	A 25×12,5f/60 DIN 43002 M 599 (225 V) A 25×10f/60 DIN 43002 M 570 (390 V)
Gewicht	332 kg
Erforderliche Antriebsleistung	47 PS (34,5 kW)
<b>Typ</b>	<b>DCB 45-4</b>
Nennleistung	45 kVA
Spannung	225; 390 V Y
Stromstärke	116; 67 A
Leistungsfaktor	cos phi = 0,8
Wirkungsgrad	90 %
Schwungmoment	GD <sup>2</sup> = 4,4 kpm <sup>2</sup>
Einstellwiderstand	9 Ohm; 6 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 314 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6311 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	12,5×10 DIN 43032
b) für Schleifringe	DDGs 16×32/25 FM-N 53506
Kohlebürsten	
a) für Kommutator	12,5×10f DIN 43002 – G 326 H
b) für Schleifringe	B 32×16f 60 FM-N 53508-E 151
Gewicht	450 kg
Erforderliche Antriebsleistung	54,5 PS (40 kW)
<b>Typ</b>	<b>DCB 63-4</b>
Nennleistung	63 kVA
Spannung	225; 390; 510 V Y
Stromstärke	162; 93; 72 A
Leistungsfaktor	cos phi = 0,8
Wirkungsgrad	91 %
Schwungmoment	GD <sup>2</sup> = 5,0 kpm <sup>2</sup>
Einstellwiderstand	10 Ohm; 6 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 314 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6311 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	10×8 DIN 43032
b) für Schleifringe	DDGs 16×32/25 FM-N 53506

Kohlebürsten	
a) für Kommutator	10×8f DIN 43002 – G 326 H
b) für Schleifringe	B 32×16f 60 FM-N 53508-E 151 (390, 510 V) M 570 (225 V)
Gewicht	480 kg
Erforderliche Antriebsleistung	76 PS (56 kW)
<b>Typ</b>	<b>DCB 125-4</b>
Nennleistung	125 kVA
Spannung	390 V Y
Stromstärke	185 A
Leistungsfaktor	cos phi = 0,8
Wirkungsgrad	90,6 %
Schwungmoment	GD <sup>2</sup> = 18,1 kpm <sup>2</sup>
Einstellwiderstand	8 Ohm; 8 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 318 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6313 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	12,5×10 DIN 43032
b) für Schleifringe	DDGs 20×32/25 FM-N 535 06
Kohlebürsten	
a) für Kommutator	12,5×10f DIN 43002 – G 326 H
b) für Schleifringe	B 32×20m/70 - M 570 - FM-N 535 08
Gewicht	728 kg
Erforderliche Antriebsleistung	150 PS (110 kW)
<b>Typ</b>	<b>DCB 50-8</b>
Nennleistung	50 kVA
Spannung	225; 390; 510 V Y
Stromstärke	128; 74; 56,5 A
Leistungsfaktor	cos phi = 0,8
Wirkungsgrad	86,4 %
Schwungmoment	GD <sup>2</sup> = 15,6 kpm <sup>2</sup>
Einstellwiderstand	2,5 Ohm; 12 A
Lagerung	Wälzlager mit Fettschmierung
a) Antriebsseite	NU 316 TGL 2988
b) Antriebsgegenseite	6311 TGL 2981
Bürstenhalter	
a) für Kommutator	10×6,4 DIN 43032
b) für Schleifringe	DDGs 16×32/25 FM-N 535 06

Kohlebürsten  
 a) für Kommutator 10×6,4f DIN 43002 - E 149/Z  
 b) für Schleifringe B 32×16f/70-E 151 - FM-N 535 08  
 Gewicht 560 kg  
 Erforderliche Antriebsleistung 62 PS (45,5 kW)

**Typ**

**DCB 60-8**

Nennleistung 60 kVA  
 Spannung 225; 390 V Y  
 Stromstärke 154; 89 A  
 Leistungsfaktor  $\cos \phi = 0,8$   
 Wirkungsgrad 87,4 %  
 Schwungmoment  $GD^2 = 15,6 \text{ kpm}^2$   
 Einstellwiderstand 3,4 Ohm; 13 A  
 Lagerung Wälzlager mit Fettschmierung  
 a) Antriebsseite NU 318 TGL 2988  
 b) Antriebsgegenseite 6313 TGL 2981

Bürstenhalter  
 a) für Kommutator 10×6,4 DIN 43032  
 b) für Schleifringe DDGs 16×32/25 FM-N 535 06

Kohlebürsten  
 a) für Kommutator 10×6,4 DIN 43002 - E 149  
 b) für Schleifringe B 32×16f/70 - E 151 - FM-N 535 08  
 Gewicht 600 kg  
 Erforderliche Antriebsleistung 73 PS (54 kW)

**Typ**

**DCB 80-8**

Nennleistung 80 kVA  
 Spannung 225; 390 V Y  
 Stromstärke 205; 118 A  
 Leistungsfaktor  $\cos \phi = 0,8$   
 Wirkungsgrad 88,8 %  
 Schwungmoment  $GD^2 = 15,6 \text{ kpm}^2$   
 Einstellwiderstand 4 Ohm; 12 A  
 Lagerung Wälzlager mit Fettschmierung  
 a) Antriebsseite NU 318 TGL 2988  
 b) Antriebsgegenseite 6313 TGL 2981

Bürstenhalter  
 a) für Kommutator 10×6,4 DIN 43032  
 b) für Schleifringe TIKZ 2 - 16×32 - 25 - 34 (390 V)  
 DDGs 20×40/25 FM-N 535 06 (225 V)

Kohlebürsten

- a) für Kommutator
- b) für Schleifringe

10×6,4 DIN 43002 - E 149

B 32×16m/79 - M 570 - FM-N 535 98  
(390 V)

20×40 - M 570 - FM-N 535 08 (225 V)

Gewicht

690 kg

Erforderliche Antriebsleistung

98 PS (72 kW)

### 3. Mechanischer Aufbau

Den äußeren Aufbau eines 20-kVA-Generators veranschaulicht Abbildung 1.

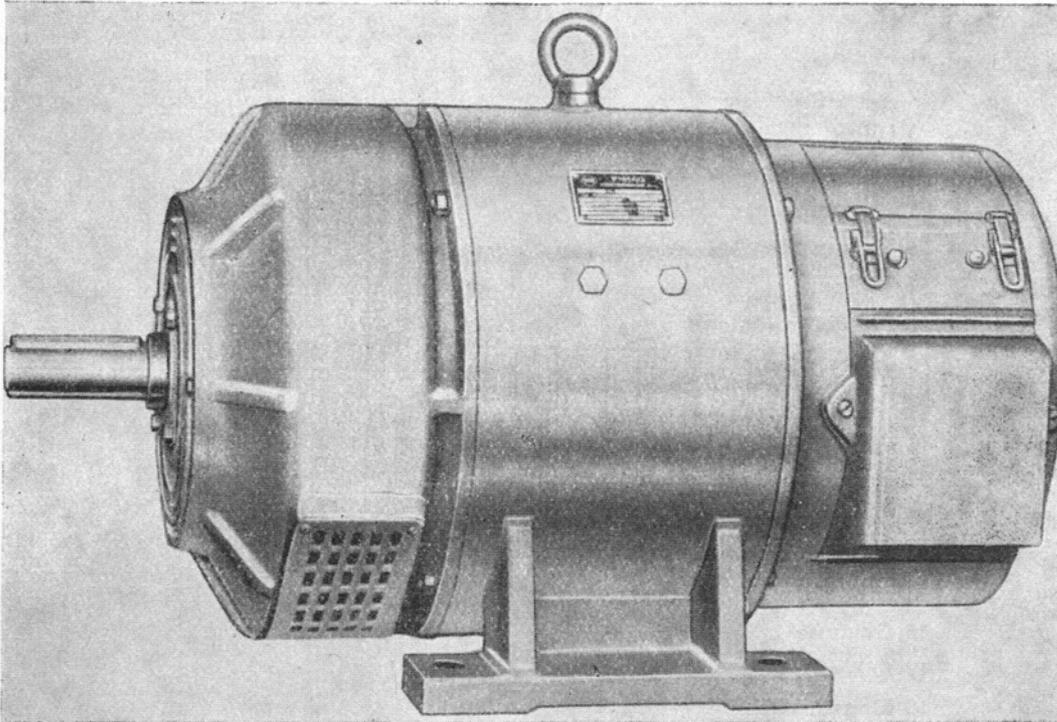


Abb. 1 Drehstrom-Konstantspannungsgenerator Typ DCB 20-4

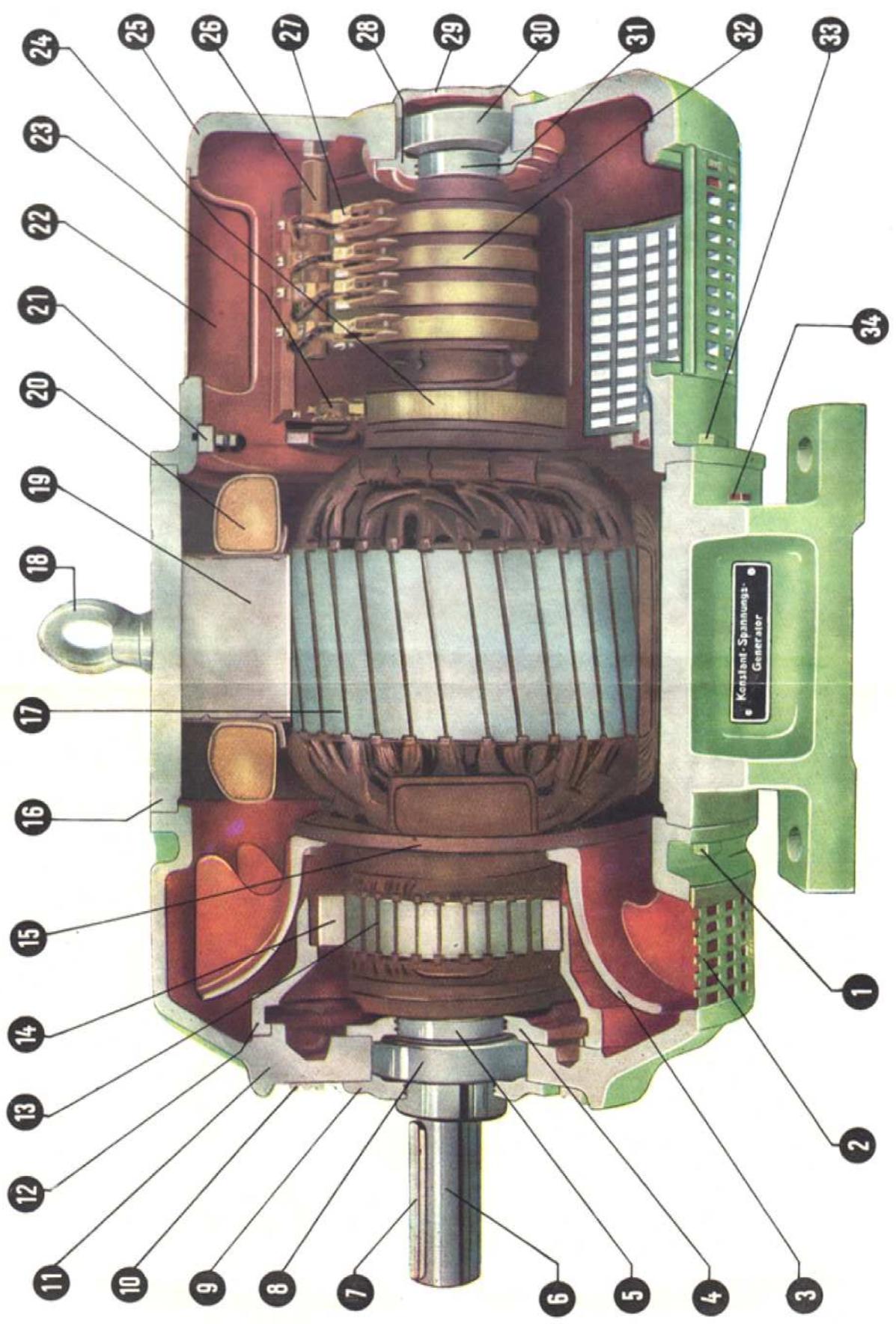
Konstruktiv besteht der Generator aus folgenden Baugruppen:

1. Gehäuse mit Tragöse, Füßen und Hauptpolen mit Feldspulen.
2. Läuferwelle mit Anker und Drehfeldumformerläufer, Lüfter, Kommutator, Schleifringkörper und Wälzlager.
3. Kommutatorseitiges Lagerschild mit Spannband, Bürstenjoch mit Bürstenhaltern und Kohlebürsten für Kommutator, Bürstenhalterbolzen mit Bürstenhaltern und Kohlebürsten für Schleifringe und Klemmenkasten mit Klemmenbrett.
4. Antriebsseitiges Lagerschild mit Luftausbläsestutzen und Polringgehäuse mit Polring.

Wie die einzelnen Baugruppen zusammengefügt sind, ist aus Abbildung 2 ersichtlich.

Abb. 2 . Schnittmodell des Generators

- 1 Mutter
- 2 Schutzgitter
- 3 Lüfter
- 4 innerer Lagerdeckel
- 5 Abstandsring
- 6 Läuferwelle
- 7 Paßfeder
- 8 Zylinderrollenlager
- 9 äußerer Lagerdeckel
- 10 Schutzring
- 11 antriebsseitiges Lagerschild
- 12 Drehfeldumformerläufer
- 13 Polringgehäuse
- 14 Polring
- 15 Lüfternabe
- 16 Gehäuse
- 17 Anker
- 18 Ringschraube
- 19 Hauptpol
- 20 Feldspule
- 21 Bürstenjoch
- 22 Bürstenhalter für Kommutator
- 23 Kommutator
- 24 Spannband
- 25 kommutatorseitiges Lagerschild
- 26 Bürstenhalter für Schleifringe
- 27 Bürstenhalterbolzen
- 28 äußerer Lagerdeckel
- 29 Rillenkugellager
- 30 Abstandsring
- 31 innerer Lagerdeckel
- 32 Schleifringkörper
- 33 Befestigungsschraube für kommutatorseitiges Lagerschild
- 34 Schutzableiter-Erdungsschraube



- 1. Green plastic housing
- 2. Green plastic handle
- 3. Output terminal
- 4. Output terminal
- 5. Output terminal
- 6. Output terminal
- 7. Central shaft
- 8. Commutator
- 9. Brush holder
- 10. Brush holder
- 11. Brush holder
- 12. Brush holder
- 13. Brushes
- 14. Commutator
- 15. Rotor assembly
- 16. Rotor assembly
- 17. Stator assembly
- 18. Stator windings
- 19. Cooling fan
- 20. Stator assembly
- 21. Stator assembly
- 22. Stator assembly
- 23. Stator assembly
- 24. Stator assembly
- 25. Stator assembly
- 26. Stator assembly
- 27. Stator assembly
- 28. Stator assembly
- 29. Stator assembly
- 30. Stator assembly
- 31. Stator assembly
- 32. Stator assembly
- 33. Stator assembly
- 34. Stator assembly

Konstant-Spannungs-Generator

### 3.1. Gehäuse

Das zylindrische Gehäuse ist aus Stahlblech hergestellt. An seiner Außenwand sind zwei FüÙe angeschweiÙt, Zur Befestigung des Generators auf einem Fundament enthalten die FüÙe Bohrungen. Die an einen Fuß angefräste Fläche bietet die Möglichkeit des Verstiftens. Außerdem ist an einer

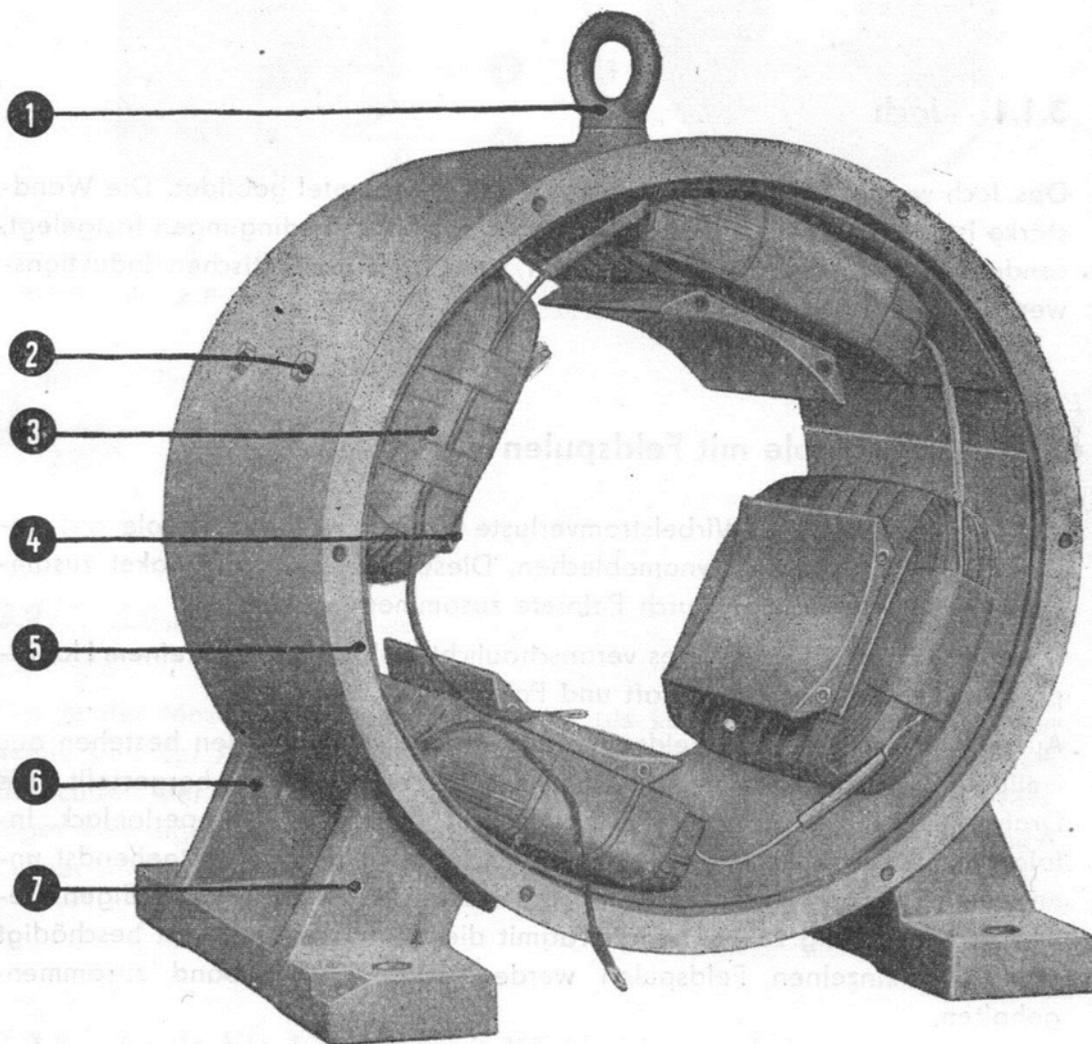


Abb. 3 Gehäuse eines 4poligen Generators

1 Tragöse - 2 Hauptpolbefestigungsschrauben - 3 Feldspule - 4 Hauptpol - 5 Joch - 6 FüÙe  
- 7 Schutzableiter-Erdungsschraube

der Stützen eine Erdungsschraube vorgesehen; sie ist entsprechend gekennzeichnet. Die an der Oberseite eingeschraubte Ringschraube dient zum Transport des Generators. An der Innenwand des Gehäuses sind die Hauptpole mit aufgesetzten Feldspulen angeschraubt.

An den Stirnseiten sind Zentrierränder vorgesehen, die zur Aufnahme der Lagerschilde dienen. Letztere sind durch Schrauben mit dem Gehäuse verbunden. Den Stahlmantel bezeichnet man als Joch. Joch und Hauptpole mit Feldspulen bilden das Magnetgestell.

### **3.1.1. Joch**

Das Joch wird durch den zylindrischen Stahlblechmantel gebildet. Die Wandstärke ist nicht nur durch rein mechanische Festigkeitsbedingungen festgelegt, sondern in erster Linie nach den noch zulässigen magnetischen Induktionswerten.

### **3.1.2. Hauptpole mit Feldspulen**

Zur Verminderung der Wirbelstromverluste bestehen die Hauptpole aus gestanzten, 1 mm dicken Dynamoblechen. Diese sind zu einem Paket zusammengepreßt und werden durch Polniete zusammengehalten.

Den Aufbau eines Hauptpoles veranschaulicht Abbildung 4. An einem Hauptpol unterscheidet man Polschaft und Polschuh.

Auf den Polschaft ist die Feldspule aufgesetzt. Die Feldspulen bestehen aus isoliertem Kupferdraht und werden auf Wickelmaschinen hergestellt. Als Drahtisolation dient entweder Baumwollumspinnung oder Isoperlonlack. Infolge einer Imprägnierung im Vakuum sind die Feldspulen weitgehendst unempfindlich gegen Stoß. Trotzdem sind sie bei einer evtl. notwendigen Demontage sorgfältig zu behandeln, damit die Drahtisolation nicht beschädigt wird. Die einzelnen Feldspulen werden durch Gewebeband zusammengehalten.

Sind die Hauptpole eingebaut, dann ruhen die Feldspulen auf den Polschuhen. Zwischen der Feldspule und dem Polschaft, dem Polschuh und dem Gehäuse ist Isolationsmaterial eingefügt.

Die Feldspulen sind in Reihe geschaltet, d. h. die Spulenenden sind entsprechend miteinander verlötet. Sie bilden so einen Teil des Erregerstromkreises.

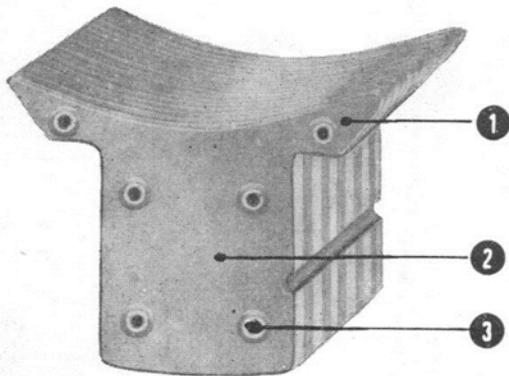


Abb. 4 Hauptpol

1 Polschuh - 2 Polschaft - 3 Polniet

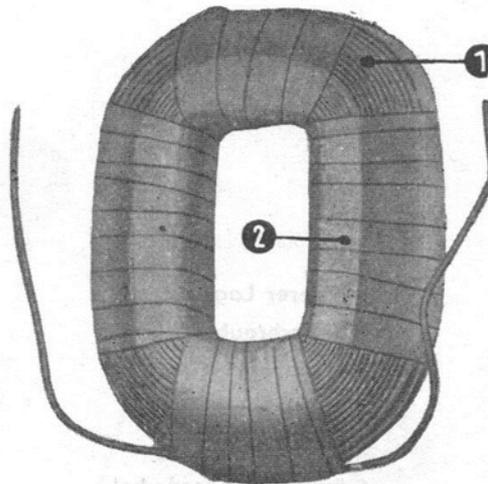


Abb. 5 Feldspule

1 Kupferdraht (isoliert) - 2 Gewebeband

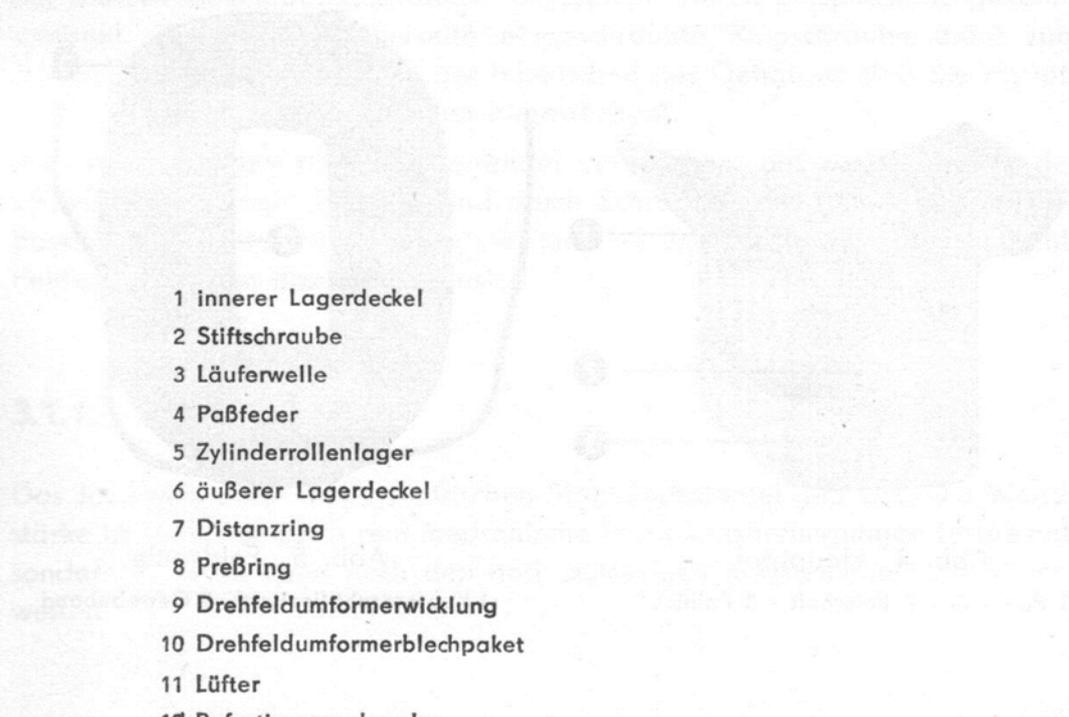
## 3.2. Läufer

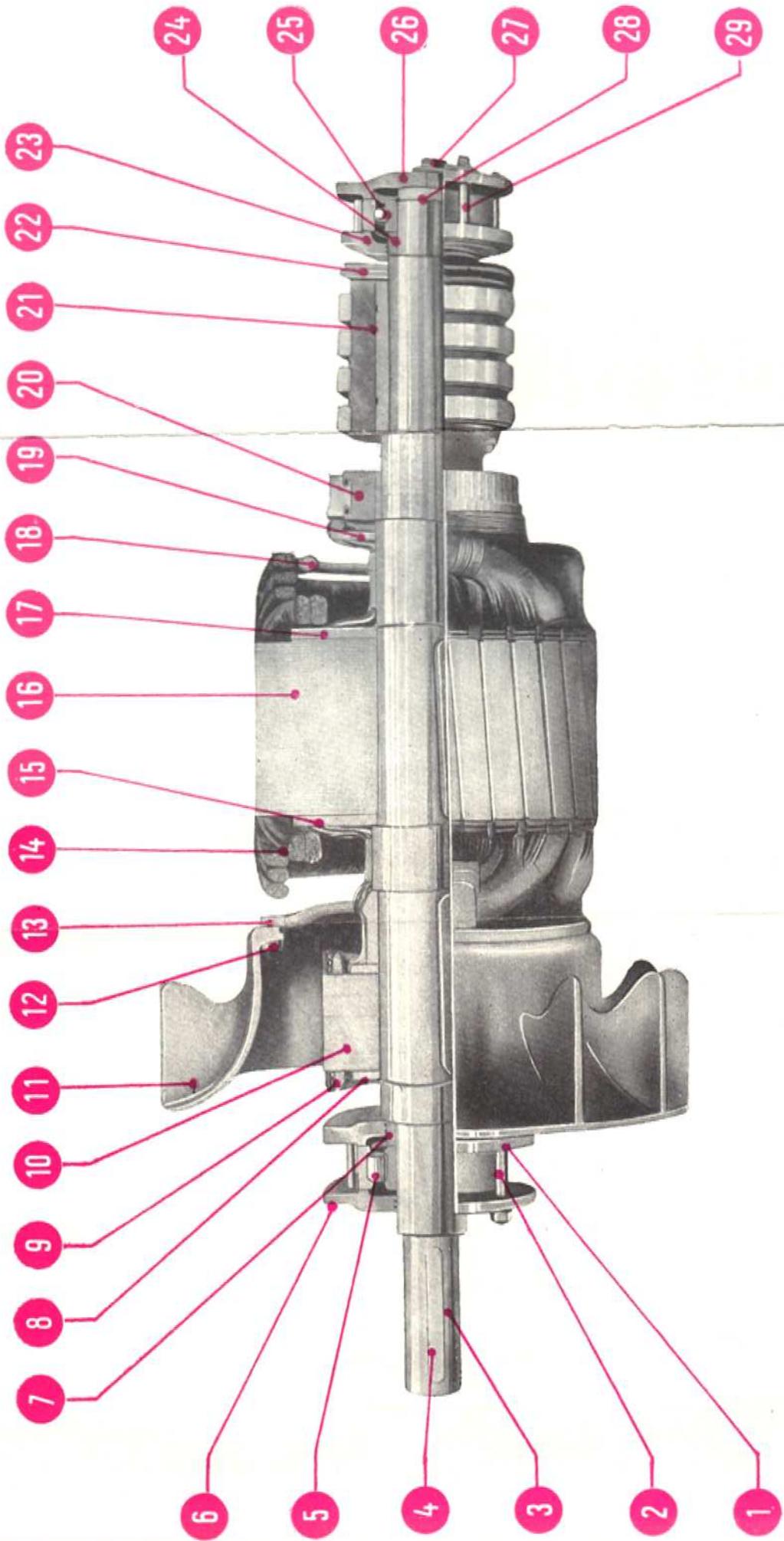
Der in der Maschine rotierende Teil wird als Läufer bezeichnet. Auf seiner Welle sind der Anker und der Drehfeldumformerläufer mit den Wicklungen, der Lüfter, der Kommutator, der Schleifringkörper sowie die beiden Wälzlager befestigt. Wie die einzelnen Bauelemente auf der Läuferwelle angeordnet sind, ist aus Abbildung 6 ersichtlich.

### 3.2.1. Läuferblechpakete mit Wicklungen

Die auf der Generatorwelle befestigten Läuferblechpakete sind aus einzelnen Dynamoblechen zusammengesetzt. Alle Bleche sind mit Lack gegeneinander isoliert, so daß im Paket die Bildung von Wirbelströmen weitgehendst ver-

Abb. 6 Schnittmodell des Läufers

- 
- 1 innerer Lagerdeckel
  - 2 Stiftschraube
  - 3 Läuferwelle
  - 4 Paßfeder
  - 5 Zylinderrollenlager
  - 6 äußerer Lagerdeckel
  - 7 Distanzring
  - 8 Preßring
  - 9 Drehfeldumformerwicklung
  - 10 Drehfeldumformerblechpaket
  - 11 Lüfter
  - 12 Befestigungsschraube
  - 13 Lüfternabe
  - 14 Ankerwicklung
  - 15 Ankerpreßring
  - 16 Ankerblechpaket
  - 17 Ankerpreßring
  - 18 Stützring
  - 19 Isolierscheibe
  - 20 Kommutator
  - 21 Schleifringkörper
  - 22 Auswuchtsegmente
  - 23 innerer Lagerdeckel
  - 24 Distanzring
  - 25 Rillenkugellager
  - 26 äußerer Lagerdeckel
  - 27 Abschlußschraube
  - 28 Sicherungsring
  - 29 Stiftschraube



mieden wird, so daß die durch die Wirbelströme hervorgerufene Erwärmung hierdurch in zulässigen Grenzen gehalten wird.

In den Nuten sind die Wicklungen untergebracht. Sie sind durch die Nutenisolation gegen das Blechpaket isoliert. Die Nuten sind an den Nutöffnungen durch Keile verschlossen. Diese geben den Wicklungsdrähten den erforderlichen Halt, so daß bei rotierendem Läufer die Wicklungen gegen auftretende Fliehkräfte gesichert sind. Die an den Wickelköpfen auftretenden Fliehkräfte werden von Draht- bzw. Kordelbandagen aufgenommen.

Während in den Nuten des Ankerblechpaketes im wesentlichen die Drehstromwicklung zur Erzeugung der Generatorspannung liegt, ist in den Nuten des Drehfeldumformerläufers außer der Drehstromwicklung eine Gleichstromwicklung untergebracht. Die Enden der Gleichstromwicklung sind durch die Nuten des Ankerblechpaketes geleitet und sind am Kommutator angelötet. Die Drehstromwicklung des Drehfeldumformerläufers und die Drehstromwicklung des Ankers sind in Reihe geschaltet.

### 3.2.2. Lüfter

Zur Abführung der in dem Generator entstehenden Wärme ist ein Kühlluftstrom erforderlich. Der hierzu notwendige Druckunterschied wird durch den

Lüfter erzeugt. Er ist als Guß- oder Ziehteil mit radialen Lüfterflügeln (Abb. 7) ausgerüstet und an einem auf der Läuferwelle sitzenden Flansch angeschraubt.

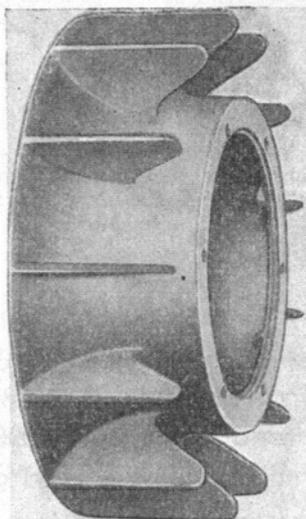


Abb. 7 Lüfter

### 3.2.3. Kommutator

Wie im Abschnitt 3.2.1. erwähnt, werden die Spulenenden der Gleichstromwicklung zum Kommutator geführt. Von ihm wird die erzeugte Spannung bzw. der Erregerstrom durch die Bürsten abgenommen. Der Aufbau des Kommutators ist aus dem Schnittmodell, Abb. 8, ersichtlich.

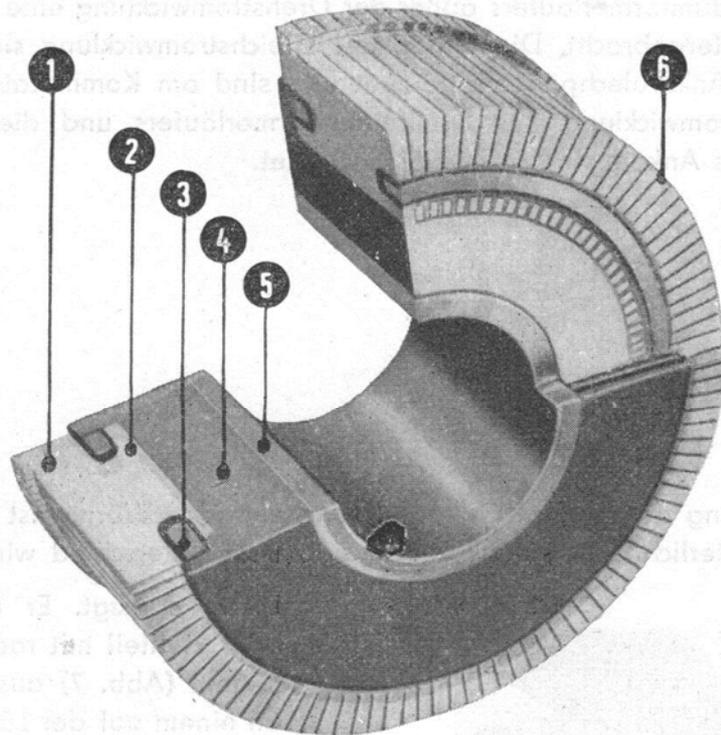


Abb. 8 Kommutator  
(Schnittmodell)

1 Kupferlamelle - 2 Lamellenfuß - 3 Fliehkräftring - 4 Preßmasse - 5 Buchse - 6 Mikanitlamelle

Die Kupferlamellen sind durch Mikanitlamellen gegeneinander isoliert. Lamellen und Buchse sind mit einer Phenolharz-Preßmasse verpreßt. Gegen auftretende Fliehkräfte werden die Kommutatorlamellen durch zwei Stahlringe gesichert. Diese sind in der Preßmasse mit eingelagert und greifen in den Lamellenfuß ein.

### 3.2.4. Schleifringkörper

Die drei Phasen der Drehstromwicklung sowie der Sternpunkt des Systems sind zu vier Bronzeschleifringen geführt. Diese sind in Form eines Schleifringkörpers auf der Welle befestigt.

Wie aus Abbildung 9 ersichtlich ist, sind die Schleifringe einschließlich ihrer Anschlüsse mit einer Buchse verpreßt. Als Preßmasse wird wie beim Kommutator Phenolharz-Preßmasse verwendet.

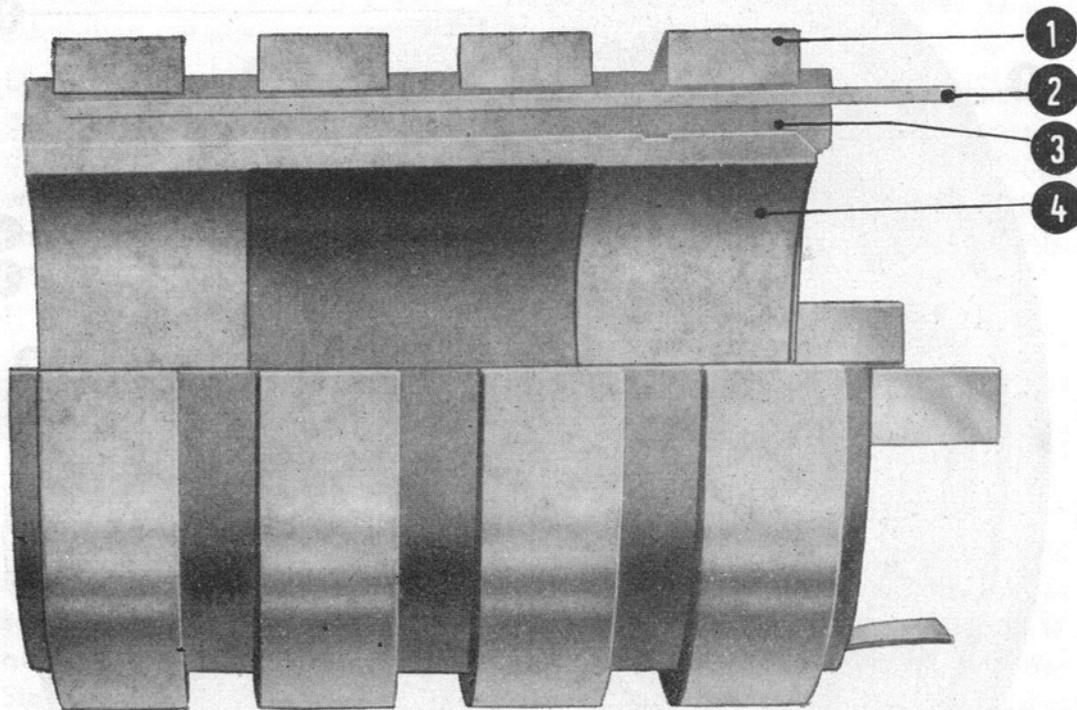


Abb. 9 Schleifringkörper (Schnittmodell)

1 Schleifring - 2 Stromleiter - 3 Preßmasse - 4 Buchse

### 3.2.5. Wälzlager

Der Läufer ist mit zwei Wälzlagern in den Lagerschilden des Generators drehbar gelagert. Auf der Antriebsseite ist ein Zylinder-Rollenlager eingebaut. Es nimmt außer der normalen Lagerbelastung die von der Antriebsmaschine herrührenden radialen Lagerkräfte auf. Das Lager auf der Kommutatorseite ist ein Rillenkugellager; es begrenzt als Festlager das axiale Spiel.

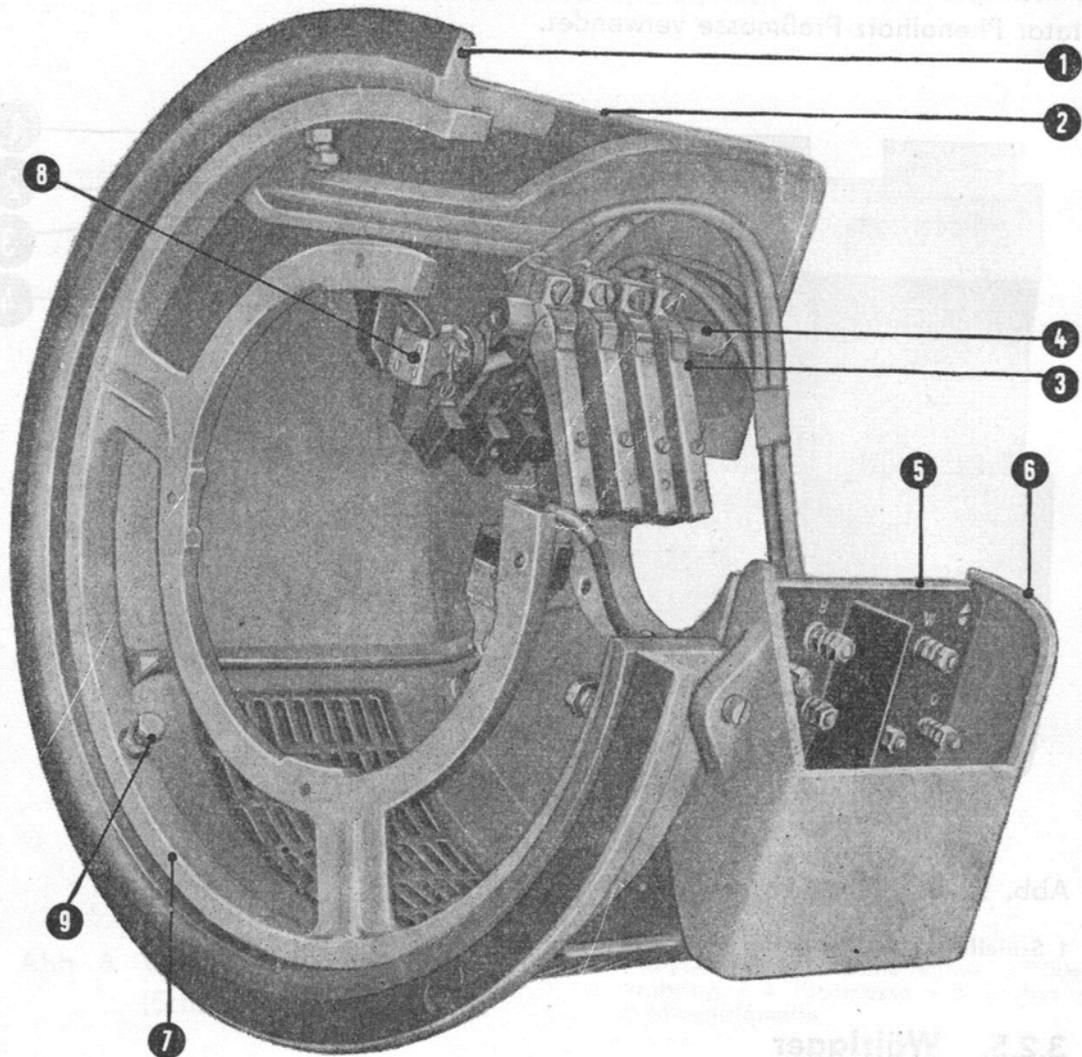


Abb. 10 Schnittbild des kommutatorseitigen Lagerschildes

1 Lagerschild - 2 Spannband - 3 Schleifringbürstenhalter - 4 Bürstenhalterbolzen - 5 Klemmenbrett - 6 Klemmenkastendeckel - 7 Bürstenjoch - 8 Bürstenhalter für Kommutator - 9 Spannschraube

### **3.3. Kommutatorseitiges Lagerschild**

Das kommutatorseitige Lagerschild ist durch Sechskantschrauben mit dem Gehäuse verbunden. Zur Pflege und Wartung des Kommutators, des Schleifringkörpers, der Bürstenhalter und Kohlebürsten sind im Lagerschildumfang zwei Bedienungsöffnungen vorgesehen, die durch ein Spannband verdeckt sind. Auf der rechten Seite – vom Wellenstumpf aus gesehen – ist am Lagerschildumfang in Wellenhöhe der Klemmenkasten angeschraubt.

Das Bürstenjoch, das die Bürstenhalter für den Kommutator trägt, ruht in der Zentrierbohrung im Bund des Lagerschildes; es wird durch drei Druckschrauben gehalten.

Die Bürstenhalter für Schleifringe sind auf einem Bürstenhalterbolzen festgespannt. Der Bürstenhalterbolzen ist auf der einen Seite in der Stirnseite des Schildes eingeschraubt und wird auf der anderen durch einen Stützwinkel gehalten. In der Stirnseite ist außerdem die Bohrung für das Rillenkugellager eingearbeitet. Nähere Angaben über die Lagerung sind im Abschnitt 3.2.5. auf Seite 23 gemacht.

#### **3.3.1. Bürstenjoch mit Bürstenhaltern und Kohlebürsten für Kommutator**

Der Gleichstrom für die Erregung wird über Kohlebürsten vom Kommutator abgenommen. Die Kohlebürsten sind in Taschenbürstenhaltern gelagert. Die Bürstenhalter sind an Isolierstücken befestigt und am Bürstenjoch angeschraubt. Das Bürstenjoch ist entweder nach Abbildung 11 oder Abbildung 12 ausgeführt. Das einwandfreie Arbeiten des Generators hängt u. a. von der Stellung des Bürstenjoches ab. Beim Probelauf in unserem Werk wird das Bürstenjoch in die günstigste Stellung gebracht und seine Stellung im Lagerschild kenntlich gemacht. In den Außenring des Bürstenjoches sind drei Sechskant-Schrauben eingeschraubt, die gegen das Lagerschild drücken und so das Bürstenjoch arretieren. Bei verschiedenen Typen ist das Bürstenjoch ein Segment.

##### **3.3.1.1. Bürstenhalter**

Der Aufbau der Taschenbürstenhalter ist aus Abbildung 13 ersichtlich. Der Halterkasten gibt der Bürste die erforderliche Führung; die Bürste wird durch die Feder mit dem Druckfinger gegen die Kommutatoroberfläche gedrückt. Die Vorspannung der Feder kann durch den Spannhebel entsprechend dem

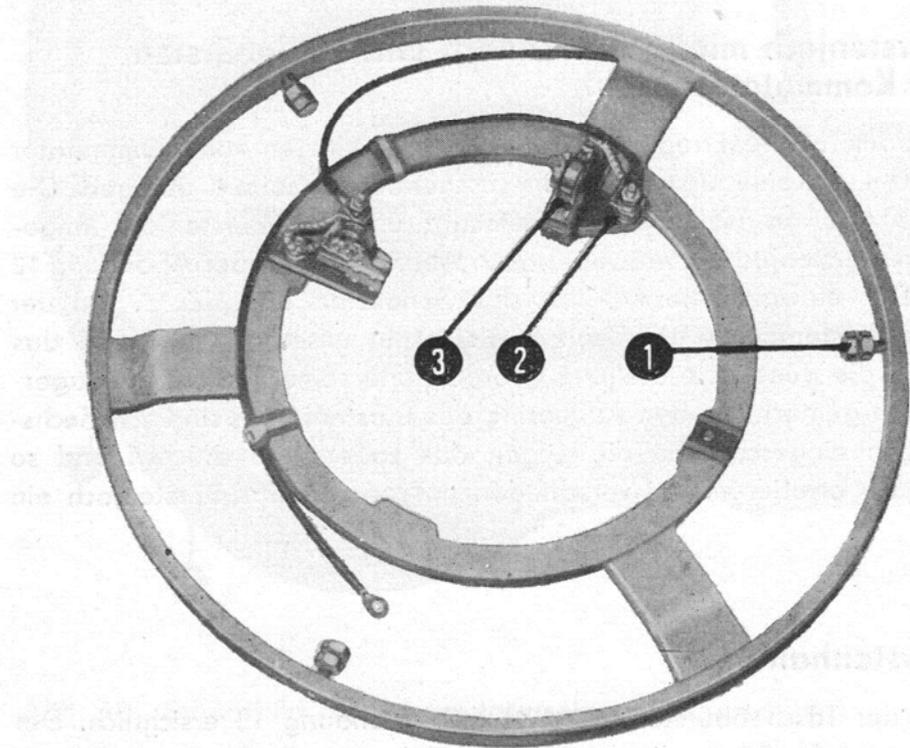
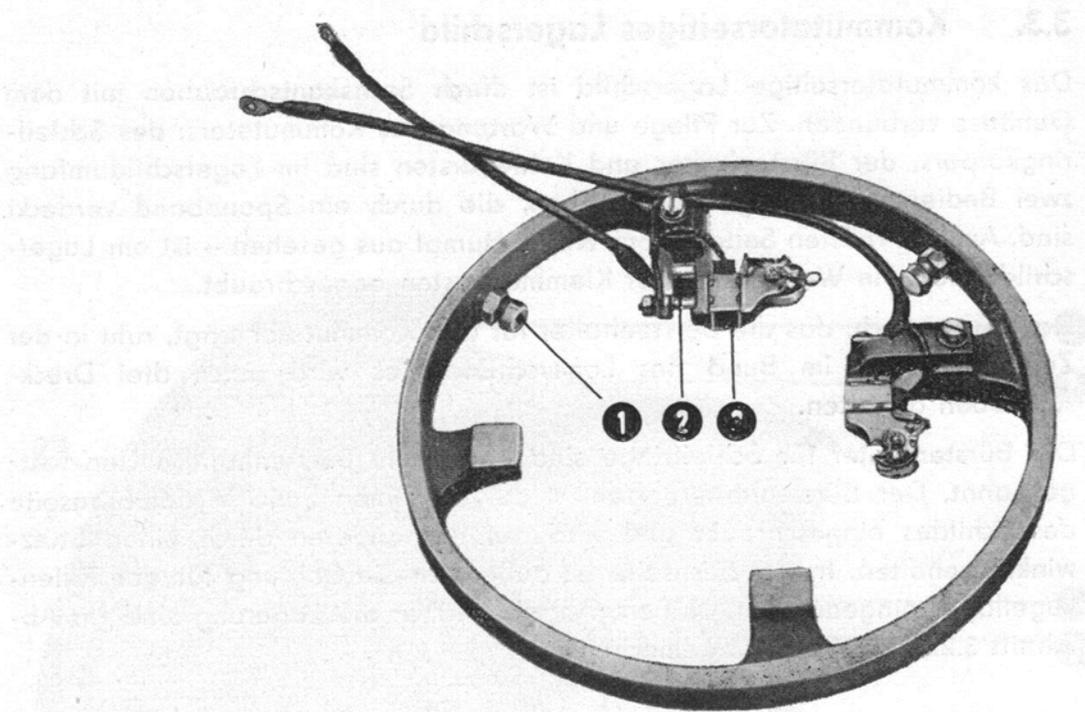


Abb. 11/12 Bürstenjochausführungen  
 1 Sechskantschraube - 2 Isolierstück - 3 Bürstenhalter

Abnutzungsgrad der Bürste eingestellt werden. Der Bürstendruck soll 180–200 p/cm<sup>2</sup> Bürstenauffläche betragen.

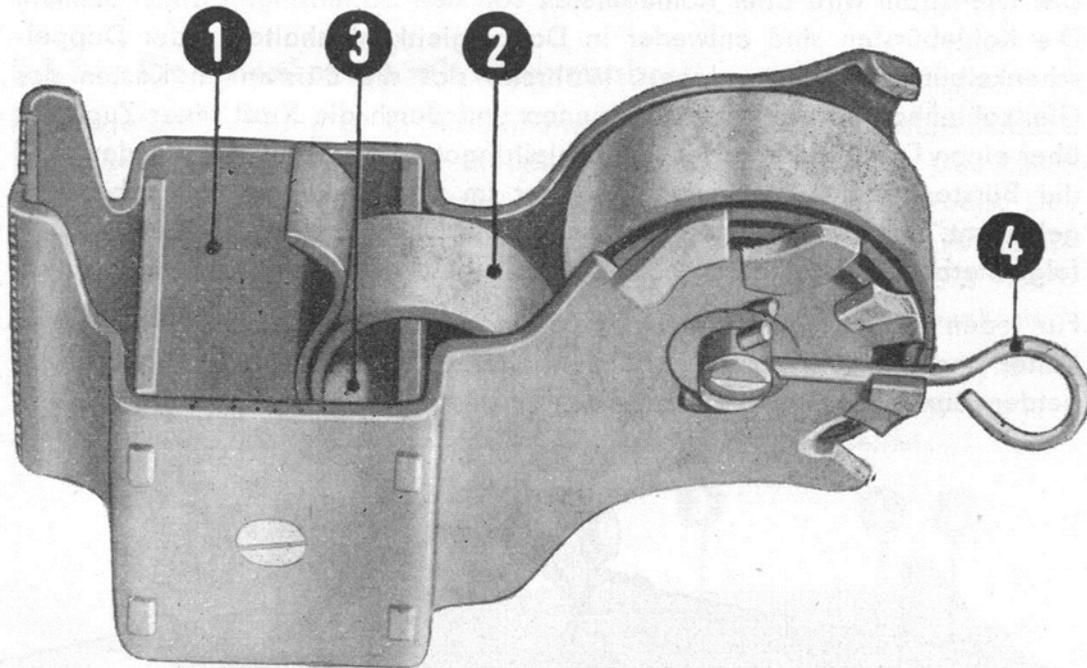


Abb. 13 Taschenbürstenhalter

1 Halterkasten - 2 Spiralfeder - 3 Druckfinger - 4 Spannhebel

### 3.3.1.2. Kohlebürsten

Zur Abnahme des Gleichstromes vom Kommutator werden Elektro-Graphit-Kohlebürsten verwendet. Das Material wurde so gewählt, daß die Stromabnahme vom Kommutator einwandfrei erfolgt und eine Riefenbildung auf der Kommutatoroberfläche weitgehendst vermieden wird. Das Material der Bürsten ist durch die Bürstenmarke, die in den technischen Daten angegeben ist, festgelegt. Die Kohlebürsten sind durch eine Kupferlitze mit den Anschlußklemmen des Bürstenhalters verbunden.

### 3.3.2. Bürstenhalterbolzen mit Bürstenhaltern und Kohlebürsten für Schleifringe

Der Drehstrom wird über Kohlebürsten von den Schleifringen abgenommen. Die Kohlebürsten sind entweder in Doppelgleitkohlenhaltern oder Doppelschenkelbürstenhaltern gelagert. Während sich die Bürsten im Kasten des Gleitkohlenhalters frei bewegen können und durch die Kraft einer Zugfeder über einen Druckfinger gegen die Schleifringoberfläche gedrückt werden, sind die Bürsten beim Schenkelbürstenhalter im Schenkel einer Schraube festgeklemmt. Der Druck der Bürsten gegen die Oberfläche der Schleifringe erfolgt hierbei durch eine Zugfeder über die beiden Schenkel des Halters.

Für jeden Schleifring ist ein Doppelbürstenhalter vorgesehen. Die Bürstenhalter sind auf dem isolierten Bürstenhalterbolzen befestigt. Der Aufbau der beiden Bürstenhalterarten ist aus den Abbildungen 14 und 15 ersichtlich.

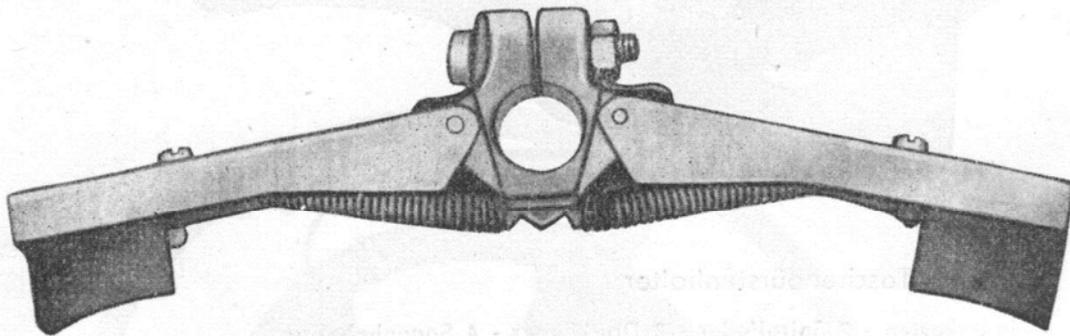


Abb. 14 Doppelschenkelbürstenhalter

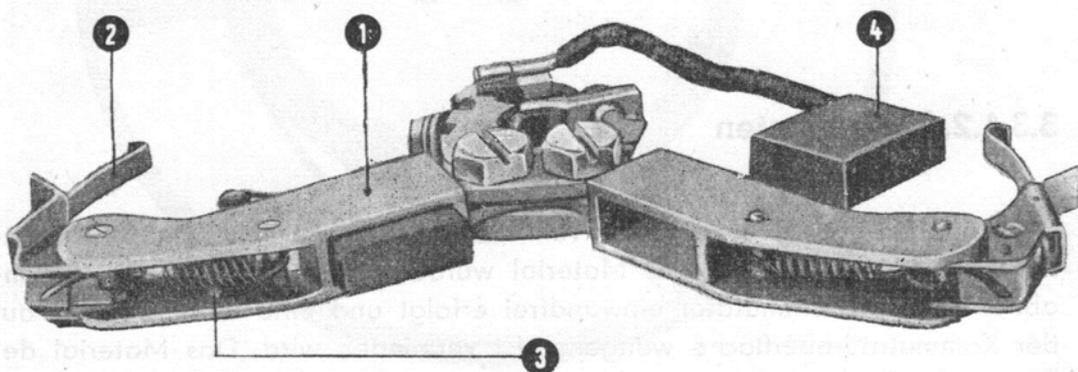


Abb. 15 Doppelgleitkohlenhalter

1 Bürstenkasten - 2 Druckfinger - 3 Zugfeder - 4 Kohlebürste

Das Material für die Schleifringbürsten drückt sich ebenfalls in der Bürstenmarke aus. Es sind entweder Elektrographit- oder Metallgraphitkohlen.

Die Bürstenmarke und die Bürstenabmessungen für den jeweiligen Generator sind in den technischen Daten angegeben.

### 3.3.3. Klemmenkasten mit Klemmenbrett

Am Lagerschildumfang ist in Wellenhöhe der Klemmenkasten angeschraubt. Er ist entweder in Schutzart P 11 oder in Schutzart P 33 nach DIN 40050 ausgeführt. In dem Klemmenkasten ist das Klemmenbrett angeschraubt. Das Klemmenbrett besteht aus einer Phenolharz-Preßmasse, in der die Anschlußbolzen für den Haupt- und Erregerstromkreis eingebettet sind. Die Abbildungen 16 und 17 veranschaulichen den Aufbau der beiden Klemmenkasten-ausführungen.

Wie die Anschlußklemmen bei den einzelnen Generatorausführungen angeordnet sind, ist aus den Schaltbildern (Abb. 26 bis 28) zu ersehen.

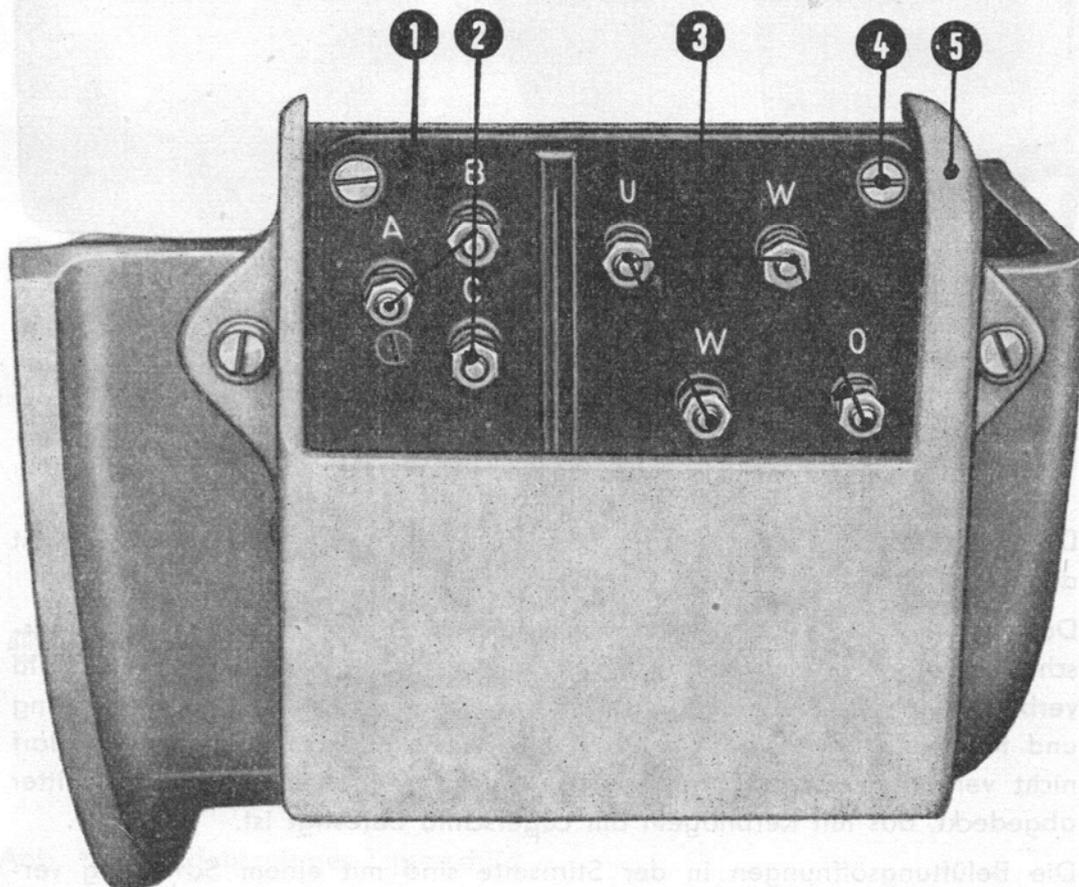


Abb. 16 Klemmenkasten, Schutzart P 11

1 Klemmenbrett - 2 Anschlußschrauben für Erregerstromkreis - 3 Anschlußschrauben für Hauptstromkreis - 4 Klemmenbrettbefestigungsschrauben - 5 Klemmenkastendeckel

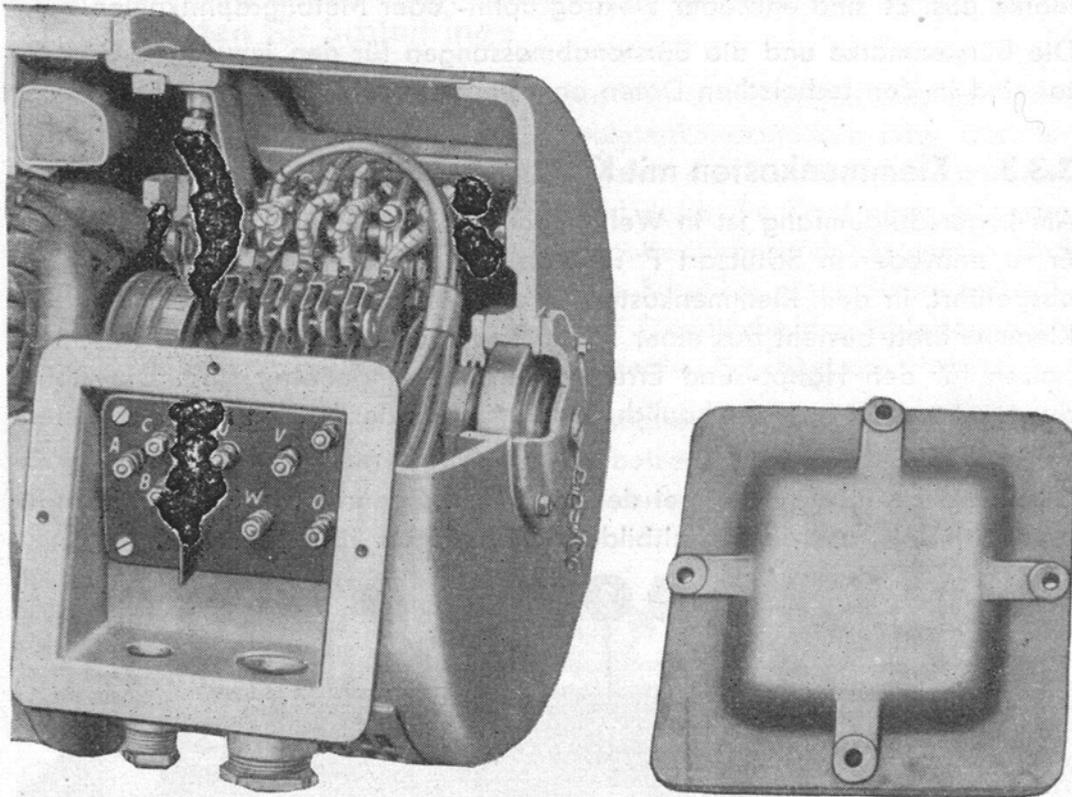


Abb. 17 Klemmenkasten, Schutzart P 33

### 3.4. Antriebsseitiges Lagerschild

Das Lagerschild auf der Antriebsseite ist aus Grauguß hergestellt. Es ist durch Stiftschrauben mit dem Gehäuse verbunden.

Das Polringgehäuse ist auf einem Zentrierrand an der Innenseite des Lagerschildes aufgesetzt und ist durch vier Klemmschrauben mit dem Lagerschild verbunden. In das Polringgehäuse ist der Polring eingepreßt, so daß Polring und Polringgehäuse eine Einheit bilden. Ihre Stellung im Lagerschild darf nicht verändert werden. Der Luftausblasestutzen ist durch ein Schutzgitter abgedeckt, das mit Kerbnägeln am Lagerschild befestigt ist.

Die Belüftungsöffnungen in der Stirnseite sind mit einem Schutzring verkleidet.

Das antriebsseitige Lagerschild ist in Abbildung 18 dargestellt.

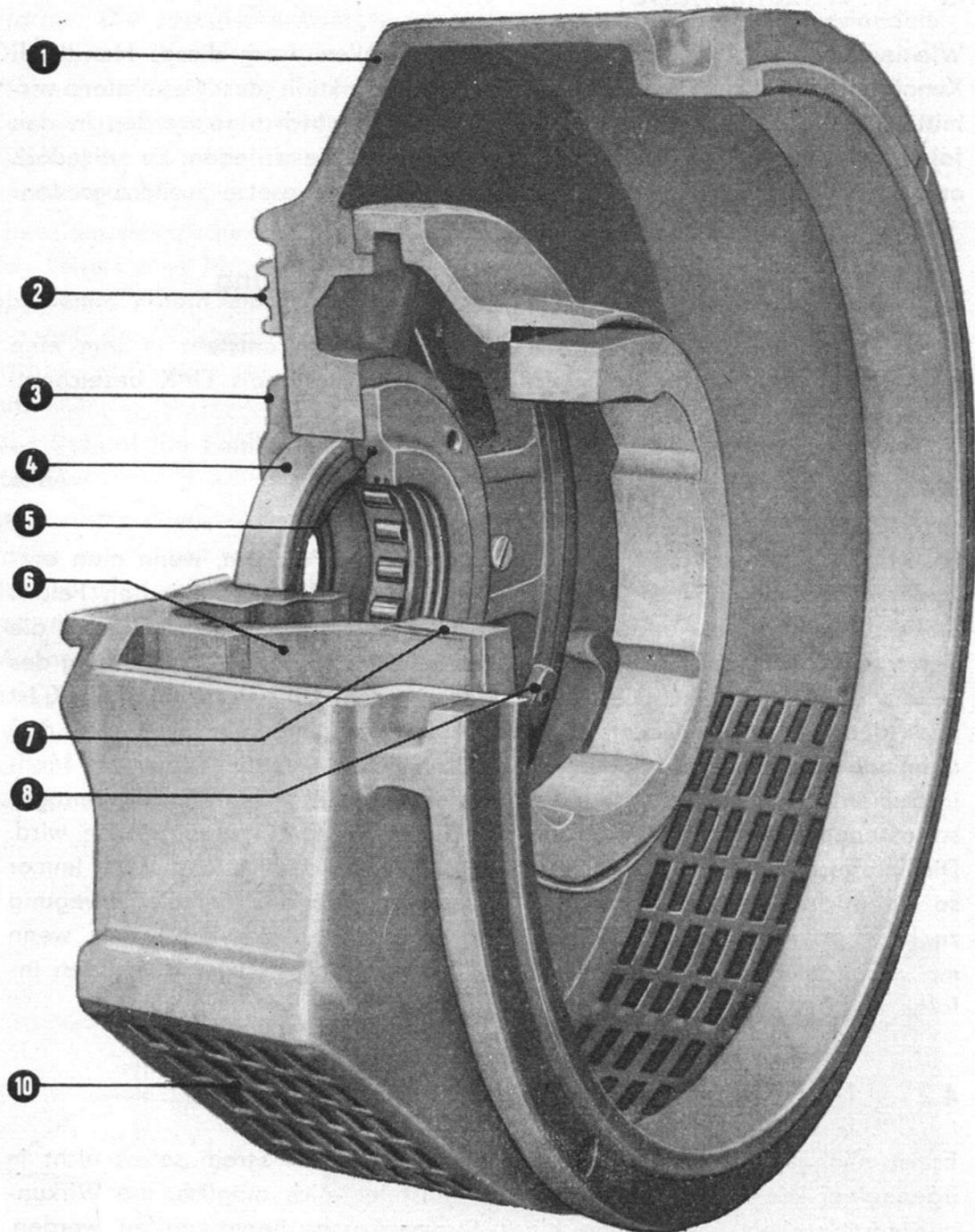


Abb. 18 Antriebsseitiges Lagerschild

1 Lagerschild - 2 Schutzring - 3 äußerer Lagerdeckel - 4 Zylinderrollenlager - 5 innerer Lagerdeckel - 6 Polringgehäuse - 7 Polring - 8 Klemmschraube - 9 Schutzgitter

## **4. Wirkungsweise**

Wie in der Einleitung schon erwähnt wurde, sollen durch dieses Handbuch Kenntnisse über die Wirkungsweise und die Funktion des Generators vermittelt werden. Die elektrischen Vorgänge in der Maschine werden in den folgenden Abschnitten auf möglichst einfache Art beschrieben. Es ist jedoch erforderlich, hierbei auf einige physikalische Grundgesetze zurückzugreifen:

### **4.1. Die Induktion einer elektrischen Spannung**

Bewegt man einen Leiter durch ein Magnetfeld, so entsteht in ihm eine elektromotorische Kraft. Diese wird in der Abkürzung als EMK bezeichnet. Diese EMK ist um so größer,

1. je stärker das magnetische Feld,
2. je größer die Leitergeschwindigkeit,
3. je größer die Leiterlänge

ist. Man erhält eine EMK von entgegengesetzter Polarität, wenn man entweder die Bewegungsrichtung oder die Richtung des magnetischen Feldes umkehrt. Es entsteht jedoch keine elektromotorische Kraft, wenn man die Bewegung in Richtung der magnetischen Feldlinien oder in der Richtung des Leiters selbst vornimmt. Die Polarität der in dem Leiter erzeugten EMK ist nach dem Lenzschen Gesetz bestimmt. Man geht hierbei davon aus, daß die Enden des an der Induktion beteiligten Leiters eventuell über ein Meßinstrument miteinander verbunden werden. Es fließt dann in diesem geschlossenen Stromkreis ein Strom, der durch die EMK hervorgerufen wird. Die infolge einer Bewegung erzeugte elektromotorische Kraft ist dann immer so eingerichtet, daß der von der EMK hervorgerufene Strom die Bewegung zu hemmen versucht. Der Leiter widersetzt sich also der Bewegung, wenn ein geschlossener Stromkreis vorliegt. Diese Gegenkraft wird durch den infolge der EMK erzeugten Strom verursacht.

### **4.2 Die Wirkungen des elektrischen Stromes**

Es ist allgemein bekannt, daß man den elektrischen Strom selbst nicht in irgendeiner Weise wahrnehmen kann. Es ist lediglich möglich, die Wirkungen festzustellen, die infolge eines Stromzuflusses hervorgerufen werden. Man unterscheidet dabei generell drei Wirkungen:

1. die Wärmewirkung,
2. die chemische Wirkung und
3. die magnetische Wirkung.

Fließt ein elektrischer Strom durch einen Leiter, so entwickelt er in diesem Wärme. Die elektrische Energie wird also in Wärmeenergie umgewandelt. Die in den Wicklungen des Generators infolge des Stromes entstehende Wärme wird durch die Kühlluftströmung in der Maschine verringert und in den vorgeschriebenen Grenzen gehalten. Da die chemische Wirkung des elektrischen Stromes für einen Generator nicht von Bedeutung ist, soll sie an dieser Stelle nicht weiter erörtert werden.

Fließt ein elektrischer Strom durch einen Leiter und bringt man in die Nähe des Leiters eine Magnetnadel, so wird diese aus ihrer Nord-Süd-Ruhelage abgelenkt. Erhöht man den Strom, so wird die Ablenkung stärker. Diese magnetische Wirkung des elektrischen Stromes kann nur durch ein magnetisches Feld verursacht werden, das der Strom in seiner Umgebung hervorruft.

Den Verlauf der Feldlinien kann man auf die folgende Art und Weise feststellen:

Man steckt einen Leiter senkrecht durch einen Karton, auf den Eisenfeilspäne aufgestreut werden (siehe Abb. 19). Fließt ein Strom durch den Leiter, dann ordnen sich die Feilspäne in konzentrischen Kreisen, die in Nähe des Leiters ein Magnetfeld andeuten. Die Feldlinienrichtung kann mittels einer Magnetnadel festgestellt werden. Man kommt dann zu folgender Regel:

Blickt man in Richtung des elektrischen Stromes, so gehen die magnetischen Feldlinien im Uhrzeigersinn um den Leiter. Das Feldlinienbild einer Leiterschleife kann man sich durch Überlagerung zweier Feldlinienbilder eines Leiters entstanden denken (siehe Abb. 20).

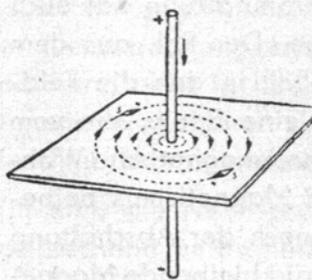


Abb. 19 Feldlinienbild eines geraden stromdurchflossenen Leiters

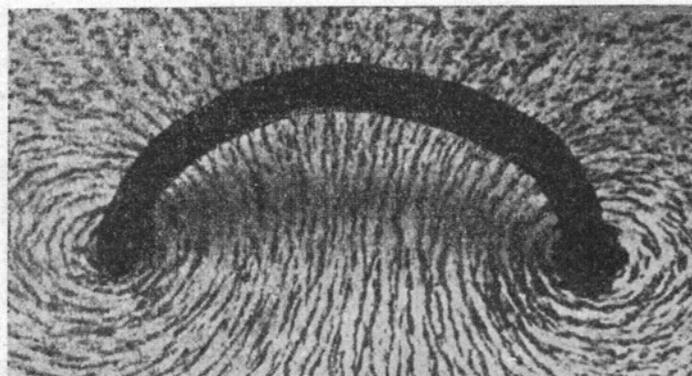


Abb. 20 Feldlinienbild einer stromdurchflossenen Leiterschleife

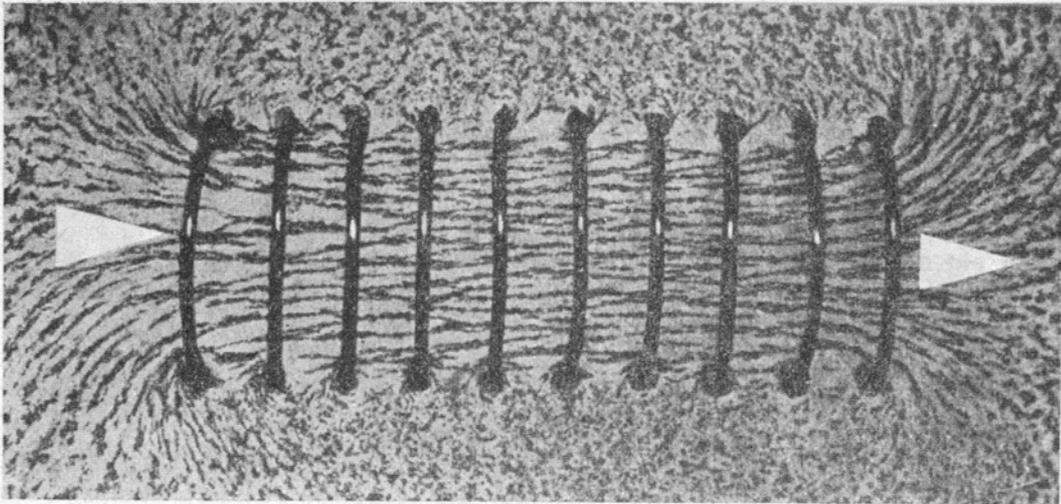


Abb. 21 Feldlinienbild einer stromdurchflossenen Spule

Der gesamte Fluß tritt jetzt durch die Fläche der Schleife hindurch. Eine Spirale oder Spule zeigt ein Feldlinienbild, das man sich wiederum durch Überlagerung mehrerer Feldlinienbilder einer Leiterschleife entstanden denken kann (siehe Abb. 21). Die Feldlinien parallel gehen in einem geschlossenen Fluß durch die gesamte Spule hindurch. Infolgedessen zeigt die stromdurchflossene Spule die gleichen Eigenschaften wie ein Stabmagnet. Gegenüber letzterem hat sie jedoch den Vorteil, daß ihr Magnetismus mit dem Strom beliebig veränderlich ist. Eine Umkehr der Stromrichtung hat auch eine Umkehr der Polarität des Magnetfeldes zur Folge. Der Pol, aus dem die Feldlinien austreten, wird Nordpol genannt. Der Pol, in den die Feldlinien eintreten, wird Südpol genannt. Bringt man in eine Spule, die vom Strom durchflossen wird, einen Eisenkern, so wird dieser magnetisch. Während weiches Eisen und Dynamoblech nur so lange den Magnetismus beibehalten, wie der Erregerstrom fließt, behält Stahl auch nach der Abschaltung des Stromes einen gewissen Magnetismus bei. Dieser zurückbleibende Magnetismus ist in seiner Art und Größe von der Stahllegierung abhängig. Er wird in der Elektrotechnik als sogenannter remanenter Magnetismus (Restmagnetismus) oder als Remanenz bezeichnet.

### 4.3. Der Synchron-Generator allgemein

Während in den bisherigen Abschnitten die Bauteile des Generators in ausführlicher Form beschrieben wurden, soll in den folgenden Abschnitten die Wirkungsweise der Generatoren erklärt werden.

Zum Synchron-Generator gehören zwei Hauptteile:

1. das das Magnetfeld erzeugende Teil,
2. das induzierende Teil.

Bei dem Außenpol-Synchron-Generator ist das erste Teil im Ständer angeordnet. Das zweite Teil, die Ankerwicklung, die beim Drehstromgenerator selbstverständlich als Drehstromwicklung ausgebildet ist, befindet sich in den Nuten des Läufers, der auch mit Anker bezeichnet wird. Soll der Generator eine Spannung abgeben, so müssen nach dem Induktionsgesetz die Leiter der Drehstromwicklung in einem Magnetfeld bewegt werden. Es ist also erforderlich, den Läufer in eine Drehbewegung zu versetzen und dabei außerdem im Generator ein Magnetfeld zu erzeugen. Hierzu muß durch die Feldspulen ein Erregerstrom fließen, der – wie der Name schon sagt – den Generator erregt. Diesen Erregerstrom entnimmt man bei einem einfachen Synchron-Generator einer fremden Stromquelle. Sie kann aus einer Gleichstrommaschine (Erregermaschine) oder einer Batterie bestehen. Die in der Drehstromwicklung erzeugte Spannung wird über die Schleifringe und Bürsten den Anschlußbolzen des Klemmenbrettes zugeleitet. Da die Leiter der Drehstromwicklung abwechselnd an einem Nord- und einem Südpol vorbeilaufen, entsteht eine Wechselspannung. Die Anzahl der Wechsel (2 Wechsel = 1 Periode) in der Sekunde ist durch die Polzahl und die Drehzahl/s gegeben. Die Anzahl der Perioden in der Sekunde ist die Frequenz, und diese wird in Hertz (1 Hz = 1 Periode pro Sekunde) gemessen. Üblicherweise beträgt diese 50 Hertz. Bei Nenndrehzahl wird der Generator so stark erregt, bis an seinen Klemmen die Leerlaufspannung vorhanden ist, die wertmäßig der Nennspannung entspricht. Wird der Generator belastet, so bleibt die Spannung nicht in ihrem Wert erhalten. Sie fällt ab. Der Grund hierfür ist in mehreren Faktoren zu suchen, die die Betriebseigenschaften der Synchronmaschine charakterisieren.

Will man die Nennspannung jedoch beibehalten, so muß der Erregerstrom entsprechend vergrößert werden. Es ist deshalb bei Betrieb eines solchen fremderregten Generators Vorbedingung, daß die Klemmenspannung ständig bei einer Änderung des Belastungsstromes nachgeregelt werden muß. Welches sind nun die hauptsächlichsten Ursachen, die den Spannungsrückgang mit zunehmender Last bewirken?

1. Im Falle der Belastung des Generators entsteht gemäß dem Lenzschen Gesetz ein Drehmoment, das die Bewegung zu hemmen versucht. Die vom Generator verlangte elektrische Leistung muß also von der Antriebsmaschine aufgebracht werden. Wenn hierbei die Drehzahl der Antriebsmaschine zurückgeht, dann wirkt sich dies auf die Klemmenspannung des Generators aus.
2. Der Belastungsstrom wirkt beim Synchron-Generator besonders stark unmittelbar auf die Spannung ein. Hierbei muß der Strom nach Größe und Phasenlage unterschieden werden. Die Phasenlage wird hierbei durch den Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  bestimmt. Diese Einwirkung soll im folgenden näher erläutert werden.

Die Abbildung 22 zeigt ein Diagramm, das die Belastungskennlinie eines Synchron-Generators darstellt, der mit konstanter Drehzahl angetrieben wird. Dieser Generator wird mit einem gleichbleibenden Erregerstrom eingespeist, er wird also nicht nachgeregelt. Über dem waagrecht aufgetragenen Belastungsstrom kann für verschiedene Stromwerte die sich einstellende Klemmenspannung des Generators abgelesen werden. Es ist ersichtlich, daß mit zunehmender Belastung des Generators die Klemmenspannung sehr stark zurückgeht.

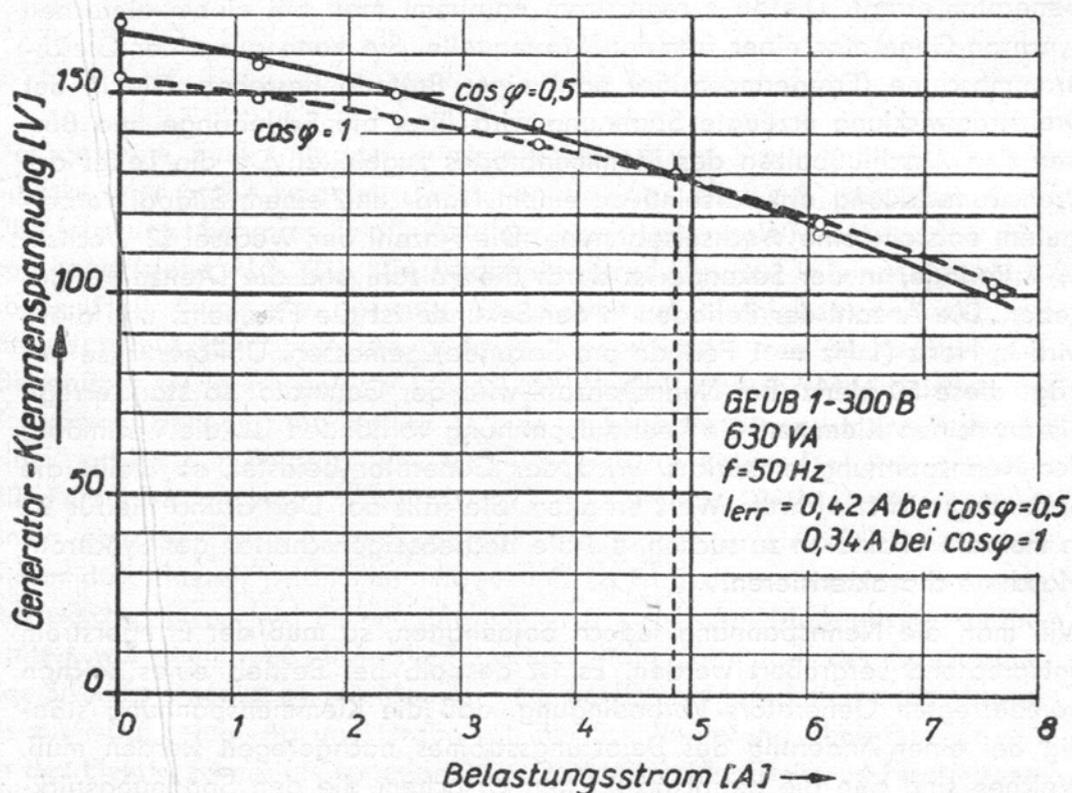


Abb. 22 Belastungskennlinien eines fremderregten Synchron-Generators

Soll der Generator unabhängig vom Belastungszustand seine Nennspannung abgeben, so muß der Erregerstrom mit zunehmender Last verstärkt werden. Aus den Regelkennlinien in Abb. 23 kann man ermitteln, welcher Erregerstrom erforderlich ist, um bei verschiedenen Belastungsströmen die Nennspannung des gleichen Generators wie Abb. 22 konstant zu halten.

Während bei Leerlauf die in der Maschine induzierte elektromotorische Kraft im gleichen Wert als Klemmenspannung an den Anschlußbolzen des Klemmenbrettes vorhanden ist, tritt im Belastungsfall ein durch den Strom hervorgerufener innerer Spannungsabfall in der Maschine auf. Die folgende Abbildung 24 soll hierüber eine nähere Aufklärung geben. In ihr sind drei verschiedene Belastungsfälle dargestellt.

In jedem Fall fließt bei gleicher Generatorspannung der gleichgroße Strom. Unterschiedlich ist lediglich der Phasenverschiebungswinkel. Er tritt zwischen Spannung und Strom auf und tritt als Leistungsfaktor in Erscheinung. Man bezeichnet ihn als  $\cos \varphi$ . Die unteren Darstellungen zeigen den zeitlichen Verlauf der Spannung und des Stromes. Es ist bekannt, daß sich die Größen

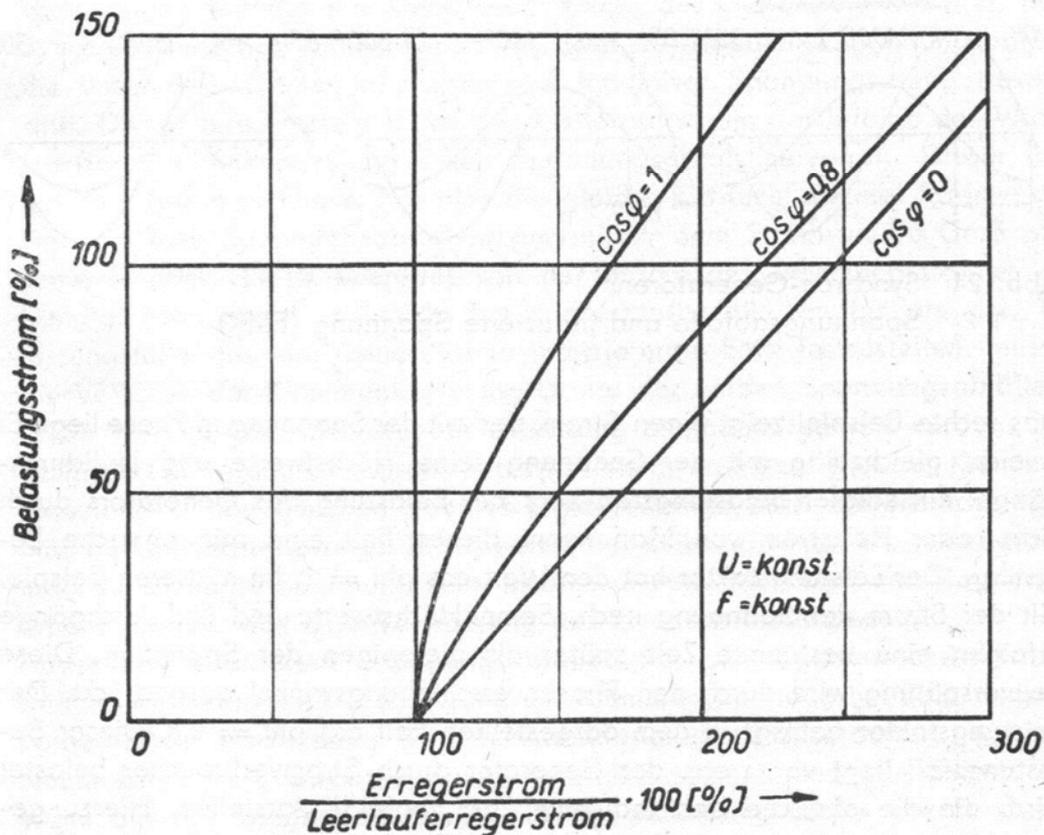


Abb. 23 Regelkennlinien eines Synchrongenerators

bei Wechselstrom nach einer Sinus-Funktion ändern. Sie steigen von Null bis zu einem positiven Höchstwert und wechseln dann über einen negativen Höchstwert wieder zu Null.

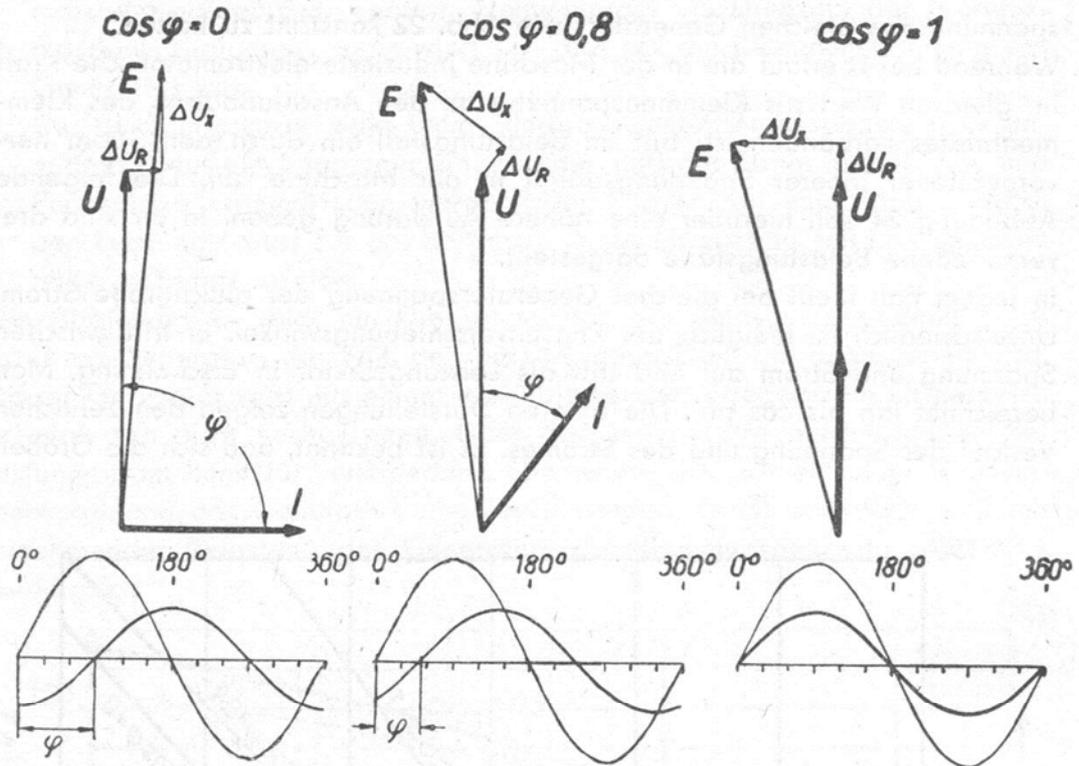


Abb. 24 Synchron-Generatoren  
Spannungsabfälle und induzierte Spannung (EMK)

Das rechte Beispiel zeigt einen Strom, der mit der Spannung in Phase liegt. Er erreicht gleichzeitig mit der Spannung seine Höchstwerte und Nulldurchgänge. Ein solcher Belastungsfall liegt bei Belastung des Generators durch Licht- oder Heizstrom vor. Man nennt diesen Fall eine rein ohmsche Belastung. Der Leistungsfaktor hat den Wert  $\cos \varphi = 1$ . Im mittleren Beispiel eilt der Strom der Spannung nach. Seine Höchstwerte und Nulldurchgänge erfolgen eine bestimmte Zeit später als diejenigen der Spannung. Diese Zeitverspätung wird durch den Phasenverschiebungswinkel ausgedrückt. Der Leistungsfaktor beträgt in dem dargestellten Fall  $\cos \varphi = 0,8$ . Dieser Belastungsfall liegt vor, wenn der Generator durch Stromverbraucher belastet wird, die die ohmsche und induktive Last zugleich darstellen. Hierzu gehören vor allen Dingen Drehstrommotore. Diese benötigen den induktiven Stromanteil zu ihrer Magnetisierung.

Im linken Beispiel ist die zeitliche Verschiebung des Stromes gegenüber der Spannung auf einen Winkel von 90 Grad vergrößert. Die Phasenverschiebung beträgt hier  $\frac{1}{4}$  Periode. Dieser Belastungsfall tritt beim Generator in der Regel nicht auf. Er ist lediglich aus Gründen der allgemeinen Verständlichkeit dargestellt. Die oberen Darstellungen der Abb. 23 stellen diese drei geschilderten Belastungsfälle als Vektordiagramm dar. Die Höhe der Spannung und die Stärke des Stromes sind durch entsprechende Streckenlängen dargestellt. Die Phasenverschiebung wird durch den Winkel berücksichtigt. Zur näheren Erklärung denke man sich eine Zeitlinie durch den Nullpunkt des Diagramms, die im Uhrzeigersinn rotiert. Die Umlaufgeschwindigkeit muß der Frequenz entsprechen. Bei einer Frequenz von 50 Hz muß sich die Zeitlinie in  $\frac{1}{50}$  Sekunde einmal vollständig um 360 Grad gedreht haben. Die senkrechten Projektionen der Spannungs- und Stromstrecken auf die Zeitlinie ergeben dann die Augenblickswerte. Wenn z. B. die Lage der Zeitlinie mit dem Spannungsvektor  $U$  übereinstimmt, dann hat man den Höchstwert der Spannung.

Die drei Vektor-Diagramme zeigen deutlich, wie sich der schon erwähnte Spannungsabfall auf die Klemmenspannung des Generators auswirkt. Beim Synchron-Generator gibt es nämlich zwei verschiedene Spannungsabfälle, die unter dem Namen ohmscher und induktiver Spannungsabfall bekannt sind. Der erstere entsteht durch den Generatorstrom, der infolge des Widerstandes der Ankerwicklung einen Spannungsabfall hervorruft. Dieser liegt mit dem Strom in Phase, hat also die gleiche Richtung wie der Stromvektor. Der induktive Spannungsabfall ist gegenüber dem Strom um 90 Grad phasenverschoben. Er ist ebenfalls von der Stärke des Belastungsstromes abhängig. Man nennt ihn auch Streuspannungsabfall. Um für die drei Belastungsfälle die vom Generator zu induzierende EMK festzustellen, müssen die Vektoren der Klemmenspannung  $U$  und der beiden Spannungsabfälle in ihrem Wert in der entsprechenden Richtung aneinandergereiht werden. Dies ist in den Diagrammen dargestellt. Man sieht, daß trotz gleicher Klemmenspannung  $U$  und gleichen Stromes  $I$  die jeweilige EMK beträchtliche wertmäßige Unterschiede zeigt. Je schlechter der Leistungsfaktor ist, desto größer muß die erzeugte Spannung sein. In diesem Falle muß also der Magnetfluß erhöht werden, was eine Verstärkung des Erregerstromes bedingt.

Außer den erläuterten Spannungsabfällen hat die sogenannte Ankerrückwirkung eine stärkere Herabsetzung der Klemmenspannung bei Belastung zur Folge. Diese Erscheinung wird in Abbildung 25 veranschaulicht. Wie der Name schon sagt, wirkt der durch die Ankerwicklung fließende Belastungsstrom auf das Magnetfeld zurück. In der Abbildung 25 ist die Synchronmaschine (in dem Falle als Innenpolausführung) mit einer einfachen Magnetanordnung zu vergleichen. Dargestellt sind die Betriebszustände: Leerlauf,

Belastung mit  $\cos \varphi = 1$  und Belastung mit  $\cos \varphi = 0$ . In allen drei Beispielen wird der Eisenkreis mit Hilfe einer Spule erregt, d. h. durch die Spule fließt ein bestimmter Erregerstrom, der einen magnetischen Kraftfluß zur Folge hat.

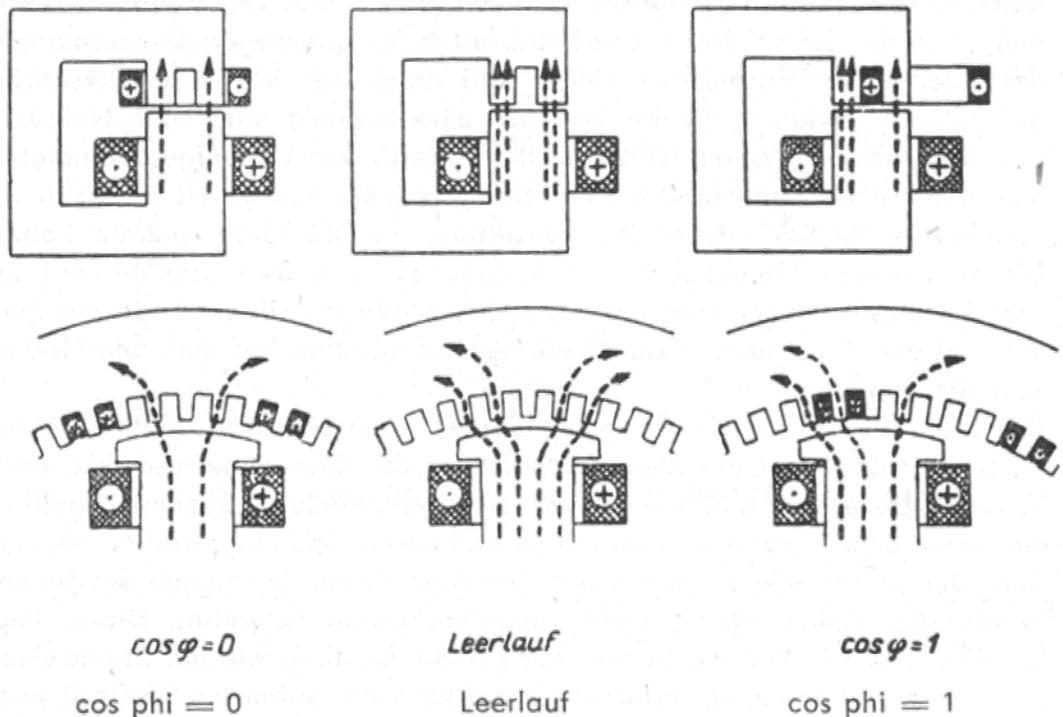


Abb. 25 Ankerrückwirkung in Synchronmaschinen

Dieser Fluß ist bei Leerlauf (mittlere Darstellung) in seiner Stärke anschauungsweise durch vier Kraftlinien dargestellt. Bringt man auf den Magnetkern noch eine zweite in ihrer magnetisierenden Wirkung schwächere Spule (obere Darstellungsreihe, linkes Bild), so wirkt diese auf das von der Erregerspule aufgebaute Magnetfeld ein. Wenn nämlich ihre magnetisierende Wirkung durch einen entsprechenden Stromfluß entgegengesetzt zur Spule 1 ist, dann wirken beide Spulen gegeneinander. Dies hat eine erhebliche Schwächung des Magnetfeldes der Spule 1 zur Folge. Symbolisch ist deshalb dieser herabgesetzte Fluß durch nur zwei Feldlinien dargestellt. Dieser Zustand trifft bei Belastung des Generators mit reinem Blindstrom, also bei einem Leistungsfaktor von  $\cos \varphi = 0$ , zu. Ist diese zweite Spule in der Magnetanordnung  $g$  versetzt angebracht, so wird hierdurch ihre Wirkung auf das Magnetfeld beeinflusst. Diese Herabsetzung des Magnetflusses tritt in dem Falle nicht so stark auf wie in dem Beispiel der linken Darstellung. Dieser Zu-

stand trifft bei Belastung des Generators mit reiner Wirklast, also bei einem Leistungsfaktor von  $\cos \phi = 1$ , zu. (Rechte Darstellung der Abbildung 25.) Die entmagnetisierende Wirkung des Ankerstromes wirkt sich hierbei nicht so stark aus wie bei  $\cos \phi = 0$ . Da die Generatorspannung von der Stärke des Magnetfeldes abhängt, ist der Betrag der Spannung trotz gleichstarken Belastungsstromes unterschiedlich. Je schlechter der Leistungsfaktor ist (je induktiver die Belastung), desto mehr fällt die Generatorspannung bei gleichem Erregerstrom ab.

#### 4.4. Der kompondierte Synchron-Generator

##### 4.4.1. Allgemeines

Zu den Forderungen, die an einen Stromerzeuger gestellt werden, gehört u. a. eine ausreichende Spannungskonstanz. Es ist allgemein bekannt, daß bei schwankender Generatorspannung unter Umständen Schäden an den Stromverbrauchern entstehen können. Zum Beispiel zieht eine Überspannung eine Überlastung nach sich, die für die meisten Verbrauchergeräte schädlich ist. Ein Durchbrennen von Glühlampen, Heizspiralen usw. ist dann meistens die Folge. Fällt die Spannung zu stark ab, dann treten Störungen in Anlagen ein, die mit Leuchtstofflampen ausgestattet sind. Werden Elektronenröhren häufig mit Unterspannung betrieben, so verkürzt sich die Lebensdauer der Röhren beträchtlich. Um also in jedem Falle ein einwandfreies Arbeiten der Verbraucher zu gewährleisten, darf sich die erzeugte Generatorspannung nur innerhalb gewisser Grenzwerte verändern. Der FIMAG-Konstantspannungsgenerator erfüllt diese Forderung. Er erzeugt eine Spannung, die im Bereich zwischen Leerlauf und Nennstrom bei einem Leistungsfaktor  $\cos \phi = 0,8$  bei betriebswarmem Generator in einem Toleranzbereich von  $\pm 2,5 \%$  von der Nennspannung liegt. Hierbei ist eine Drehzahldifferenz zwischen Leerlauf und Nennlast von  $4 \%$  berücksichtigt. Diese Spannungskonstanz wird erreicht durch eine Kompoundierungseinrichtung, die als Bauteil dem Generator hinzugefügt worden ist.

#### 4.4.2. Erregung

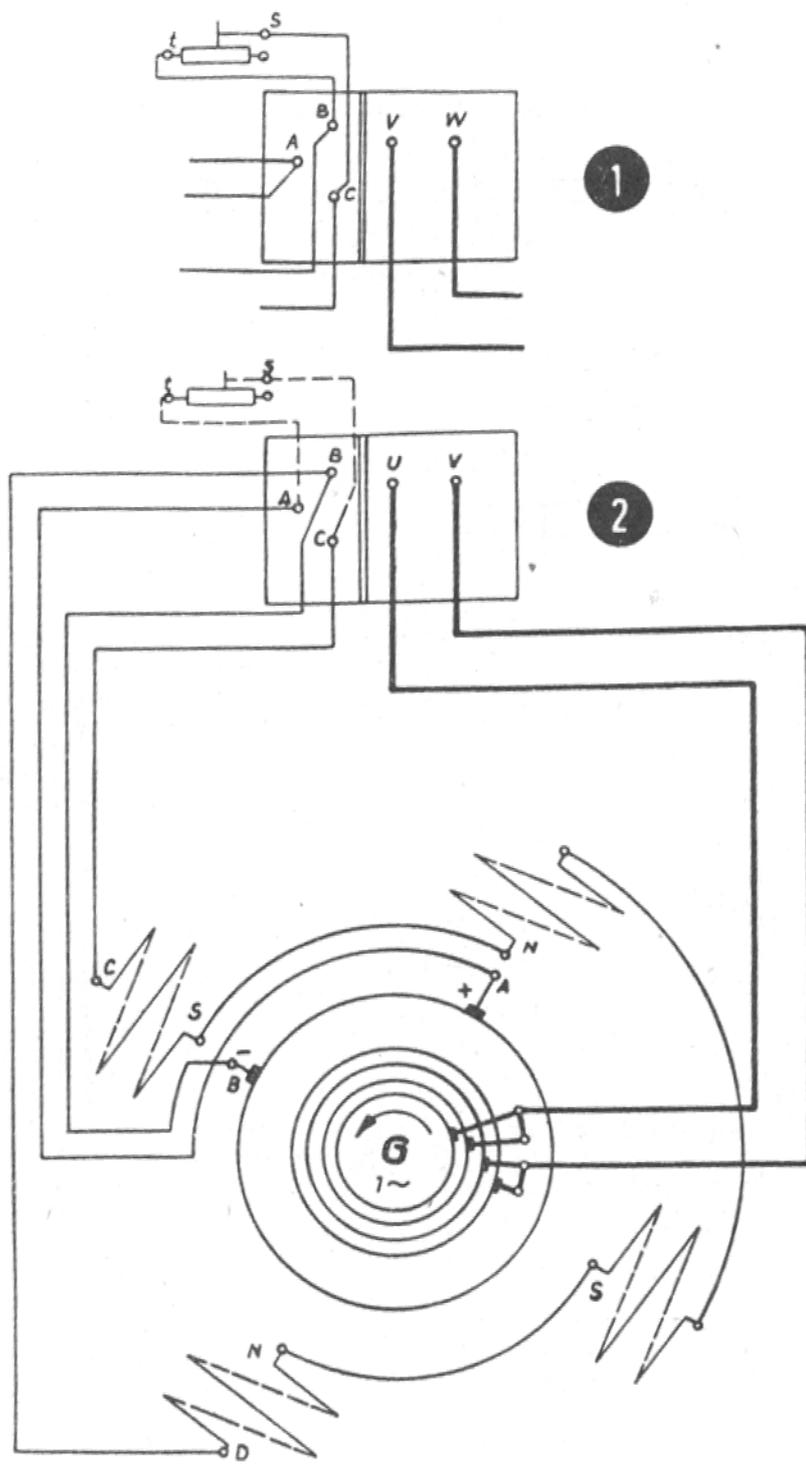
Im Gegensatz zum fremderregten Generator erzeugt sich der Konstantspannungsgenerator seinen Strom zur Erregung der Feldspulen selbst. Eine fremde Stromquelle ist also für den Betrieb nicht notwendig. In den Nuten des Ankers ist deshalb außer der Drehstromwicklung noch eine Gleichstromwicklung vorgesehen. Sie liefert die für den Leerlauf des Generators nötige Leerlauferspannung. Über dem Kommutator und den Kohlebürsten ist diese Wicklung mit dem Erregerstromkreis verbunden.

Der Erregerstromkreis besteht aus der Erregerwicklung und dem Einstellwiderstand. Das Klemmenbrett weist deshalb zum Anschluß dieses Widerstandes außer dem Anschlußbolzen U, V, W, Mp für den Drehstrom noch die Anschlußbolzen A, C und B/D auf. In Abbildung 29 ist das Prinzipschaltbild des Generators übersichtlich dargestellt. Die Erregung der Maschine erfolgt nach dem dynamoelektrischen Prinzip. Hierbei entsteht infolge des im Gehäusemantel vorhandenen remanenten Magnetismus in der Gleichstromwicklung des Ankers eine kleine Spannung. Diese liegt an den Kohlebürsten und damit an den Anschlußbolzen A und B des Klemmenbrettes an. Schließt man den Erregerstromkreis, indem man entsprechend den Schaltbildern (Abb. 26–28) an die Bolzen A und C bei Rechtslauf (B und C bei Linkslauf) einen Einstellwiderstand anklemmt, dann fließt infolge der kleinen Remanenzspannung ein kleiner Erregerstrom über die Feldspulen. Durch den sich hierdurch aufbauenden Magnetfluß erregt sich der Generator. Mit dem Einstellwiderstand läßt sich die Generatorspannung auf den Nennwert einstellen. (Die Bestimmung der Drehrichtung ist hierbei in Blickrichtung auf den Antriebswellenstumpf festgelegt.)

#### 4.4.3. Kompoundierung

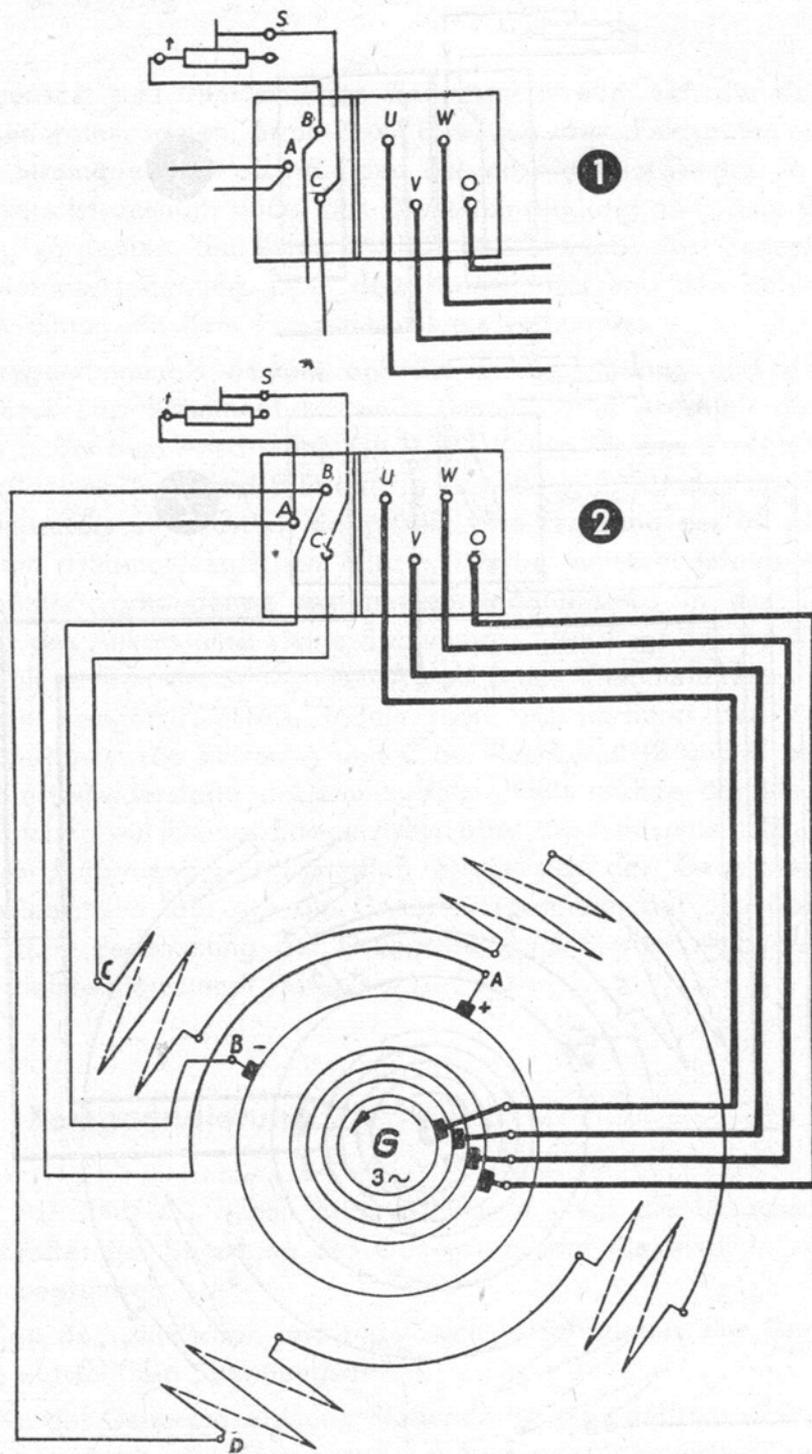
Wie in Abschnitt 4.3. schon erläutert wurde, liegt die Ursache des Spannungsabfalles bei Belastung des Generators rein elektrisch in zwei Erscheinungen begründet:

1. Infolge des ohm'schen und induktiven Widerstandes der Generatorwicklung entsteht ein Spannungsabfall.
2. Der in der Generatorwicklung fließende Belastungsstrom wirkt magnetisch auf das durch die Erregerspule aufgebaute Magnetfeld zurück. Diese feldschwächende Ankerrückwirkung ist sowohl von der Größe als auch von der Phasenlage des Stromes abhängig.



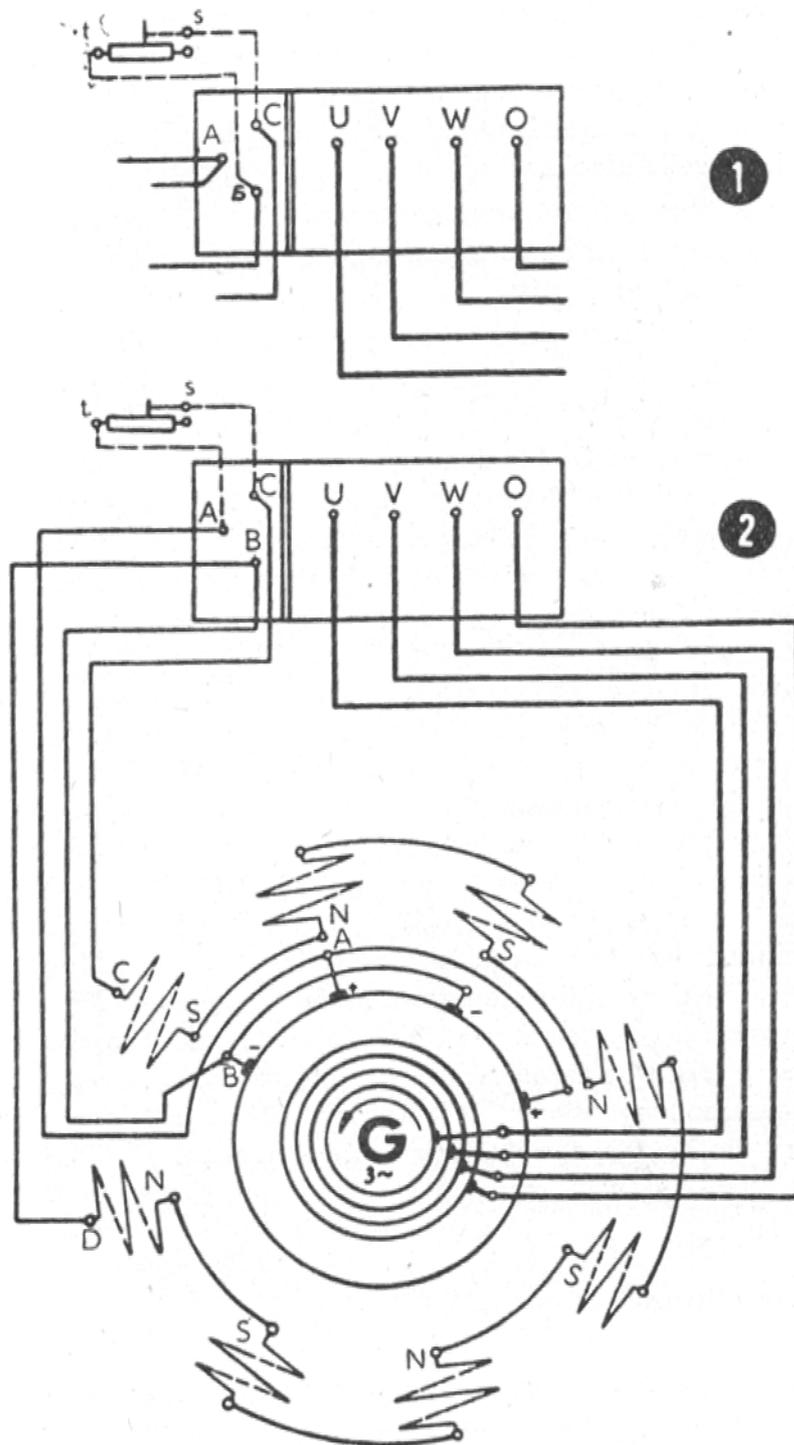
1 Linkslauf 2 Rechtslauf  
 Ansicht kommutatorseitig

Abb. 26 Schaltbild der Einphasen-Wechselstromgeneratoren



1 Linkslauf 2 Rechtslauf  
 Ansicht kommutatorseitig

Abb. 27 Schaltbild für 4polige Drehstromgeneratoren



1 Linkschaltung 2 Rechtsschaltung  
Ansicht kommutatorseitig

Abb. 28 Schaltbild für 8polige Drehstromgeneratoren

Damit der Generator im Betrieb eine praktische konstante Spannung abgibt, die vom Belastungsstrom unabhängig ist, muß der Leerlauferregerstrom um den Betrag eines Zusatzerregerstromes erhöht werden, der von der Größe und Phasenlage des Generatorstromes abhängig ist. Dieser zusätzliche Erregerstrom hat zwei Aufgaben:

1. Er muß das Magnetfeld derart verstärken, daß die induzierte EMK des Generators gegenüber der Leerlaufspannung um den Betrag des inneren Spannungsabfalls größer ist.
2. Er muß die feldschwächende Wirkung der Ankerrückwirkung kompensieren.

Dieser Zusatzerregerstrom wird durch die Compoundierungseinrichtung erzeugt, die in Form eines Drehfeldumformers wirksam ist. In Abbildung 29 ist das Prinzipschaltbild des Generators ersichtlich. Man erkennt die beiden Drehstromwicklungen, die in Reihe geschaltet und mit den Schaltfahnen der Schleifringe verlötet sind, sowie die Gleichstromwicklung, die mit in den Nuten des Drehfeldumformers liegt, deren Schaltenden durch die Nuten des Ankers führen und damit gleichzeitig die Gleichstromwicklung des Ankers ergeben. Wird der Generator belastet, so fließt der Belastungsstrom infolge der Hintereinanderschaltung sowohl durch die Ankerwicklung als auch durch die Drehstromwicklung des Drehfeldumformers. Der Wickelsinn beider Wicklungen ist gerade entgegengesetzt. Es entsteht also in dem rotierenden Umformer ein Magnetfluß, der von der Stärke des Generators abhängt. Infolge der Drehbewegung steht dieses Magnetfeld räumlich fest. Es schließt sich über dem im antriebsseitigen Lagerschild vorhandenen Polring, der in dem Falle als magnetisches Joch dient. In diesem feststehenden Magnetfeld bewegt sich die Gleichstromwicklung des Drehfeldumformers. Die in ihr induzierte Spannung ist von der Stärke des Magnetfeldes, also deshalb ebenfalls von der Stärke des Generatorbelastungsstromes abhängig. Durch die Hintereinanderschaltung dieser Gleichstromwicklung mit der des Ankers addieren sich die beiden darin erzeugten Spannungen.

## 5. Aufstellung

Steht der Generator längere Zeit vor der Aufstellung und Inbetriebnahme, dann ist es zweckmäßig, ihn bei einer Temperatur von 50–60 °C 4 Stunden lang zu trocknen.

Für die einwandfreie Funktion des Generators sind ein schwingungsfreier Lauf und ausreichende Kühlung Vorbedingung.

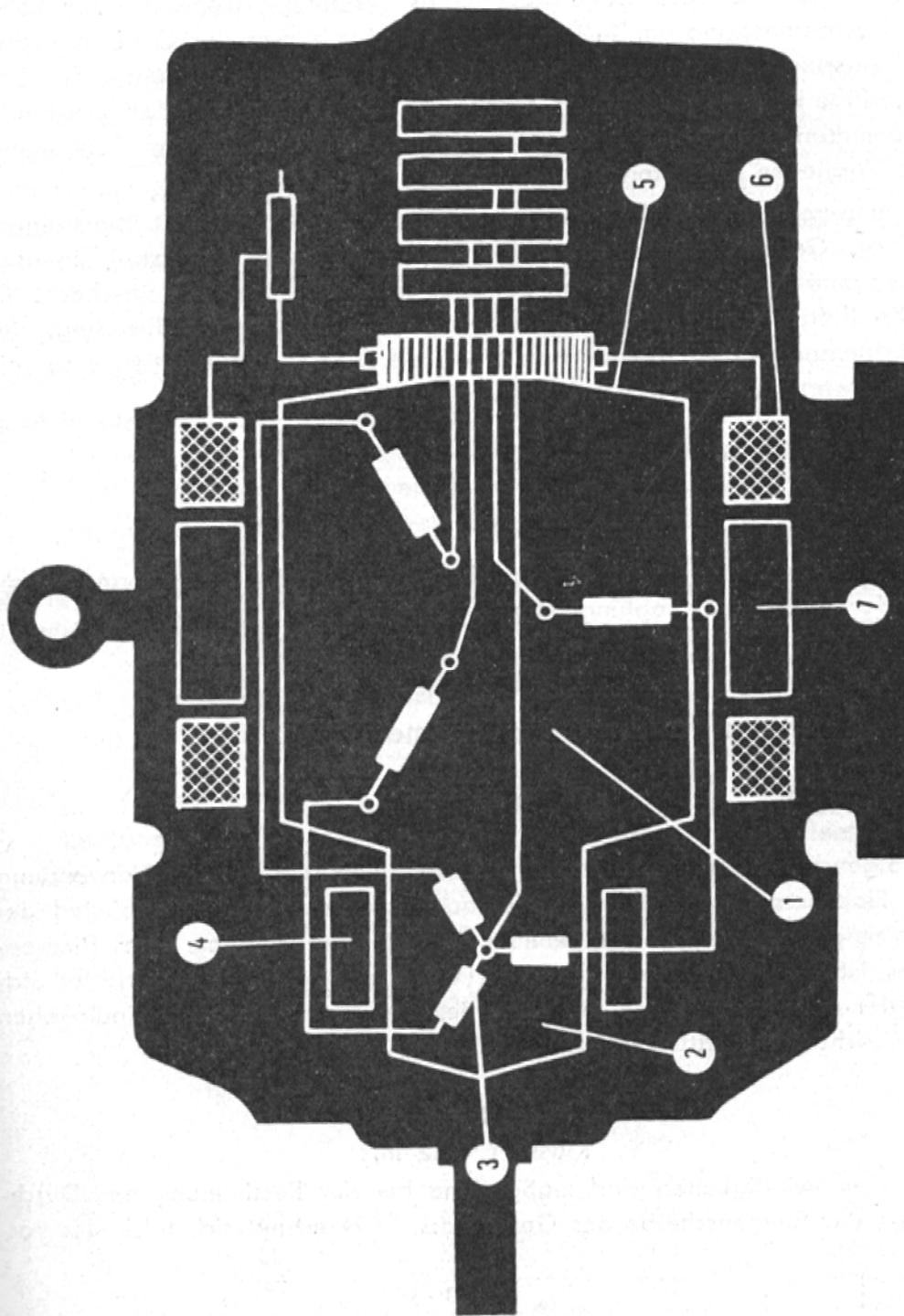


Abb. 29 Prinzipschaltbild des Generators 1 Drehstromwicklung des Ankers - 2 Drehfeldumformer - 3 Drehstromwicklung des Drehfeldumformers - 4 Polring - 5 Gleichstromwicklung - 6 Feldwicklung - 7 Pole

Wenn der Generator auf einen Fundamentrahmen montiert werden soll, dann müssen die Auflageflächen des Fundamentrahmens plangehobelt sein. Für das Ausrichten des Generators ist es vorteilhaft, wenn die Achshöhe der Antriebsmaschine um 1–2 mm höher liegt, als dies der Generatorachshöhe entspricht. Durch Unterlegen von dünnen Blechstreifen unter die Generatorfüße kann man dann den Generator so weit anheben, daß sich beide Wellenmitten gegenüberstehen. Die Rahmen werden mit dem Fundament durch Vergießen mit Beton verankert.

Die Temperatur im Aufstellungsraum soll möglichst 40 °C nicht übersteigen. Wird der Generator in einem schlechtbelüfteten Raum aufgestellt, in dem die Temperatur 40 °C übersteigt, dann ist ein entsprechender Luftschacht für die Kühlluftzuführung und Warmluftabführung anzubauen. Übersteigt die Kühllufttemperatur 40 °C, dann ist pro Grad C Temperaturanstieg eine Leistungsabwertung von ca. 1,7 % vorzunehmen.

## 6. Antrieb

Die Kraftübertragung von der Antriebsmaschine auf den Generator kann entweder durch eine Kupplung oder durch einen Riementrieb erfolgen.

### 6.1. Kraftübertragung durch Riementrieb

#### 6.1.1. Flachriementrieb

Die folgenden Hinweise sollen als Anhaltungspunkte bei der Verwendung eines Flachriementriebes dienen. Genaue Berechnungsunterlagen sind der einschlägigen Literatur zu entnehmen. Für die Projektierung eines Riementriebes ist die Riemengeschwindigkeit  $v$  ausschlaggebend. Sie richtet sich nach der gewählten Klasse des Lederriemens. Folgende Geschwindigkeiten dürfen nicht überschritten werden:

Klasse III 45 m/s

Klasse II 24 m/s

Klasse I 12 m/s

Diese Geschwindigkeiten sind maßgebend bei der Bestimmung des Durchmessers der Riemenscheibe des Generators. Er errechnet sich nach der Formel:

$$D = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot n}$$

Darin bedeutet:

- D Durchmesser der Riemenscheibe in m
- v Riemengeschwindigkeit in m/s
- n Drehzahl dieser Scheibe in Umdrehungen pro Minute
- $\pi$  die Zahl 3,14

Für die Wahl des Durchmessers der Riemenscheiben ist das Übersetzungsverhältnis zu beachten. Wichtig ist, daß der Läufer bei 4poligen Maschinen 1500 U/min und bei 8poligen 750 U/min macht. Ist die Drehzahl der Antriebsmaschine größer oder kleiner, dann müssen die Riemenscheibendurchmesser nach der Verhältnisgleichung

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

bestimmt werden.

Es bedeutet:

- $D_1$  Durchmesser der Riemenscheibe der Antriebsmaschine
- $D_2$  Durchmesser der Riemenscheibe des Generators
- $n_1$  Drehzahl der Antriebsmaschine
- $n_2$  Drehzahl des Generators

In folgender Tabelle sind die Maße der Riemenscheiben ( $D_2$ ) in Abhängigkeit von der Leistung und der Nenndrehzahl der Generatoren festgelegt:

**Tabelle 1 Riemenscheibenabmessungen in Abhängigkeit von Leistung und Drehzahl**

Leistung in kW bei n in U/min		Scheibendurchmesser mit zugeordneten Breiten für Bauform B 3		
		Scheiben- durchmesser *) (mm)	Scheiben- breite (mm)	Riemen- breite (mm)
1500	750			
7	—	200	120	100
10	—	250	120	100
14	—	250	140	125
20	—	320	170	140
28	—	320	200	160
38	—	320	200	160
50	—	400	230	200
63	—	450	230	200
80	40	450	260	220
100	50	500	260	220
—	63	560	300	260

\*) Die angegebenen Scheibendurchmesser sind Kleinstdurchmesser und dürfen nicht unterschritten werden. Genormte Zwischenwerte der Durchmesser, Breiten und Riemenbreiten DIN 111.

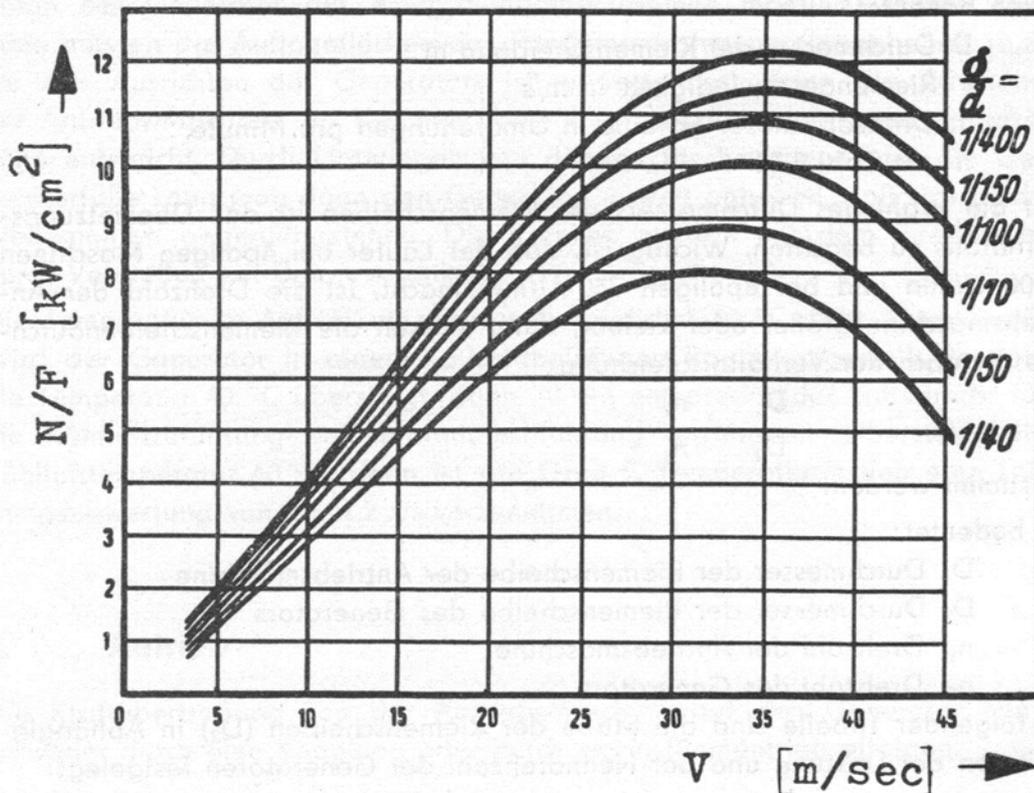


Abb. 30 Spezifische Riemenleistung  $N/F$  in  $\text{kW}/\text{cm}^2$  in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit  $V$

Dividiert man die zu übertragende Maschinenleistung  $N$  in  $\text{kW}$  durch die spezifische Riemenleistung  $N/F$ , dann erhält man den erforderlichen Riemenquerschnitt  $F$  in  $\text{cm}^2$ . Daraus errechnet sich dann die Riemenbreite:

$$b = \frac{F \cdot 100}{s}$$

$b$  = Riemenbreite in  $\text{mm}$

$F$  = Riemenquerschnitt in  $\text{cm}^2$

$s$  = Riemendicke in  $\text{mm}$

Der Abstand soll mindestens 2- bis 4mal so groß sein, wie der Durchmesser der größeren Scheibe beträgt. Die größte Übersetzung bei Verwendung von Flachriemen ist etwa 5:1. Hierdurch ist der Umschlingungswinkel bestimmt. Dieser soll mindestens 150 Grad betragen. Das Verhältnis der Scheibendurchmesser entspricht dem Drehzahlverhältnis zwischen Antriebsmaschine und Generator. Hierbei muß jedoch berücksichtigt werden, daß ein Schlupf von etwa 2 bis 5 % eintritt.

## 6.1.2. Keilriementrieb

Der Keilriementrieb ist gegenüber dem Flachriementrieb raumsparender, weil durch die Reib- und Keilwirkung des Riemens an den Flanken die Haftkraft 3mal so groß ist wie beim Flachriementrieb. Für die Scheibenbreite, den Scheibendurchmesser und den Achsabstand ergeben sich geringere Werte gegenüber dem Flachriementrieb. Außerdem werden wegen der kleineren Vorspannung die Lager geschont. Keilriemen laufen geräuschlos und sind unempfindlich gegen Feuchtigkeit. Der Schlupf ist geringer.

Beteiligt man mehrere Keilriemen gleichen Profils an der Kraftübertragung, dann kann man Übersetzungsverhältnisse bis 1:10 erreichen. Die Keilriemen sind nach DIN 2215 und die Keilriemenscheiben sind nach DIN 2217 genormt. Berechnet wird der Keilriementrieb zweckmäßig nach DIN 2218.

**Achtung!** Bei der Generatorbauform B 3 kann die Anzahl der an der Kraftübertragung beteiligten Keilriemen nicht ohne weiteres erhöht werden, da bei zunehmender Riemenscheibengröße Drehmomente auftreten können, die Beschädigungen an Lager und Welle hervorrufen.

Sollen mehrere Keilriemen für die Kraftübertragung verwendet werden, dann ist es zweckmäßig, bei uns anzufragen.

## 6.2. Kraftübertragung durch Kupplungen

Die Übertragung des Drehmomentes durch Kupplungen wird gegenüber dem Flach- und Keilriementrieb bevorzugt.

Zur Kupplung von Antriebsmaschine und Generator sollen elastische Kupplungen verwendet werden, da bei starrer Kupplung schon bei geringster Verlagerung der beiden Wellen gegeneinander und durch die Wärmeausdehnung der Wellen die Lager nach kurzer Zeit zerstört würden. Die Kupplungen sind nach TGL 3430–56 (elastische Klauenkupplungen) und nach TGL 3431 (elastische Bolzenkupplung) festgelegt.

Antriebsmaschine und Generator werden zweckmäßig auf einen gemeinsamen, entsprechend geformten Grundrahmen montiert. Die an den Auflageflächen der Generatorfüße und an dem Wellenstumpf haftenden Korrosionsschutzmittel sind vor der Montage sorgfältig zu entfernen. Der Wellenstumpf ist mit einem dünnen Ölfilm zu versehen. Die generatorseitige Kupplungshälfte muß mit einer Vorrichtung auf den Wellenstumpf aufgezogen werden.

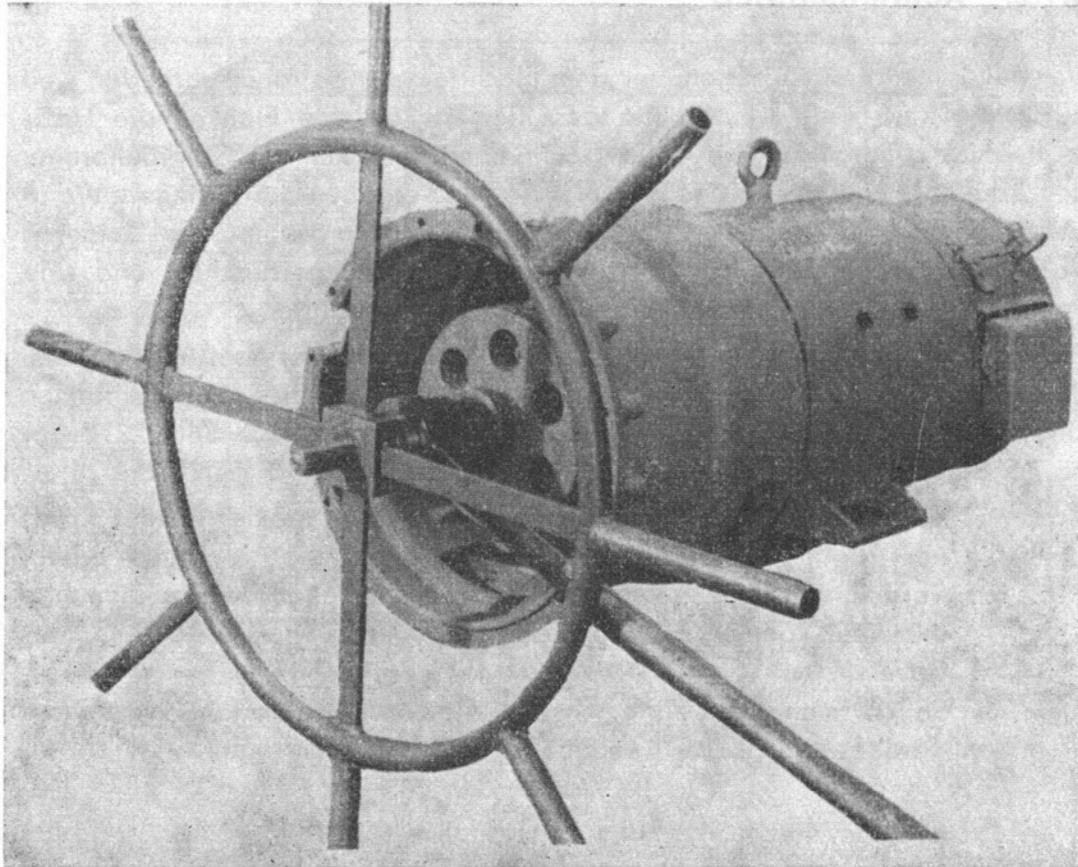


Abb. 31 Aufziehen der Kupplungshälfte

Nach dem Aufsetzen der beiden Maschinen auf den Grundrahmen müssen die Kupplungshälften gegeneinander ausgerichtet werden. Der Abstand zwischen den beiden Kupplungshälften muß am gesamten Umfang gleichgroß sein; er kann mit einem Spion überprüft werden. Außerdem müssen beide Kupplungshälften eine gemeinsame Mittellinie besitzen. Antriebsmaschine und Generator müssen gegeneinander ausgerichtet werden. Die Wellenhöhe der Antriebsmaschine soll, wie im Abschnitt 4 erwähnt, um 1 bis 2 mm höher liegen. Durch Unterlegen von dünnen Blechstreifen unter die Generatorfüße kann man dann den Generator so weit anheben, daß sich die beiden Wellenmitten genau gegenüberstehen.

Kontrollieren kann man die Stellung mit zwei verstellbaren Meßspitzen, die an den Kupplungshälften befestigt werden. Die Anordnung ist in Abbildung 32 prinzipmäßig dargestellt.

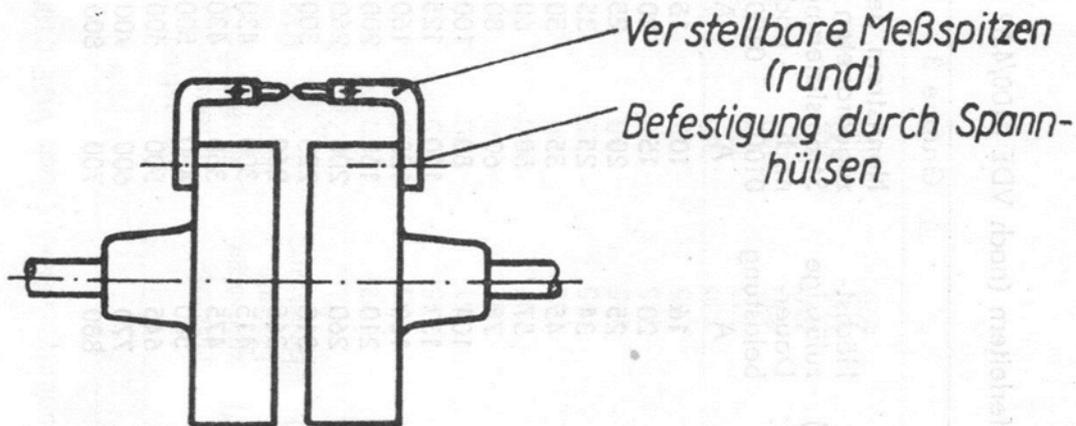


Abb. 32 Ausrichten der Kupplungshälften

Bei einer Umdrehung der beiden Wellen müssen die Meßspitzen in allen Punkten den gleichen axialen und radialen Abstand haben. Die Genauigkeit beim Ausrichten der beiden Kupplungshälften soll 0,05–0,10 mm betragen.

## 7. Installation, Anschlüsse und Schutzmaßnahmen

### 7.1. Installation und Anschlüsse

Die elektrische Leistung des Generators wird durch Kabel den Stromverbrauchern zugeführt.

Die Leiterquerschnitte werden entsprechend der Stromstärke festgelegt, damit keine unzulässig hohe Erwärmung eintreten kann.

Die Belastbarkeit und der Überlastungsschutz von isolierten Leitungen mit Kupferleitern sind nach VDE 0100/4.52 und 0100 Ü/1.54 und mit Aluminiumleitern nach VDE 0100/4.52 und 0100 Ü/4.52 festgelegt (siehe Tabellen auf Seite 53 und 54). Aus Sicherheitsgründen sind gegen Überstrom ein Schutzschalter oder Sicherungen vorzusehen. Werden Schutzschalter verwendet, dann muß die elektrothermische Auslösung auf den Generator-Nennstrom abgestimmt sein. Die elektrothermische Auslösung muß etwa bei dem 2 $\frac{1}{2}$ -fachen Nennstrom ansprechen.

Tabelle 2 Belastbarkeit und Überlastungsschutz isolierter Leitungen mit Kupferleitern (nach VDE 0100/4.52 und 0100 Ü/1.54)

Kupfer- querschnitt mm <sup>2</sup>	⊥ Gruppe 1		⊥ Gruppe 2		∥ Gruppe 3	
	Höchst- zulässige Dauer- belastung A	Nennstrom der zugeordneten Stromsicherung *) nach 0100 Ü	Höchst- zulässige Dauer- belastung A	Nennstrom der zugeordneten Stromsicherung *) nach 0100 Ü	Höchst- zulässige Dauer- belastung A	Nennstrom der zugeordneten Stromsicherung *) nach 0100 Ü
	A	A	A	A	A	A
0,75	-	-	13	10	16	10
1	12	6	16	10	20	15
1,5	16	10	20	15	25	20
2,5	21	15	27	20	34	25
4	27	20	36	25	45	35
6	35	25	47	35	57	50
10	48	35	65	50	78	60
16	65	50	87	60	104	80
25	88	60	115	80	137	100
35	110	80	143	100	168	125
50	140	100	178	125	210	160
70	-	-	220	160	260	200
95	-	-	265	200	310	260
120	-	-	310	225	365	300
150	-	-	355	260	415	300
185	-	-	405	300	475	430
240	-	-	480	350	560	500
300	-	-	555	430	645	600
400	-	-	-	-	770	700
500	-	-	-	-	880	800

\*) Als zugeordnete Stromsicherungen sind Leitungsschutzsicherungen (VDE 0610 und 0635) Leitungsschutzschalter (VDE 0641) zu verstehen.

Tabelle 3 Belastbarkeit und Überlastungsschutz isolierter Leitungen mit Aluminiumleitern (nach VDE 0100/4.52 und 0100 Ü/4.52)

Aluminium- querschnitt mm <sup>2</sup>	┌ Gruppe 1		└ Gruppe 2		└ Gruppe 3	
	Höchst- zulässige Dauer- belastung		Höchst- zulässige Dauer- belastung		Höchst- zulässige Dauer- belastung	
	A	0100 Ü	A	0100 Ü	A	0100 Ü
2,5	16	10	21	15	27	20
4	21	15	29	20	35	25
6	27	20	37	25	45	35
10	38	25	51	35	61	50
16	51	35	68	50	82	60
25	69	50	90	60	107	80
35	86	60	112	80	132	100
50	110	80	140	100	165	125
70	—	100	173	125	205	160
95	—	—	210	160	245	200
120	—	—	245	200	285	225
150	—	—	280	225	330	260
185	—	—	320	260	375	300
240	—	—	380	300	440	350
300	—	—	435	350	510	430
400	—	—	—	430*	605	—
500	—	—	—	—	690	—

\*) Als zugeordnete Stromsicherungen sind Leitungsschutzsicherungen (VDE 0610 und 0635) und Leitungsschutzschalter (VDE 0641) zu verstehen.

An den Kabelenden werden Kabelschuhe angelötet, die an die jeweiligen Anschlußbolzen des Klemmenbrettes anzuklemmen sind. Zur Einstellung der Klemmenspannung des Generators zwischen warmer und kalter Maschine wird zwischen den Klemmen A und C bei Rechtslauf und zwischen B und C bei Linkslauf ein Einstellwiderstand angeklemt. Die Drehrichtung ist in Blickrichtung auf den Antriebswellenstumpf des Generators festgelegt.

Der Querschnitt des Zuleitungskabels zum Einstellwiderstand wird nach der Stärke des Erregerstromes festgelegt. Die Werte für den jeweils zu wählenden Einstellwiderstand sind in den technischen Daten angegeben.

Die Schaltung des jeweiligen Generators ist aus den Schaltbildern Abb. 26 bis 28 ersichtlich.

Zur Kontrolle der elektrischen Werte des Generators ist es zweckmäßig, folgende Meßinstrumente vorzusehen:

- 3 Amperemeter zur Messung der Phasenströme  
bei Drehstrom (bei Einphasenwechselstrom 1 Amperemeter)
- 1 Voltmeter zur Spannungsmessung und
- 1 Frequenzmesser

Die Meßinstrumente werden am besten mit dem Einstellwiderstand und dem Schutzschalter oder den Sicherungen auf einer Schalttafel montiert.

Für die Installation der Drehstromgeneratoren kann die Schaltung nach Abbildung 33 vorgenommen werden.

An den Drehstromgenerator können jeweils zwischen Phase und Null einphasige Verbraucher angeschlossen werden. Dabei ist darauf zu achten, daß die 3 Phasen symmetrisch belastet werden.

## **7.2. Schutzmaßnahmen gegen evtl. zu hohe Berührungsspannung**

Die elektrische Anlage, die von dem Generator gespeist werden soll, muß gegen zu hohe Berührungsspannung entsprechend den Vorschriften des VDE 0140 gesichert sein. Dadurch wird verhindert, daß Personen bei Schäden an der elektrischen Anlage gefährdet werden.

Der Generator besitzt zwei Erdungsschrauben; eine ist am Klemmenbrett, die andere an einem Generatorfuß vorgesehen. Die Erdungsschrauben sind mit dem Schutzzeichen nach DIN 40011 (Abb. 34) gekennzeichnet.

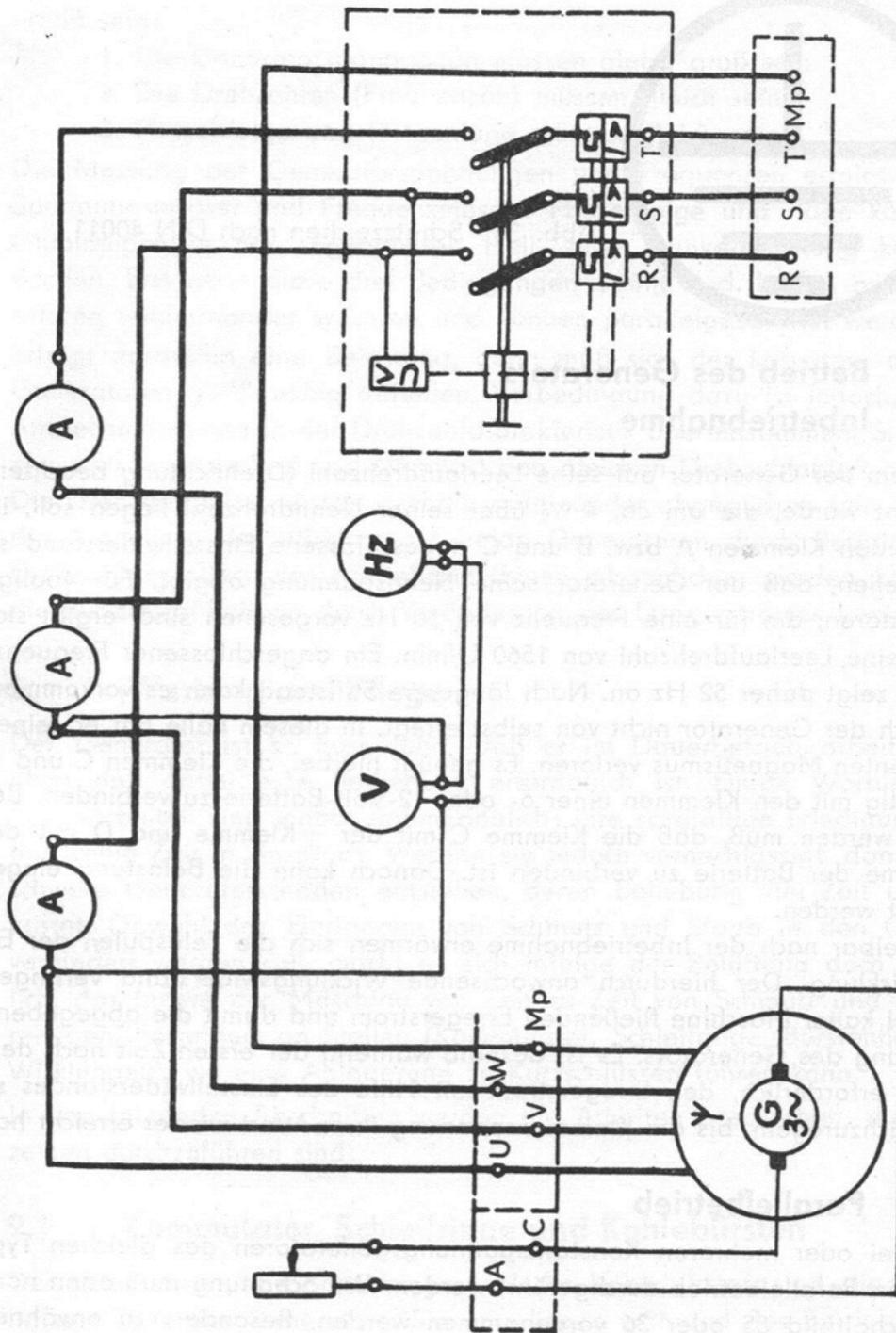


Abb. 33 Anschluß-Schaltplan



Abb. 34 Schutzzeichen nach DIN 40011

## **8. Betrieb des Generators**

### **8.1. Inbetriebnahme**

Nachdem der Generator auf seine Leerlaufdrehzahl (Drehrichtung beachten) gebracht wurde, die um ca. 4 % über seiner Nenndrehzahl liegen soll, ist der an den Klemmen A bzw. B und C angeschlossene Einstellwiderstand so einzustellen, daß der Generator seine Nennspannung abgibt. Für 4polige Generatoren, die für eine Frequenz von 50 Hz vorgesehen sind, ergibt sich dabei eine Leerlaufdrehzahl von 1560 U/min. Ein angeschlossener Frequenzmesser zeigt daher 52 Hz an. Nach längerem Stillstand kann es vorkommen, daß sich der Generator nicht von selbst erregt. In diesem Falle hat er seinen remanenten Magnetismus verloren. Es genügt hierbei, die Klemmen C und D kurzzeitig mit den Klemmen einer 6- oder 12-Volt-Batterie zu verbinden. Beachtet werden muß, daß die Klemme C mit der +Klemme und D mit der -Klemme der Batterie zu verbinden ist. Danach kann die Belastung eingeschaltet werden.

Unmittelbar nach der Inbetriebnahme erwärmen sich die Feldspulen der Erregerwicklung. Der hierdurch anwachsende Wicklungswiderstand verringert den bei kalter Maschine fließenden Erregerstrom und damit die abgegebene Spannung des Generators. Es ist deshalb während der ersten Zeit nach dem Anlauf erforderlich, den Erregerstrom mit Hilfe des Einstellwiderstandes so weit nachzuregeln, bis die Klemmenspannung ihren Wert wieder erreicht hat.

### **8.2. Parallelbetrieb**

Mit zwei oder mehreren Konstantspannungsgeneratoren des gleichen Typs kann ein Parallelbetrieb durchgeführt werden. Die Schaltung muß dann nach dem Schaltbild 35 oder 36 vorgenommen werden. Besonders zu erwähnen ist hierbei, daß die Felder beider Maschinen durch Ausgleichsleitungen parallelgeschaltet werden müssen. Ohne diese Ausgleichsleitungen ist ein Parallelbetrieb nicht möglich.

Vor dem Parallelschalten beider Generatoren müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Die Generatorspannungen müssen gleich groß sein.
2. Die Drehzahlen (Frequenzen) müssen gleich sein.
3. Phasenfolge und Phasenlage müssen gleich sein.

Die Messung der Generatorspannungen und Frequenzen erfolgt mit dem Spannungsmesser und Frequenzmesser. Phasenfolge und -lage können mit Glühlampen in der sogenannten Hell- oder Dunkelschaltung kontrolliert werden. Erst wenn diese drei Bedingungen erfüllt sind, laufen beide Generatoren untereinander synchron und können parallelgeschaltet werden.

Erfolgt daraufhin eine Belastung, dann muß sich der Laststrom auf beide Generatoren gleichmäßig aufteilen. Vorbedingung dazu ist jedoch, daß die Antriebsmaschinen in der Drehzahlcharakteristik übereinstimmen. Sie müssen also zwischen Leerlauf und Nennlast den gleichen Drehzahlabfall aufweisen. Die Drehzahlregler müssen deshalb aufeinander abgeglichen sein. Während die Aufteilung der Wirklast auf beide Generatoren durch Betätigung des Drehzahlverstellers der Antriebsmaschinen abgeglichen werden kann, wird die Blindlastaufteilung durch Veränderung des Erregerstromes beeinflusst.

## **9. Wartung und Pflege**

Der Generator ist so ausgeführt, daß er im Dauerbetrieb arbeiten kann, ohne daß dabei eine Bedienung erforderlich ist. Einige Wartungs- und Pflegearbeiten sind jedoch unumgänglich; ihre sorgfältige Erledigung nimmt nur wenig Zeit in Anspruch. Werden sie jedoch vernachlässigt, dann können schwere Generatorschäden entstehen, deren Behebung viel Zeit und Geld kostet. Obwohl das Eindringen von Schmutz und Staub in den Generator verhindert werden soll, macht es sich infolge der Belüftung doch erforderlich, das Innere der Maschine von Zeit zu Zeit von Schmutz und Staub zu reinigen, besonders an Stellen (Kommutator, Schleifringe, Bürstenhalter und Wicklungen), wo eine Ablagerung zu Kurzschlüssen führen kann.

In den folgenden Abschnitten werden die Arbeiten besprochen, die im einzelnen durchzuführen sind:

### **9.1. Kommutator, Schleifringe und Kohlebürsten**

Der Kommutator, die Schleifringe und die Kohlebürsten sind die empfindlichsten Teile des Generators. Sie unterliegen während des Betriebes einem natürlichen Verschleiß und müssen deshalb besonders sorgfältig gewartet werden.

**Vor allem dürfen Öl und Fett nicht mit ihnen in Berührung kommen!**

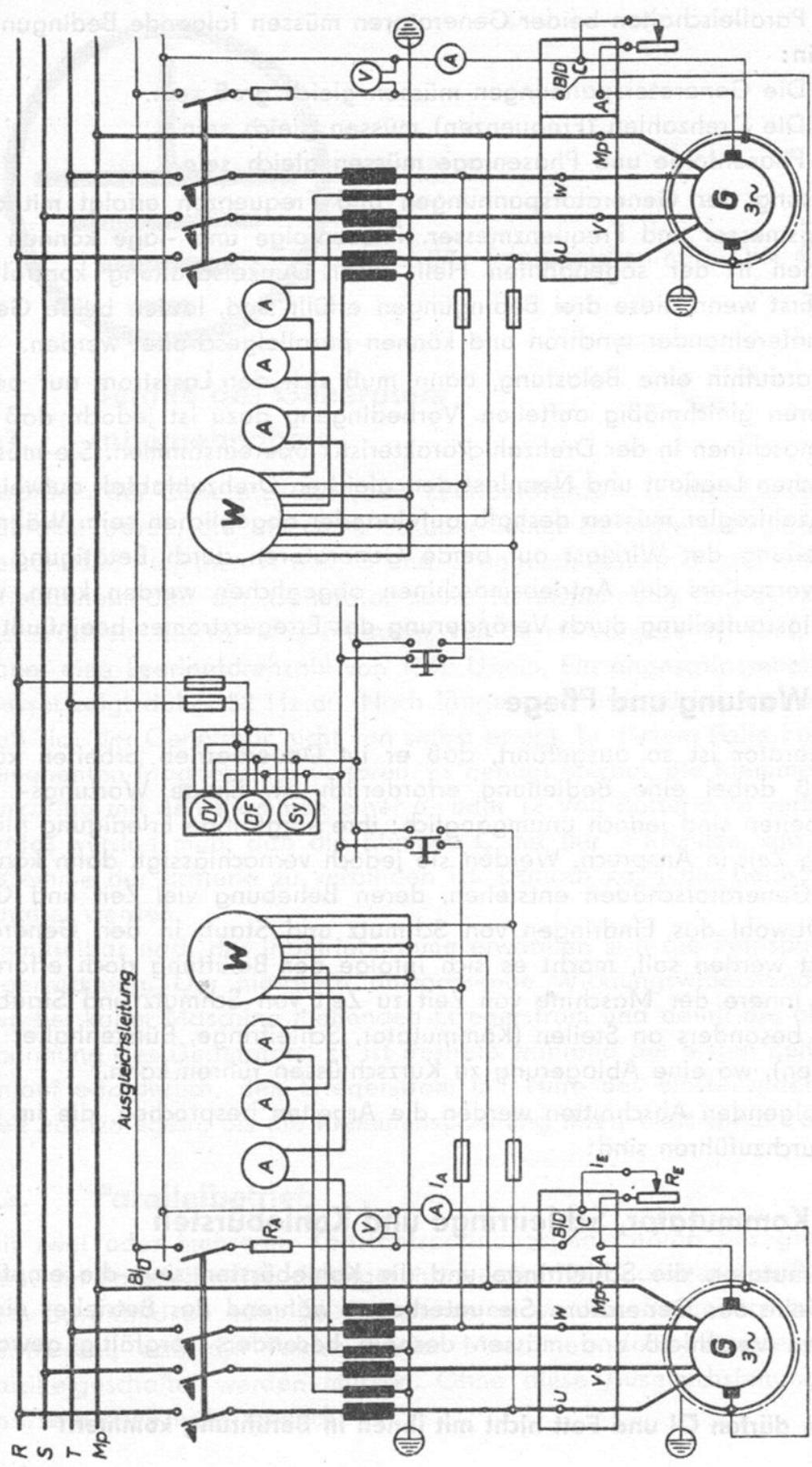


Abb. 35 Parallelschaltung von 2 Fimag-Außenpol-Konstantspannungs-Generatoren gleichen Typs

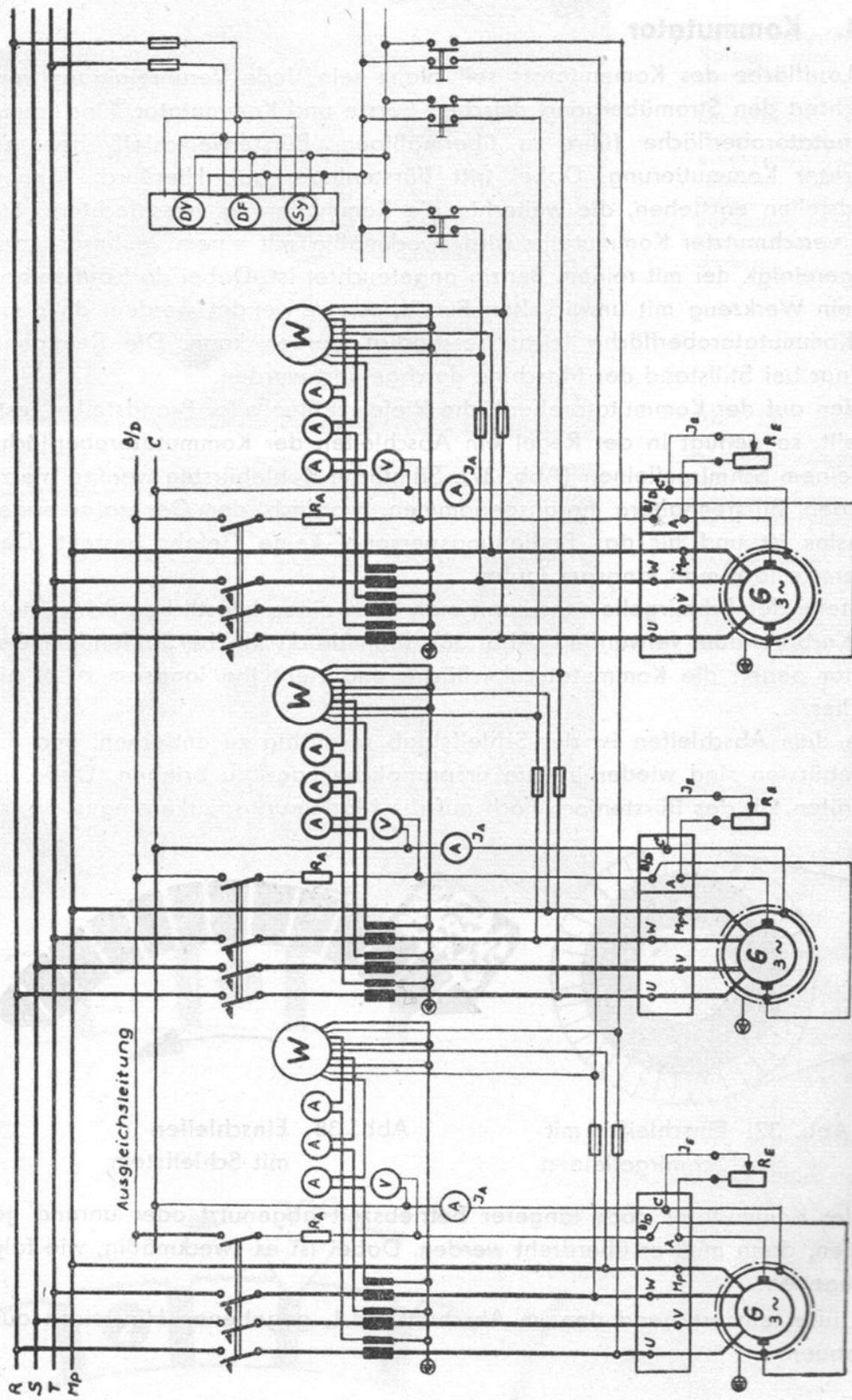


Abb. 36 Parallelschaltung von 3 Fimag-Außenpol-Konstantspannungs-Generatoren gleichen Typs

### 9.1.1. Kommutator

Die Lauffläche des Kommutators soll blank sein. Jede Verunreinigung verschlechtert den Stromübergang zwischen Bürste und Kommutator. Eine raue Kommutatoroberfläche führt zu übermäßigem Bürstenverschleiß bzw. zu schlechter Kommutierung. Dabei tritt Bürstenfeuer auf. Hierdurch können Brandstellen entstehen, die weiterhin die Kommutierung verschlechtern. Ein stark verschmutzter Kommutator wird zweckmäßig mit einem sauberen Lappen gereinigt, der mit reinem Benzin angefeuchtet ist. Dabei darf auf keinen Fall ein Werkzeug mit umwickelten Putzlappen verwendet werden, da dann die Kommutatoroberfläche leicht beschädigt werden kann. Die Reinigung darf nur bei Stillstand der Maschine durchgeführt werden.

Werden auf der Kommutatoroberfläche Riefen, Rillen oder Brandstellen festgestellt, so genügt in der Regel ein Abschleifen der Kommutatoroberfläche mit feinem Schmirgelleinen (Abb. 37). Sämtliche Kohlebürsten werden hierzu aus den Bürstenhaltern herausgenommen, wodurch der Generator spannungslos ist und für das Bedienungspersonal keine Gefahr besteht. Den Generator läßt man langsam laufen.

An Stelle des Schmirgelleinens kann man auch einen künstlichen Schleifstein aus Karborundum verwenden (Abb. 38). Man drückt ihn bei laufendem Generator gegen die Kommutatoroberfläche und zieht ihn langsam axial hin und her.

Nach dem Abschleifen ist der Schleifstaub sorgfältig zu entfernen, und die Kohlebürsten sind wieder in ihre ursprüngliche Lage zu bringen. Dabei ist zu prüfen, ob das Bürstenjoch noch auf die Markierungsmarke eingestellt ist.

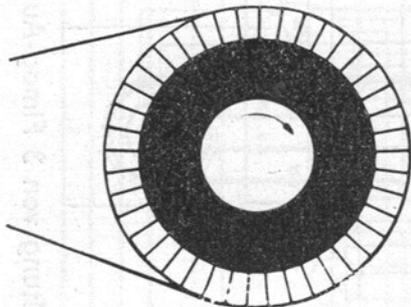


Abb. 37 Einschleifen mit Schmirgelleinen

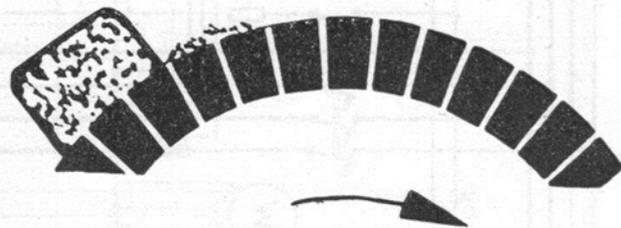
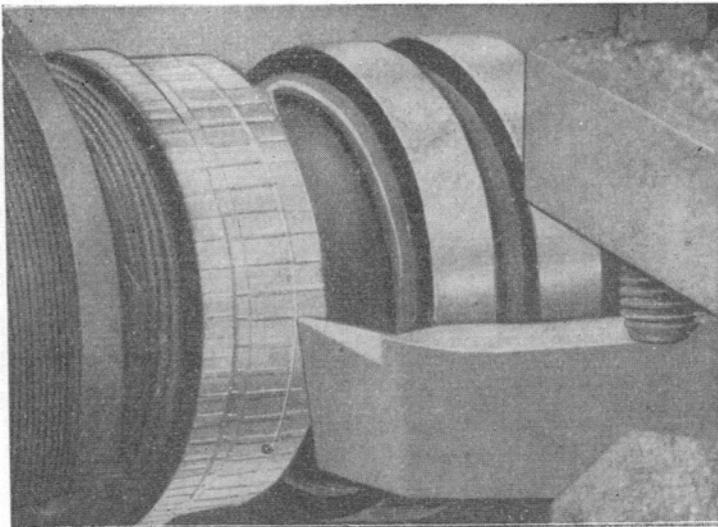


Abb. 38 Einschleifen mit Schleifstein

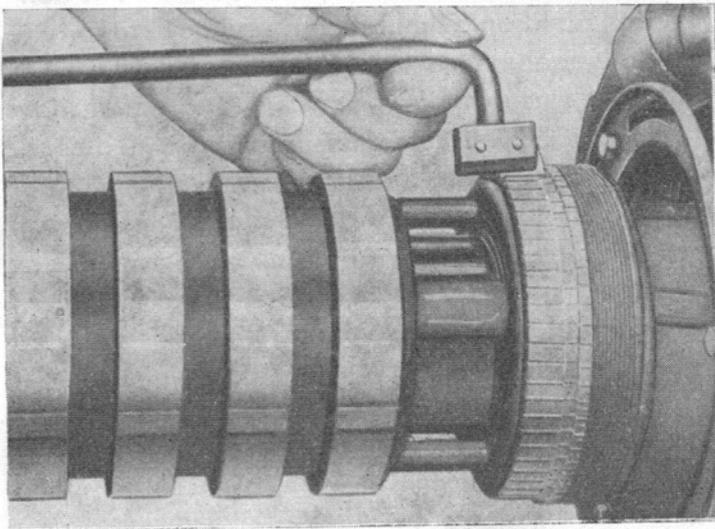
Ist der Kommutator nach längerer Betriebszeit abgenutzt oder unrund geworden, dann muß er überdreht werden. Dabei ist es zweckmäßig, wie folgt vorzugehen:

1. Läufer entsprechend den im Abschnitt 9.4.1. gegebenen Hinweisen ausbauen.



2. Läufer zwischen den Spitzen einer Drehmaschine in die an den Stirnseiten der Läuferwelle befindlichen Zentrierungen einspannen und Läuferwelle durch Mitnehmer mit dem Drehbankfutter verbinden. Kommutator überdrehen.

Abb. 39

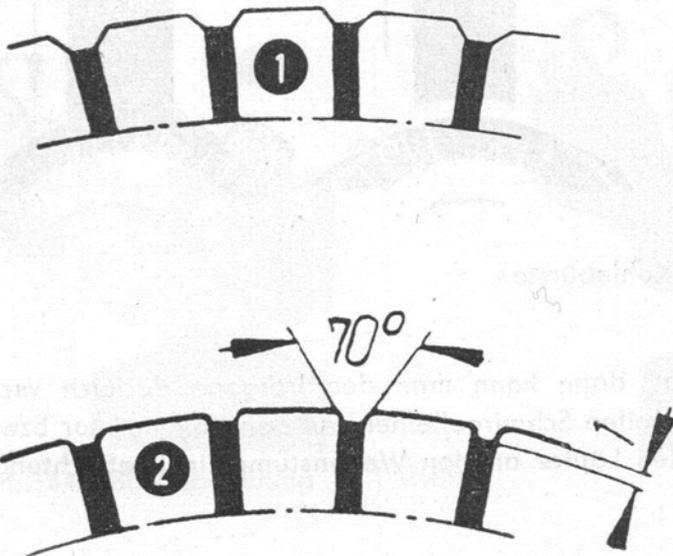


3. Isolation zwischen den Kupferlamellen 1 mm tief auskratzen. Dazu verwendet man eine kleine auf Isolierlamellenbreite zugeschliffene Metallsäge. Die Isolation steht nach dem Überdrehen bzw. nach dem Abschmirlen vor. Sie kann aber auch nach längerer Betriebszeit durch die Abnutzung des Kupfers hervortreten.

**Achtung!**

Oberfläche des Kommutators oder die Seitenflächen der Kupferlamellen nicht beschädigen.

Abb. 40



4. Entgraten der Kupferlamellen. Für das Entgraten der Kupferlamellenkanten verwendet man einen Abgrater, dessen Schneidkanten unter einem Winkel von  $70^\circ$  geschliffen sind. Steht solch ein Werkzeug nicht zur Verfügung, dann kann man sich mit einem Dreikantschaber oder einer Feile behelfen. Nur geringen Druck aufwenden, damit die Kanten nicht zu stark gebrochen werden.

Abb. 41

1 Falsch 2 Richtig

### 9.1.2. Schleifringe

Für die Schleifringe gilt in bezug auf Wartung sinngemäß das gleiche, was für den Kommutator zutrifft.

### 9.1.3. Kohlebürsten

Die Bürsten unterliegen während des Betriebes einem natürlichen Verschleiß. Es ist deshalb zweckmäßig, den Grad der Abnutzung bei Dauerbetrieb wöchentlich zu kontrollieren. Zu stark abgenutzte Bürsten gefährden die Laufflächen des Kommutators und der Schleifringe und damit die Einsatzbereitschaft des Generators. Sie sind deshalb rechtzeitig gegen neue Kohlebürsten auszuwechseln. Bei Ersatz ist jedoch darauf zu achten, daß Bürsten mit denselben Abmessungen und in der gleichen Qualität verwendet werden, wie die in den Technischen Daten angegebenen. Neue Kohlebürsten sind nach dem Einsetzen in die Bürstenhalter einzuschleifen, d. h. sie sind genau dem Umfang des Kommutators bzw. des Schleifringes anzupassen. Um dies zu erreichen, legt man dünnes Schmirgelleinen derart zwischen Kommutator bzw. Schleifring und Bürsten, daß die raue Seite der Bürste zugekehrt ist. Durch Hin- und Herziehen des Schmirgelleinen wird die durch die Feder des Bürstenhalters angedrückte Kohlebürste eingeschleift. Das Schmirgelleinen wird dabei straff um den Kommutatorumfang gespannt. Die Enden dürfen keinesfalls angehoben werden, da dadurch die Bürstenkanten abgerundet werden.

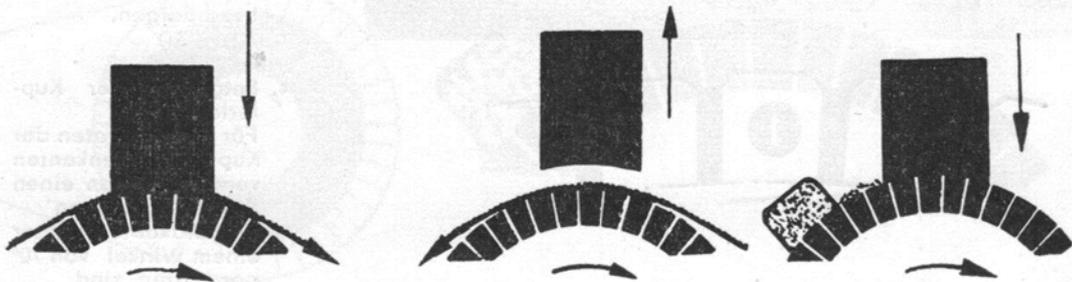


Abb. 42 Einschleifen der Kohlebürsten

Ist der Generator abgebaut, dann kann man den Vorgang dadurch vereinfachen, daß man einen Streifen Schmirgelleinen auf den Kommutator bzw. Schleifring aufwickelt und den Läufer an den Wellenstumpf in Drehrichtung des Generators dreht.

## 9.2. Bürstenhalter

Die Pflege der Bürstenhalter besteht in der Hauptsache darin, daß die Teile des Halters vor Verschmutzung bewahrt bleiben. Es ist deshalb erforderlich, die Bürstenhalter in gewissen Zeitabständen von dem Kohlestaub zu reinigen, der sich an den Halterkästen abgesetzt hat. Nur dann ist die Gewähr gegeben, daß sich die Bürsten im Halterkasten leicht bewegen können, so daß die Stromabnahme bzw. die Kommutierung einwandfrei verläuft.

Bei den Kommutator-Bürstenhaltern ist außerdem auf den richtigen Bürstendruck zu achten; er soll  $180\text{--}250\text{ p/cm}^2$  betragen. Ein zu geringer Bürstendruck macht sich durch das Feuern der Bürsten bemerkbar. Ist der Bürstendruck zu groß, so steigen der Verschleiß von Kommutator und Bürsten sowie die Erwärmung. Die Erwärmung kann so groß werden, daß die Litzen ausglühen und damit der Generator ausfällt. Um Störungen zu vermeiden, ist der Bürstendruck von Zeit zu Zeit mit einem Bürstendruckmesser zu kontrollieren. Zu diesem Zweck wird die Federschlaufe des Druckmessers dort unter dem Druckfinger eingehängt, wo er auf die Bürste drückt. Zieht man den Druckmesser in Gleitrichtung der Bürsten hoch, bis der Druckfinger gerade frei zu schweben beginnt, dann kann man den vorhandenen Druck an der Skala des Innenteils ablesen. Der Bürstendruck kann mit Hilfe des

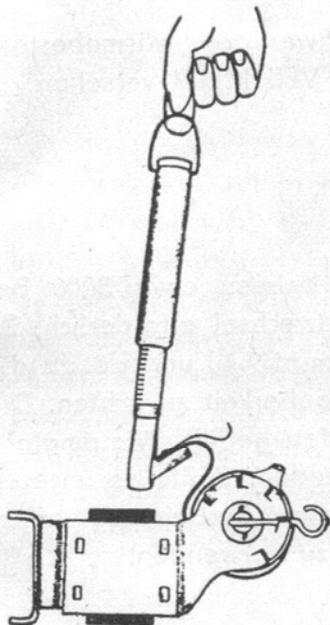


Abb. 43 Prüfen des Bürstendrucks

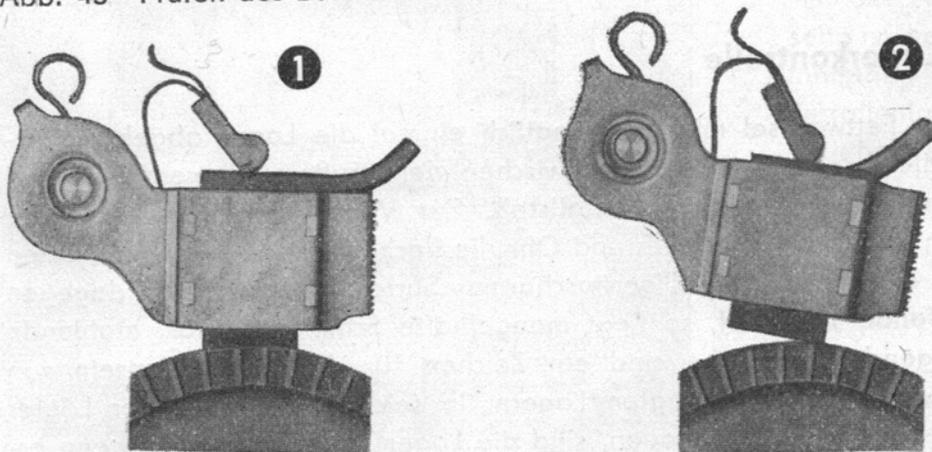


Abb. 44 Bürstenstellung 1 Richtig

2 Falsch

Stellhebels in den Grenzen von 160–260 p/cm<sup>2</sup> eingestellt werden. Es ist darauf zu achten, daß die Bürstenhalter mit den Bürsten senkrecht zur Kommutatoroberfläche stehen und die Bürsten vollkommen auf dem Kommutator aufliegen.

### **9.3. Wälzlager**

Die Wälzlager, mit denen der Generator ausgestattet ist, bedürfen keiner besonderen Pflege. Dies schließt jedoch eine gewisse Wartung keinesfalls aus.

Bei der Montage werden die Lager mit dem hochwertigen, wärmebeständigen Wälzlagerfett „Ceritol M 28 T 4“ der Firma VEB Minol versehen.

#### **9.3.1. Fettwechsel**

Die Fettfüllung reicht bei normalen Betriebsverhältnissen etwa 3000 Betriebsstunden. Nach dieser Zeit macht sich ein Fettwechsel erforderlich. Zu diesem Zweck baut man den Läufer aus (siehe Abschnitt 9.4.) und wäscht die Lager mit Leichtbenzin aus. Dabei ist auf größte Sauberkeit zu achten. Die Lagergehäuse werden dann etwa  $\frac{1}{3}$  mit Wälzlagerfett gefüllt. Wir empfehlen, möglichst das Wälzlagerfett „Ceritol“ zu verwenden. Sollte es unseren ausländischen Kunden nicht möglich sein, das genannte Fett zu beschaffen, dann empfehlen wir, zumindest ein gleichwertiges zu verwenden.  
**Nie Staufferfett verwenden!**

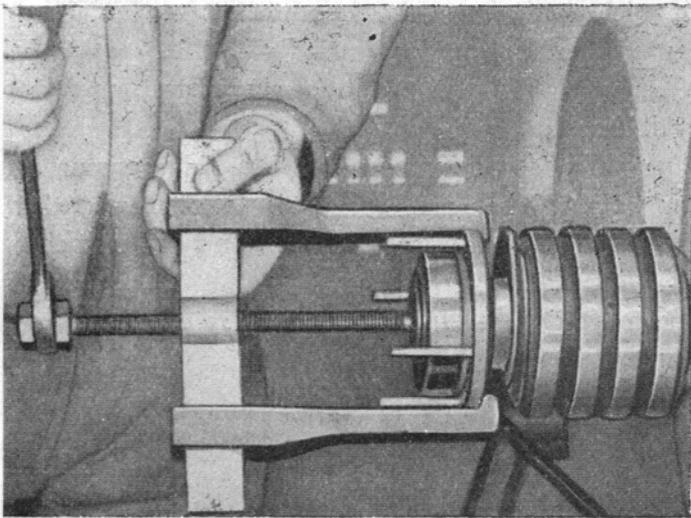
#### **9.3.2. Lagerkontrolle**

Außer dem Fettwechsel müssen monatlich einmal die Lager abgehört werden. Zu diesem Zweck hält man zwischen dem äußeren Lagerdeckel und einem Ohr einen länglichen Metallstab. Zur Verstärkung der Geräusche steckt man zwischen Metallstab und Ohr die flache Hand. Bei einwandfreien Lagern ist ein gleichmäßiges geräuscharmes Surren hörbar. Treten dagegen hohe pfeifende Töne auf, so liegt mangelhafte Schmierung vor; mahlende und schlagende Geräusche sind ein Zeichen für das Vorhandensein von Fremdkörpern oder beschädigten Lagern. In solchen Fällen ist der Läufer entsprechend 9.4.1. auszubauen, sind die Lager zu reinigen und, wenn erforderlich, die Lager auszutauschen.

### 9.3.3. Auswechseln der Wälzlager

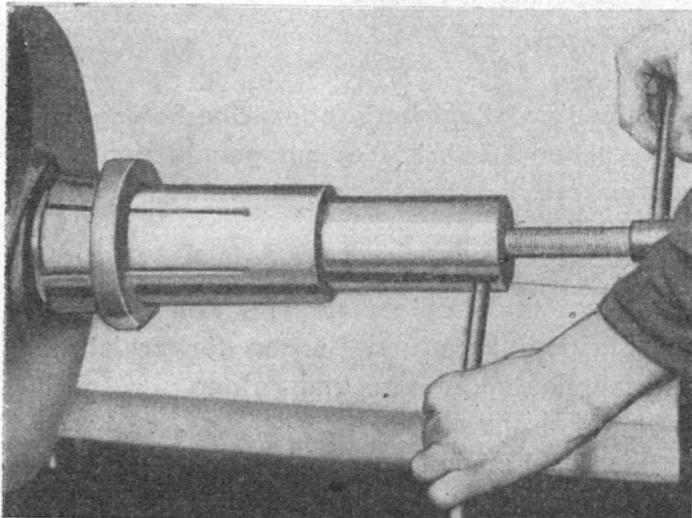
Lagerschäden treten an unseren Generatoren nur selten auf. Die Wälzlager sind reichlich dimensioniert und aus hochwertigem Material hergestellt. Schäden können deshalb nur durch mangelhafte Schmierung oder Unachtsamkeit beim Fettwechsel, bei dem dann Fremdkörper in das Lager eindringen können, hervorgerufen werden. Der Lagerwechsel muß sehr sorgfältig durchgeführt werden. Im einzelnen ist wie folgt vorzugehen:

1. Läufer entsprechend den im Abschnitt 9.4.1. gegebenen Hinweisen ausbauen.



2. Abziehvorrichtung entsprechend Abbildung 45 ansetzen und Rillenkugellager einschließlich innerem Lagerdeckel durch Drehen der Spindel abziehen.

Abb. 45



3. Auf der Antriebsseite ist lediglich der Innenring des Zylinderrollenlagers abzuziehen (Abb. 46). Dazu ist:

Abb. 46

- a) die Hülse auf den Ring aufzusetzen,
- b) der Preßring auf die Hülse aufzuziehen,
- c) der Arretierhebel festzuhalten und
- d) die Spindel hineinzudrehen.

Aus dem Lagergehäuse im antriebsseitigen Lagerschild ist der Außenring mit den Zylinderrollen herauszunehmen.

4. Vor dem Aufziehen der neuen Wälzlager sind das Rillenkugellager und der Innenring des Zylinderrollenlagers auf ca. 80 °C zu erwärmen. Das Erwärmen kann in einem Ölbad (sauberes Öl, sauberes Gefäß) durch Warmluft, durch Induktionserwärmung oder auf einer elektrischen Heizplatte erfolgen. Beim Aufziehen des Lagers und des Innenringes ist darauf zu achten, daß sie nicht verkantet oder beschädigt werden. Nach dem Erkalten sitzen Lager und Innenring fest auf der Welle.

Die Lager werden wie im Abschnitt 9.3.1. beschrieben eingefettet, und der Läufer kann wieder eingebaut werden.

Nach der Wiederinbetriebnahme des Generators ist die Temperatur zu messen. Die Temperatur kann bei 80 °C liegen. Steigt sie jedoch wesentlich höher an, dann sind die äußeren Lagerdeckel abzunehmen und die Ursachen für die zu starke Erwärmung zu suchen.

Eine zu starke Erwärmung kann folgende Ursachen haben:

1. Die Lager sind verkantet.
2. Die Lager sind bei der Montage beschädigt worden.
3. Der Schmierstoff enthält Fremdkörper oder
4. Es wurde zuviel Lagerfett verwendet.

Wird die Ursache nicht gefunden, dann ist es zweckmäßig, sich mit einem Fachmann in Verbindung zu setzen.

## 9.4. Überholung des Generators

Soll der Generator zwecks Säuberung, Reparatur oder Überholung auseinandergebaut werden, so ist zu beachten, daß er nur gemäß den nachstehend aufgeführten Baugruppen auseinandergenommen werden kann:

1. Schleifringseitiges Lagerschild mit
  - a) Spannband und Klemmenkasten
  - b) Bürstenjoch mit Bürstenhaltern und Kohlebürsten für Kommutator
  - c) Bürstenhalterbolzen mit Bürstenhaltern und Bürsten für Schleifringe
2. Antriebsseitiges Lagerschild mit Polringgehäuse und Polring
3. Gehäuse mit Hauptpolen und Feldspulen
4. Läuferwelle mit Lüfternabe, Lüfter, Kommutator, Schleifringkörper, Wälzlager sowie mit Anker und Drehfeldstromwandlerläufer

Das Auseinandernehmen selbst muß mit größter Sorgfalt vorgenommen werden, damit Schäden an der Wicklung sowie an den Bürstenhaltern und Bürsten vermieden werden.

Bei der Demontage ist es zweckmäßig, wie folgt zu verfahren:

### 9.4.1. Demontage des Generators

1. Kupplungshälfte bzw. Riemenscheibe mit Vorrichtung vom Wellenstumpf des Generators abziehen. Das Abziehen darf keinesfalls durch Schlagen erfolgen, da dadurch die Welle oder die Lager beschädigt werden können.

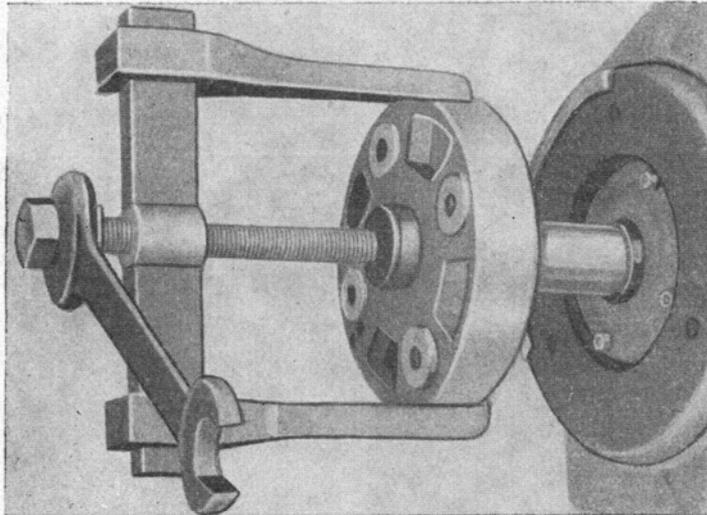


Abb. 47

2. Paßfeder vorsichtig mit Flachmeißel aus der Nut heben.

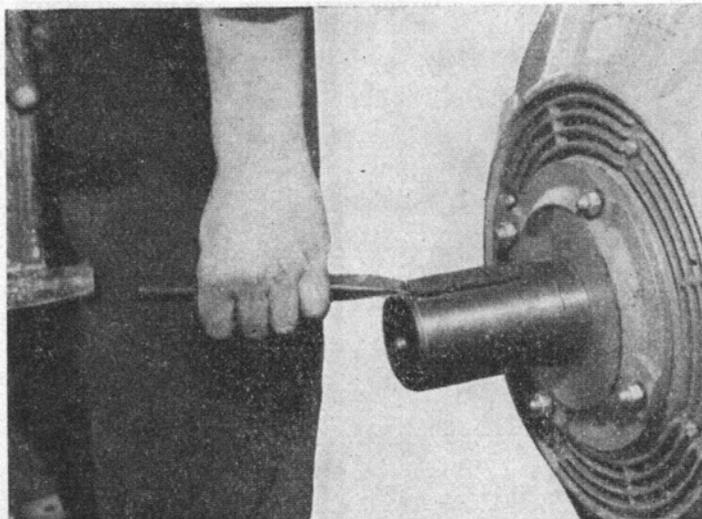
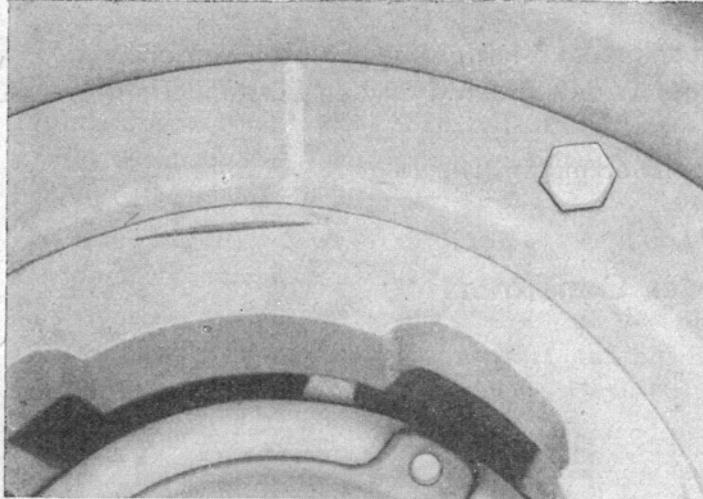
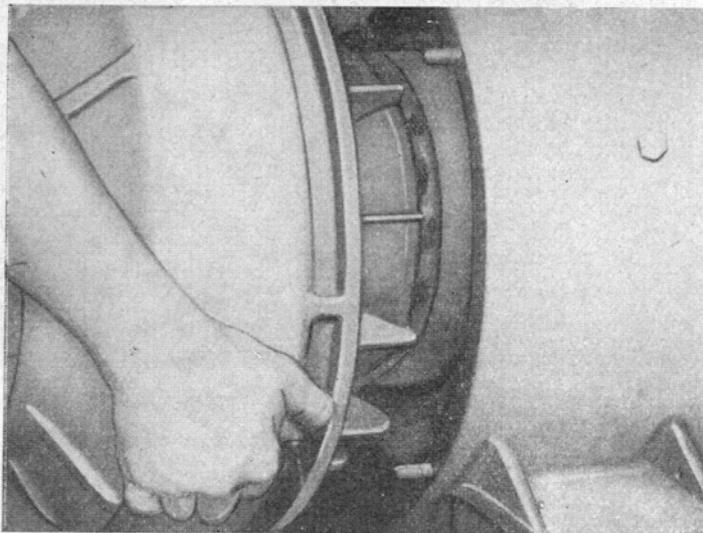


Abb. 48



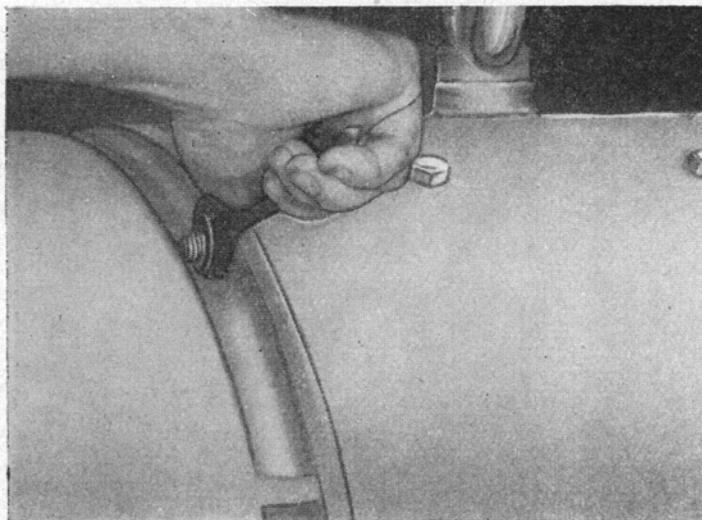
3. Muttern an den Stiftschrauben zur Befestigung des antriebsseitigen Lagerschildes am Gehäuse mit Maulschlüssel lösen.

Abb. 49



4. Antriebsseitiges Lagerschild vorsichtig abziehen. Das Abziehen des Lagerschildes kann durch leichte Schläge mit einem Gummihammer gegen den Bund unterstützt werden. Es darf jedoch keine Gewalt angewendet werden. Der äußere Lagerdeckel braucht dabei nicht abgenommen zu werden, da sich das Zylinderrollenlager bis auf den inneren Lagerring von der Welle abziehen läßt.

Abb. 50



5. **Achtung!** Das im Lagerschild befestigte Polringgehäuse mit Polring darf nicht abgeschraubt und nicht verstellt werden. Muß es aus irgendeinem Grunde doch entfernt werden, dann ist vorher seine Lage im Lagerschild zu kennzeichnen.

Abb. 51

6. Muttern an den Stiftschrauben zur Verbindung des inneren und äußeren Lagerdeckels am kommutatorseitigen Lager Schild entfernen.

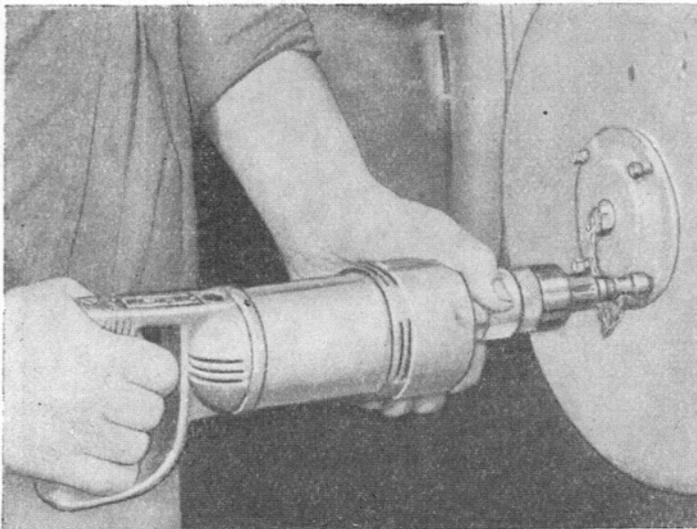


Abb. 52

7. Äußeren Lagerdeckel abnehmen.

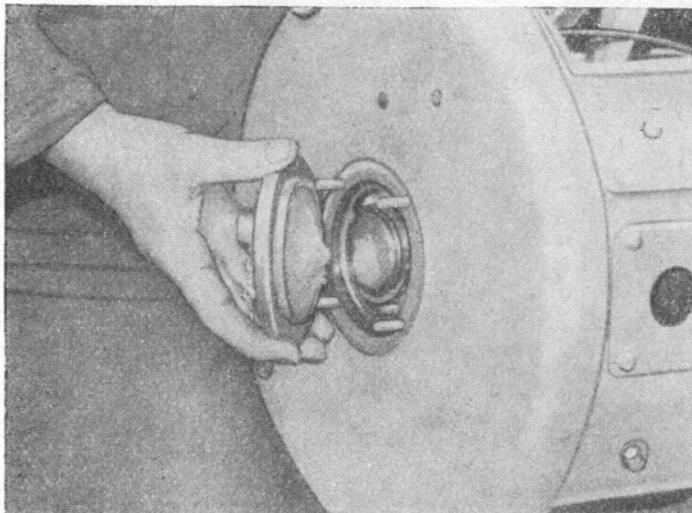


Abb. 53

8. Spannbandverschlüsse öffnen und Spannband abnehmen.

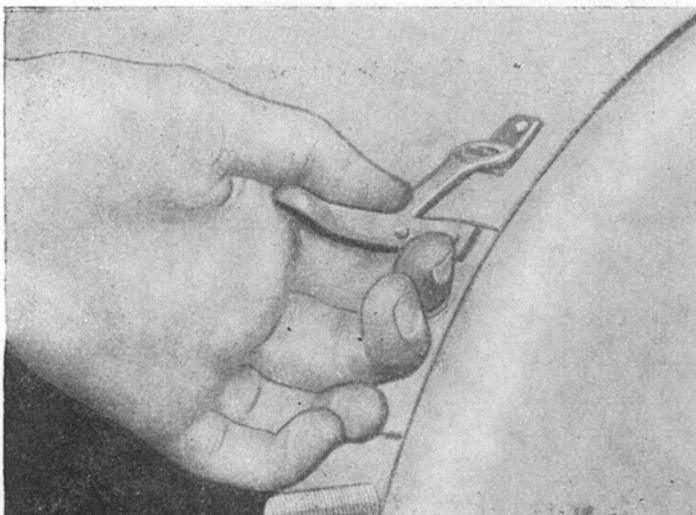
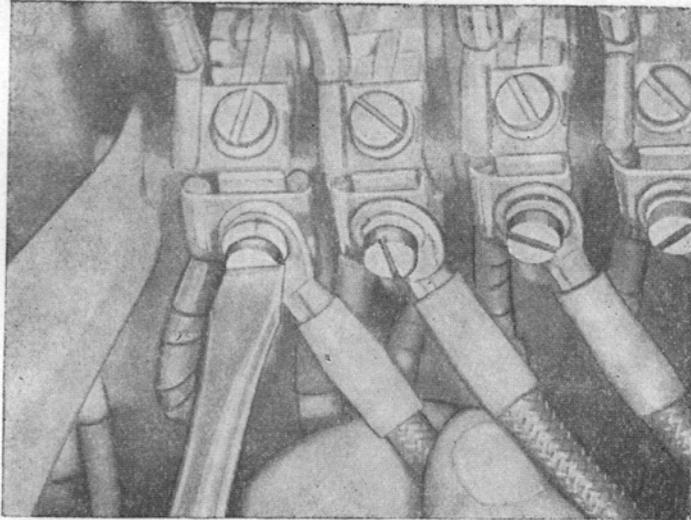
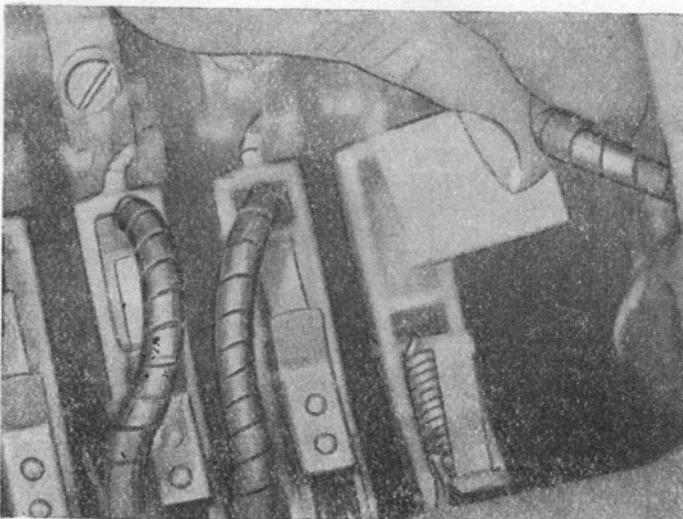


Abb. 54



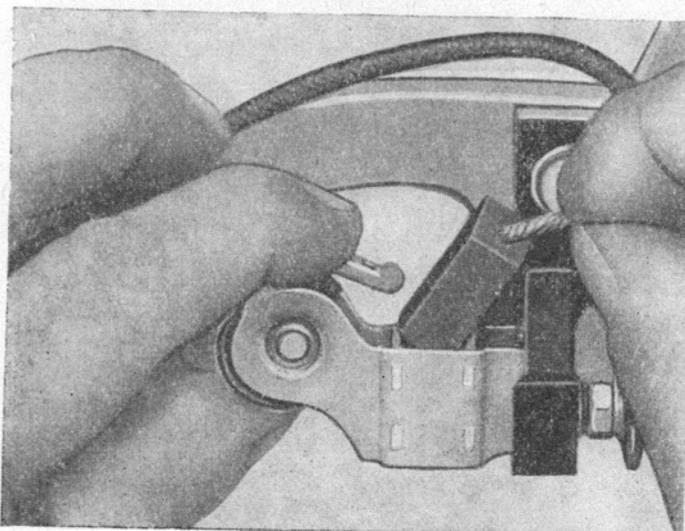
9. Kabelverbindung an den Schleifring-Bürstenhaltern lösen.

Abb. 55



10. Kohlebürsten für Schleifringe aus den Haltern herausnehmen.

Abb. 56

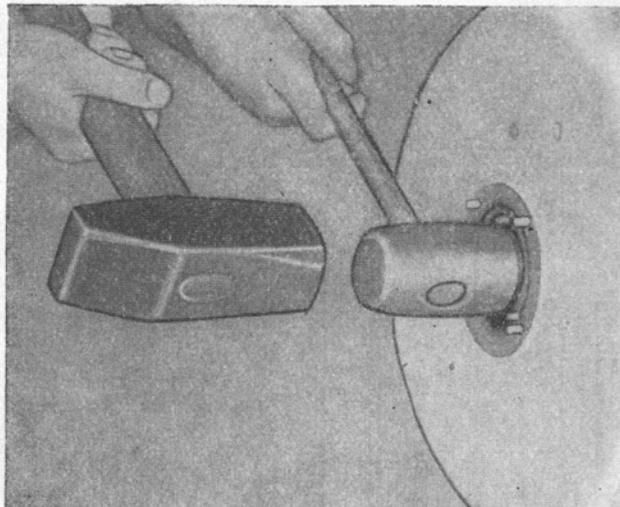


11. Kommutator-Bürsten aus den Haltern herausnehmen.

Abb. 57

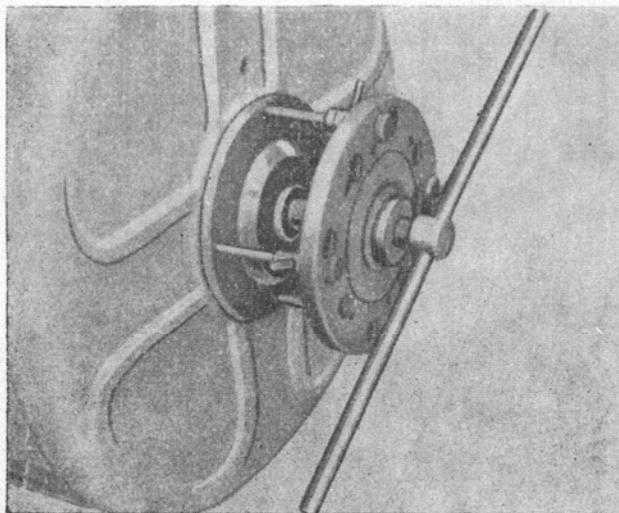
12. An der Stirnseite der Läuferwelle Gummihammer aufsetzen und Läufer so weit hinaustreiben, daß das Wälzlager nicht mehr im Lagergehäuse ruht.

Abb. 58



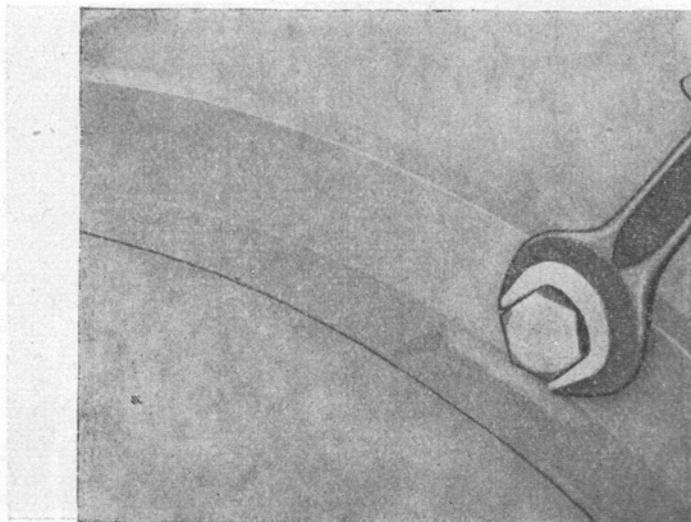
13. Bei größeren Generatoren löst der Läufer sich nicht heraus schlagen. Er muß bei diesen Maschinen durch eine Vorrichtung herausgedrückt werden.

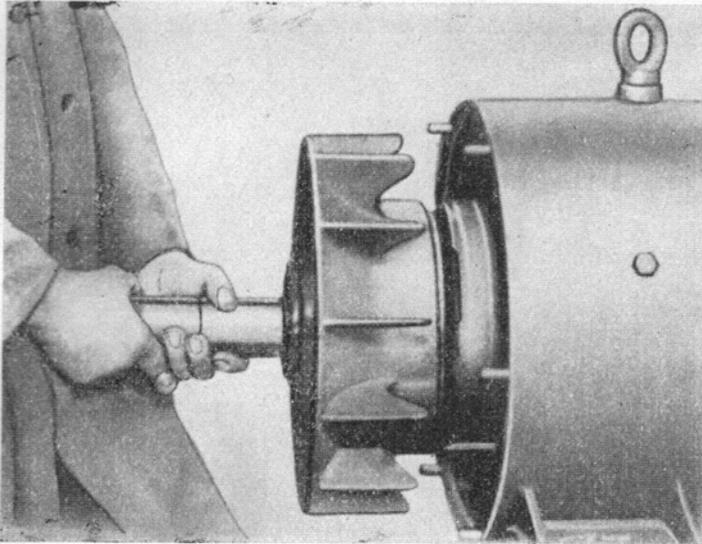
Abb. 59



14. Befestigungsschrauben zur Verbindung von Gehäuse und kommutatorseitigem Lagerschild lösen. Lagerschild abnehmen.

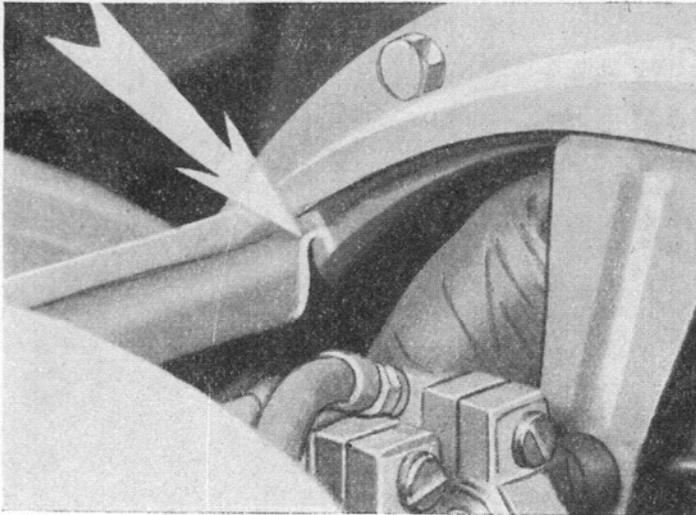
Abb. 60





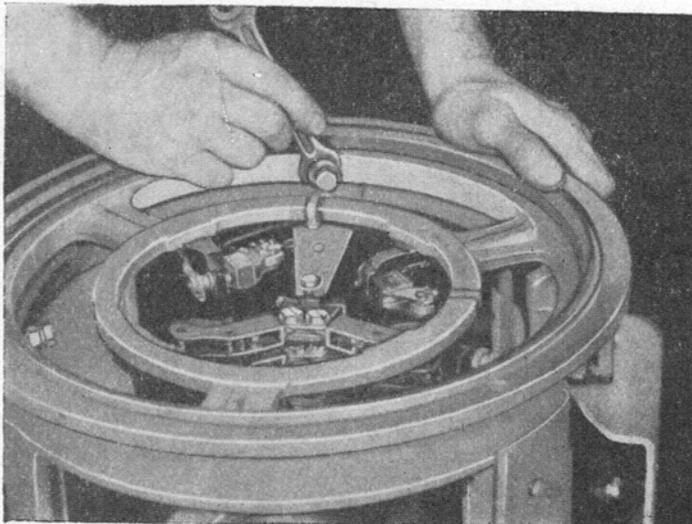
15. Läufer nach der Antriebsseite hin aus dem Gehäuse heben. Der Läufer kann auch ohne Abbau des kommutatorseitigen Lagerschildes herausgenommen werden, dabei sind die unter 7-9 und 11 sowie 12 genannten Arbeiten durchzuführen.

Abb. 61



16. Soll das Bürstenjoch herausgenommen werden, so müssen die Zuleitungskabel von den Kommutatorbürstenhaltern gelöst werden. Außerdem muß die Stellung des Joches im Lagerschild markiert werden.

Abb. 62



17. Stiftschrauben lösen.

Abb. 63

18. Bürstenjoch herausnehmen.

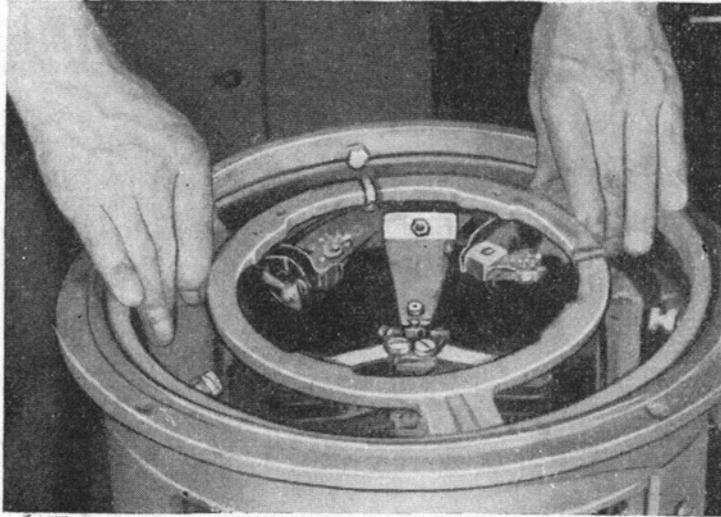


Abb. 64

#### 9.4.2. Montage

Die Montage des Generators erfolgt in umgekehrter Folge wie unter 9.4.1. beschrieben. Beim Einbau des Bürstenjoches muß darauf geachtet werden, daß die Markierungen übereinstimmen.

### 10. Betriebsstörungen und ihre Beseitigung

Der Generator ist in unserem Prüffeld einem mehrstündigen Probelauf unterzogen worden. Es besteht somit die Garantie, daß nur Generatoren in einwandfreiem Zustand das Werk verlassen. Störungen elektrischer Art sind jedoch nicht ausgeschlossen, wenn irgendwelche Transporteinwirkung oder fremder Eingriff vorliegt. Ebenso kann eine natürliche Abnutzung nach längerer Betriebsdauer die Ursache einer Betriebsstörung sein. Eine schnelle und sichere Feststellung der Ursache ist Vorbedingung für die sachgemäße Beseitigung der Störung.

Nachstehende Tabelle gibt Aufschluß über Ursache und Abhilfe der gegebenenfalls auftretenden Störungen:

## Störungstabelle

### 1. Der Generator gibt keine oder zu geringe Spannung ab

#### Ursache

- a) Remanenter Magnetismus fehlt.
- b) Schlecht oder nicht aufliegende Bürsten.
- c) Kabelverbindungen am Bürstenjoch oder an den Bürstenhaltern haben sich gelöst.
- d) Falsche Bürstenstellung am Kommutator.
- e) Zu geringe Antriebsdrehzahl.
- f) Drahtbruch innerhalb des Generators oder Windungsschluß.

#### Abhilfe

- Kabelzuführung zur Klemme C am Klemmenbrett lösen und mittels einer Gleichspannung (Batterie) an den Klemmen C und D das Feld kurzzeitig fremderregen (C am Pluspol der Batterie anklennen).
- Bürstenhalterfedern nachspannen, evtl. Bürsten gangbar machen, zu weit abgenutzte Bürsten erneuern.
- Zuleitungen und Anschlüsse prüfen, Befestigungsschrauben anziehen bzw. für einwandfreien Kontakt sorgen.
- Bürstenjoch ist auf den Markierungsstrich einzustellen.
- Drehzahl der Antriebsmaschine erhöhen, evtl. Drehzahlregler korrigieren.
- Wicklung muß erneuert werden.

### 2. Der Generator erwärmt sich zu stark

#### Ursache

- a) Der Generator ist überlastet.
- b) Windungsschluß im Anker.
- c) Die Kommutatorlamellen haben Schluß.

#### Abhilfe

- Leistungsabnahme überprüfen, Belastung evtl. herabsetzen. Anschlußkabel auf Kurzschluß überprüfen.
- Ankerwicklung muß erneuert werden.
- Zwischenräume der Lamellen überprüfen. Falls ein Lamellenschluß äußerlich nicht erkennbar, Kommutator erneuern.

### 3. Die Kohlebürsten feuern

## Ursache

- a) Kohlebürsten sind schlecht eingeschliffen.
- b) Bürstendruck ist zu gering.
- c) Kommutator ist verschmutzt, rau und unrund.
- d) Falsche Bürstenstellung am Kommutator.
- e) Kommutatorlamellen haben Schluß.
- f) Bürsten klemmen im Halter

## Abhilfe

- Neu einschleifen.
- Federn an den Bürstenhaltern nachspannen. Abgenutzte Bürsten erneuern.
- Kommutator säubern, abschleifen bzw. überdrehen. Lamellenzwischenräume auskratzen.
- Bürstenjoch auf Markierungsstrich einstellen.  
(wie Punkt 2 c)
- Bürsten gangbar machen.

... der ...

... die ...

... die ...

... die ...



Md 240-64 5000 IV-2-23 1712



FIMAG