

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

1

776

L. inw.

3842032

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297099

x
2023

Schaltungsbuch

für

elektrische Anlagen.

— ◆ —
Von

Prof. **W. Weiler.**

Mit 323 Abbildungen.

F. Nr. 24441



Leipzig.

Verlagsbuchhandlung von Moritz Schäfer.

1902.

X
2.023

Handwritten text, possibly a title or author name, appearing as a mirror image.

Handwritten text, possibly a title or author name, appearing as a mirror image.

1776



Handwritten numbers: 1776

Akc. Nr. 05/6764

Vorrede.

Bei Besprechung von des Verfassers „praktischem Elektriker“ hat Herr W. H. Uhland, Herausgeber des „praktischen Maschinen-Konstrukteurs“, die Aufnahme weiterer Schaltungen gewünscht, die in Lehrbüchern wenig behandelt werden und doch die Grundlagen für die Projektierung jeder elektrischen Anlage bilden. Dem Verleger des Buches hat hierauf Herr Uhland seine „Normalschaltungen“, die jedem Elektrotechniker bekannt sein müssen, und die ebenso wichtig sind, als die Kenntnis der Theorie von Dynamos, Meßinstrumenten und dergl., mitgeteilt und hinzugefügt, er würde es mit Freuden begrüßen, wenn die neueren Werke der elektrotechnischen Litteratur, vielleicht auf einigen Tafeln, die Zusammenstellung solcher Grundschaltungen darstellen würden.

Der Verfasser hatte dasselbe Bedürfnis gefühlt, konnte aber diese Schaltungen nicht in seinen „praktischen Elektriker“ einfügen, da hierdurch der Charakter des Buches zu sehr verändert worden wäre. Er hat sich daher entschlossen, diese Schaltungen auszuführen und zu erweitern. Während der Arbeit kamen ihm aber die im Maschinen-Konstrukteur gelösten Schaltungen zu; er konnte sie also wörtlich aufnehmen. Die weiter benützten Quellen des Verfassers sind am Schluß tabellarisch aufgeführt.

Den Einleitungskapiteln sind, als den grundlegenden, speciellere Erläuterungen beigegeben. Diese wurden aber im Verlauf immer mehr gekürzt, weil der Studierende allmählich lernen wird, vieles an den Abbildungen abzulesen.

Wiewohl der Verfasser weiß, daß manches Schaltungsgebiet in diesem Büchlein nicht berücksichtigt ist, so glaubt er doch hoffen zu dürfen, es werde den Praktikern vielfach gute Dienste leisten.

Eßlingen a. N.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

		Seite
1.	Schaltung: Begriff	1
2.	Arten der Schaltungen	1
3.	Ohmsches Gesetz	1
4.	Schaltung der galvanischen Elemente:	1
	a) Reihenschaltung	1
	b) Parallelschaltung	2
	c) Gemischte Schaltungen mit Zahlenbeispielen	2
	d) und e) Höchste Stromstärke	3
	f) Gegenschaltung	4
5.	Schaltung der Thermoelemente	4
6.	Schaltung der Bäder	4
	a) Reihenschaltung	4
	b) Parallelschaltung	5
	c) Gemischte Schaltung	5
	d) Galvanoplastische Anlage	5
	e) Galvanoplastische Anlage mit Anschluß an eine Centrale	5
7.	Regeln Kirchhoffs	7
	a) Erste Regel	7
	b) Zweite Regel	7
8.	Schaltung der Widerstände	7
	a) In Reihen	7
	b) Auf Menge	7
	c) Zwei Widerstände parallel mit Aufgabe	8
	d) Galvanometer-Nebenschluß	8
	e) Wheatstonesche Brücke	9
	f) Meterbrücke	9
	g) Methode von Matthiesen u. Höpfel	10
	h) Thomsonsche Brücke	10
	i) Thomsonsche Doppelbrücke	10
	k) Universalbrücke von Kohlrausch	11
	l) Berechnung des Widerstandes eines komplexen Stromkreises	12
9.	Schaltung der Kondensatoren	12
	a) Auf Menge	12
	b) Auf Spannung	12
	c) Vergleichung der Kondensatoren nach Sauty u. Thomson	13

	Seite
10. Schaltungen der Elektromagnetspulen	14
a) In Reihen	14
b) Parallel	14
11. Schaltung der Rheostatenspulen, Lampenbatterien	14
12. Differentialgalvanometer	14
a) Parallel	14
b) In Reihen	15
c) Nebenschluß	15
13. Ersatz- oder Substitutionsmethode	16
a) Galvanometer mit den Widerständen in Reihe	16
b) Parallel	16
c) Isolationsprüfer von Siemens & Halske	17
14. Isolationsmessung von Hausanlagen	18
a) Am Zweileitersystem	18
b) Am Dreileitersystem	18
15. Isolationsmessung während des Betriebes	18
a) Im Zweileitersystem	18
b) Im Dreileitersystem	19
16. Widerstand von Batterien	19
a) Nach Mance	19
b) Mit Gegenschaltung	19
c) Mit Universalbrücke von Kohlrausch	19
d) Näherungsverfahren von Discher	19
e) Mit der Tangentenbusssole	19
f) Ausgleichmethode	20
17. Erdwiderstände bei Blitzableiteranlagen	20
a) Telephonbrücke	20
b) Nach Wiechert	20
18. Elektromotorische Kräfte der Batterien	22
a) Nach Clark	22
b) Nach Du Bois Reymond	22
19. Kompensations-Apparat der Physikalisch-Technischen Reichs- anstalt zur Messung von Widerständen, elektromotorischen Kräf- ten, Stromstärken	22
20. Schaltung der Strommesser, Ersatzwiderstand	24
21. Schaltung der Spannungsmesser, Kontrollvoltmeter, Kontrol- lampe	24
22. Der Erdschlußprüfer	25
23. Schaltung der Elektrizitätszähler	25
a) Coulombzähler, Aron	25
b) Voltcoulomb- oder Wattstundenzähler, Aron	26
c) Voltampere- oder Wattzähler, Siemens & Halske	27
24. Spannungswecker; Spannungsmelder eines Verteilungspunktes	28
25. Bogenlampen	28
a) Hauptschlußlampe	28
b) Nebenschlußlampe	29
c) Differentillampe	29
26. Schaltung der Bogenlampen	29
a) In Reihen	29
b) Einfach parallel	29

	Seite
c) Doppelt parallel	29
d) Mehrfach parallel	29
27. Universal-Lampenheostat, Heine	30
a) Eigenschaften	30
b) Prinzip der Schaltung	30
28. Schaltung der Glühlampen	34
a) Parallelschaltung	34
b) Reihenschaltung von Glüh- und Bogenlampen	35
29. Glühlampenanlage eines Stockwerks	35
30. Beleuchtungsanlage für eine kleine Fabrik mit zugehörigen Wohn- und Nebengebäuden	37
31. Umschalter und Polwender	37
Quecksilber-, Umsetz-, Dujardin-Hebelwender	37
32. Der Generalumschalter	38
33. Sicherungen	39
34. Anschluß der Apparate an Leitungen	39
35. Blitzschutzvorrichtungen	39
a) Telefonsicherungen	39
b) und c) Zahn- und Spitzenblitzableiter	38
d) Hörnerblitzableiter	38
e) Erdplatte	38
36. Leitungen	40
a) Direkte Stromverteilung	40
b) Zweileitersystem, Verteilungsnetz	40
c) Dreileitersystem: rein, mit Ausgleichdynamo, mit Ausgleichakkumulatoren, Verteilungsnetz	42
d) Fünfleitersystem	44
36. Dynamomaschinen mit Ringanker	45
a) Gramme-Ring	45
b) Vielpolanker	45
c) Schaltung der Ankerspulen auf Menge	46
d) Schaltung der Ankerspulen auf Spannung	46
37. Dynamomaschinen mit Trommelanker	46
a) Grundwicklung	46
b) Zahl der Lagen und Segmente	46
c) Tabelle und Darstellung in einer Ebene	47
d) Vielpolmaschine auf Menge	47
e) Vielpolmaschine auf Spannung, Entwicklung in einer Ebene	48
38. Der Scheibenanker	48
39. Anker mit offener Wicklung	49
a) Begriff	49
b) Doppel-T-Anker	49
c) Ring mit 4 Spulen	49
d) Brush-Wicklung	50
e) Der Thomson-Houston-Anker	51
40. Arten der Dynamomaschinen	51
a) Reihenmaschine	51
b) Nebenschlußmaschine	51
c) Verbundmaschine	52

	Seite
41. Verbindungen der Dynamomaschinen	53
a) Hauptschlußmaschinen in Reihen und parallel	53
b) Nebenschlußmaschinen in Reihen und parallel, Sicherungen, Ampere-, Voltmeter, Inbetriebsetzung, Abstellen, Schema mit Lampenbatterie	53
c) Verbundmaschinen in Reihen und parallel	55
d) Verbund- und Nebenschlußmaschine parallel	58
42. Gleichstrommaschine für das Dreileitersystem	58
43. Elektromotoren	59
a) Arten	59
b) Verbindung einer Hauptstromdynamo mit einem Hauptstrommotor	52
c) Nebenschlußmotoren im Zwei- und Dreileitersystem	60
d) Der Verbundmotor	61
44. Verteilungstafel für reinen Maschinenbetrieb	61
45. Verteilungstafel für einen Lehrsaal in München	62
a) Verteilungswiderstand	62
b) Nebenstrom	62
c) Direkte Benutzung des Hauptstromes	63
d) Dreileitersystem	64
46. Verteilungstafel für das Dreileitersystem	64
47. Einfache Verteilungstafel mit Akkumulatoren	65
48. Schalttafel für kleinere Beleuchtungsanlagen	66
49. Einfacher Zellschalter	66
50. Doppelzellschalter	68
51. Laden der Akkumulatorenbatterie in zwei Hälften	68
52. Gleichstromtransformator, Zusatzmaschine	69
53. Laden mit Zusatzdynamo	69
a) Einfachzellschalter	69
b) Doppelzellschalter	70
54. Normalschaltungen von Umland	70
55. Centrale mit Nebenschlußdynamo, 2 · 66 $\frac{1}{2}$ Zellen, 2 Zusatzdynamos, 1 Ausgleichdynamo	77
A. Handgriffe beim Betrieb mit der Nebenschlußmaschine allein ohne Ausgleichdynamo und ohne Zusatzdynamo	77
B. Handgriffe beim Betrieb mit der Nebenschlußmaschine und Ausgleichdynamo ohne Zusatzdynamo	78
C. Handgriffe beim Betrieb mit Nebenschlußdynamo, Ausgleichdynamo und Zusatzdynamo	79
56. Laden mit einer Verbundmaschine	79
57. Schaltungen in Läutwerken und Relais	80
a) Mit Arbeitsstrom	80
b) Mit Ruhestrom	80
c) Fortschellwecker	80
d) Nebenschlußklingel	80
e) Relais	81
f) Eine zweite Relaisform	81
58. Der Morsetaster, Polarisationsstrom	81
59. Schaltungsschemata für Haustelegraphie	81
a) Anlage mit 2 Druckknöpfen	81

	b) Anlage mit einem Drücker	81
	c) Gegenseitige Verständigung	82
	d) Hintereinander geschaltete Läutwerke	82
	e) Parallelschaltung von Klingeln	82
	f) Umschalter	82
	g) Anlage für ein Haus	82
	h) Wecker mit Ruhestrom	83
	i) Linienstrom, Ortsbatterie	83
	k) Fortschellwecker	83
	l) Signalvorrichtung für Fabriken	83
	m) Tableau-Anlage	84
	n) Korrespondenz mit Morsetastern	84
60.	Zwei durch Leitung verbundene Telegraphenstationen	84
	a) Stromlauf	84
	b) Endamt für Arbeitsstrom ohne Relais	86
	c) Endamt für Arbeitsstrom mit Relais	86
	d) Endamt ohne Batterie für Ruhestrom ohne Relais	86
	e) Endamt für Ruhestrom mit Linienbatterie	76
	f) Endamt für Ruhestrom mit Linienbatterie, Ortsbatterie und Relais	86
61.	Trennamt mit Arbeitsstrom, zwei Schreibern, künstlichen Widerständen, ohne Relais	86
	a) Trennamt	86
	b) Zwischenamt	87
62.	Zwischenamt mit Ruhestrom und Batterie	87
	a) Ohne Relais	87
	b) Mit Relais	87
63.	Zwischenamt mit zwei Ruhestromleitungen, zwei Relais, zwei Tastern, einem Schreiber	89
64.	Translation mit Relais, Arbeitsstrom	90
65.	Translation mit Relais, das Zwischenamt kann mitlesen. Arbeitsstrom	90
66.	Uebertragung mit Schreibapparat. Arbeitsstrom	90
67.	Uebertragung mit doppeltem Stöpselumschalter	92
68.	Uebertragung mit Ruhestrom; Stationen in Reihe	92
69.	Duplextelegraphie	92
	a) Brückenmethode mit Morfesystem	92
	b) Differentialmethode	93
70.	Quadruplextelegraphie	98
71.	Schreibtelegraphie	94
72.	Induktorium	93
73.	Selbstinduktion	95
	a) Mit Galvanometer	95
	b) Mit Differentialgalvanometer	95
74.	Gegenseitige Induktion	96
75.	Fünftelegraphie	96
	a) Mit Fritter, Klingel und Morse	96
	b) Marconi	97
	c) Slaby-Arco	97
	d) Czudnowski	97

	Seite
e) Rubens	98
f) Glastafelempfänger	98
76. Telephon-Verbindung	98
77. Telephon und Weckerstation, zwei Batterien	98
78. Telephon und Weckerstation, eine Batterie	99
79. Telephon und Mikrophon	99
80. Telephon-, Mikrophon- und Weckerstation	99
81. Telephon-, Mikrophon- und Weckerstation (Wecker in ferne)	100
82. Telephon-, Mikrophon- und Weckerstation mit Induktionsrolle und Batterieanruf	100
83. Telephon- und Mikrophonstation mit Induktionsrolle und besonderem Wecker	100
84. Telephon-, Mikrophon- und Weckerstation; Induktionsrolle, Batterieanruf	101
85. Wandstation mit Blitzableiter und Relais	101
86. Station mit Induktoranruf	102
87. Wandstation mit Induktoranruf für Haus- und Fernbetrieb	102
88. Wandstation für Fernbetrieb; Wecker bei Anruf ausgeschaltet	103
89. Linienwähler	103
90. Linienwählerschaltung; einseitige Anlage ohne Induktionsrolle	104
91. Linienwählerschaltung; allgemeiner Verkehr mit 3 Ruf- und Sprechbatterien	105
92. Omnibusleitung mit Arbeitsstrom	106
93. Omnibusleitung mit Induktor	106
94. Centralumschalter, Klappenschrank mit Batterieanruf	107
95. Centralumschalter mit Induktoranruf	107
96. Centralumschalter mit Seitenstation und Batterieanruf	107
97. Anschluß einer Station an einen Centralumschalter mittels Linienwähler und Separatleitung	108
98. Anschluß einer Station an einen Centralumschalter und eine weitere Stelle mittels Linienwähler und zwei Separatleitungen	108
99. Wechselstrom in zwei hintereinander geschalteten Spulen	108
100. Wechselstrom aus vier Polen und vier hintereinander geschalteten Ankerspulen	109
101. Wechselstrom und Ring	110
a) Schaltungsarten	110
b) Schaltung auf Menge	110
c) Schaltung auf Spannung	110
d) Vielpolmaschine Gramme	111
102. Wechselstrom und Trommel	111
a) Einfache Schleife	111
b) Wellen- und Schleifenwicklung	111
c) Nutenwicklung für Einphasenstrom	112
103. Wechselstrom-Maschine mit Polanker	112
104. Der Scheibenanker	113
105. Verbindung der Wechselstrommaschinen	114
a) Auf Spannung	114
b) Parallel mit Phasenindikatoren und einfachen Leitungsdrähten	114

	Seite
106. Verteilungstafel für Wechselströme	115
107. Wechselstrombogenlampe von Körting	115
108. Wechselzahl eines Wechselstroms	116
a) Nach Samojloff	116
b) Nach Wachsmuth	116
109. Zweiphasenströme	116
a) Entstehung. Scheibenanker	116
b) Trommelwicklung	117
c) Polanker	117
110. Zweiphasenstrom und Motor. Ringwicklung	117
111. Zweiphasenstrom mit 4 und 3 Leitungen	118
112. Dreiphasenströme	118
a) Mit 3 Maschinen	119
b) Trommelwicklung	119
c) Polanker	119
d) Ringwicklung	119
113. Verbindung der Leitungen	119
a) Sternschaltung	119
b) Dreieckschaltung	120
114. Zwölfpoliger Anker mit Ringwicklung und Sternschaltung	121
115. Wechselstrommotoren. Bauarten	121
116. Synchronmotoren	121
a) Zypernowski	121
b) Mit Polanker und Wicklung in den Ringzähnen	121
117. Asynchrone Wechselstrommotoren	122
a) Nach Tesla	122
b) Kunstphase mittelst eines Kondensators	122
118. Drehstrommotoren mit Ringwicklung	123
a) Zweipolige Ringwicklung mit Stern- und Dreiecks- schaltung	123
b) Vierpolige Wicklung	124
119. Drehstrommotoren mit Trommelwicklung	124
120. Wicklung des Läufers	125
a) Kurzschlußwicklung	125
b) Phasenwicklung	125
121. Drehstrommotor mit Flüssigkeitsanlasser nach Siemens & Halske	125
122. Der Wechselstromtransformator	125
a) Kern- und Manteltransformatoren	125
b) Reihenschaltung	126
c) Parallelschaltung	126
d) Einspulige Transformatoren	126
123. Wechselstromtransformatorensystem	126
a) Verteilungsnetz	126
b) Schaltung nach Dolivo Dobrowolski	126
124. Drehstromtransformatoren	127
a) Dreiecks- und Sternschaltung	127
b) Nach Dolivo Dobrowolski	128
125. Der Verschiebungstransformator	128
a) Erklärung	128

	Seite
b) Verwendung zum Betrieb zweiphasiger Motoren . . .	128
c) Verwendung zum Betrieb dreiphasiger Motoren . . .	129
126. Verwandlung eines zweiphasigen in einen dreiphasigen Strom	129
a) Erklärung	129
b) Anwendung des Scottschen Verteilungssystems . . .	130
127. Hochfrequenz- oder Tesla-Ströme	131
128. Monocyclisches System von Steinmetz	132
a) Beschreibung	132
b) Verteilungsanlage	132
129. Verteilungssystem der E.-A.-G. vorm. Schuckert . . .	132
130. Spannungsmessungen an Wechselströmen	133
a) Quadrantenelektrometer	133
b) Vielzelliges elektrostatisches Voltmeter	134
c) Statisches Hochspannungsvoltmeter nach Benischke .	134
d) Spannungszeiger	134
e) Voltmeter Horn	134
f) Hitzdrahtvoltmeter	135
g) Voltmeter der A.-E.-G. Berlin	135
h) Voltmeter Ferraris	135
131. Stromstärkemessungen an Wechselströmen	136
a) Amperemeter	136
b) Strommesser und Transformator	136
c) Elektrodynamometer	136
d) Stromwage	136
132. Arbeitsmessung bei Wechselströmen: Begriff der Stromarbeit	137
a) Wattmeter von Siemens & Halske	137
b) Wattmeter der A.-E.-G. Berlin	138
c) Wattmeter und Zweiphasenströme, 4 und 3 Leitungen	138
d) Wattmeter und Dreiphasenströme	138
f) Wattmeter von Ferraris	139
133. Phasenmeter: Begriff	139
a) Phasenmeter von Dolivo Dobrowolski	140
b) Phasenmeter von Hartmann & Braun	140
134. Oscillographen: Begriff	141
a) Zweidrähtige	141
b) Mit Eisenplättchen	141
c) Von Hef und Braun	141
Oscillierende Entladungen einer Leydener Flasche . . .	142
Verzeichnis der benützten Bücher und Zeitschriften	143

Druckfehlerverzeichnis.

Seite	94	Zeile	18	von unten	lies	Czudnowski	statt	Czudnowski
"	102	"	13	"	"	mit	"	wit
"	116	"	4	"	oben	induzierten	"	indizierten
"	136	"	6	"	"	Amperemeter	"	Amperemcter.

Register.

- Abstellen der Maschinen 55.
Akkumulatorenbatterie, Laden in zwei Hälften 68, 75.
Akkumulator, Verteilungstafel mit Amperemeter 54, 136. [65.
Anker, Aenderung d. Drehrichtg. 60.
Anker mit Ringwicklung 45.
Anker mit Trommelwicklung 46.
Anker mit offener Wicklung 49.
Anker mit Ringwicklung und Sternschaltung 121.
Ankerspulen, Hintereinandergeschaltete 108, 109.
Ankerspulen, Parallelgeschaltete 46,
Anlage, Galvanoplastische 5. [48.
Anlaufwiderstand 59.
Anoden 5.
Anschluß der Apparate an Leitungen 39.
Anschluß der Sicherungen an die Leitung 39.
Anschluß einer Station an einen Zentralumschalter 108. [39.
Apparate, Anschluß an Leitungen Arbeitsmessung b. Wechselstrom 137.
Arbeitsstrom 80, 81, 85, 86, 89, 106.
Arnold 48.
Aron 25, 26.
Arten der Hauptschaltungen 1.
Asynchronmotoren 122.
Ausgleichmaschinen 43, 45.
Ausgleichsmethode 20.
Ausgleichsammler 43.
Aus schalter 66.
Außenleiter 43.
Bäder 4.
Bäder, Gemischte Schaltung 5.
Bäder, Parallelschaltung 4.
Bäder, Reihenschaltung 4.
Bandage 45.
Batterie 3.
Batterieanruf 100, 101, 107.
Batterie, Elektromotorische Kräfte
Batterien-Widerstand 19. [der 22.
Batterie und Relais 86.
Batterie und Ruhestrom 88.
Belastungsreostat 115.
Beleuchtungsanlage für eine kleine Fabrik 37.
Beleuchtungsanlagen, Schalttafel
Benischke 134. [für kleinere 66.
Betriebsspannung 18, 25.
Blitzableiter 101.
Blitzableiteranlagen, Erdwiderstände bei 20.
Blitzschutzvorrichtungen 39, 60.
Blondel 141.
Bogenlampen 28.
Bogenlampen-Schaltungen 29.
Brücke, Thomsonsche 10.
Brücke, Wheatstonesche 9.
Brush-Kommutator 50.
Brush-Ring 51.
Brush-Wicklung 50.
Bürsten, Zahl 46.
Centrale mit Nebenschlußdynamo, 2 · 66 Zellen, 2 Zusatzdynamo und 1 Ausgleichdynamo 77.
Centralumschalter, Anschluß einer Station an einen 108.
Centralumschalter, Klappenschranf mit Batterieanruf 107.
Centralumschalter mit Induktoranruf 107.
Centralumschalter mit Seitenstation und Batterieanruf 107.
Centrifugalkraft 45.
Clark 22.
Compound-(Verbund-)Maschine 52.
Compound-Motor 61.
Coulombzähler 25.
Czudnowski 97.
Definition der Schaltungen 1.

- Dielektrikum 134.
 Differentialgalvanometer 14, 95.
 Differentialgalvanometer mit Neben-
 schluß 15.
 Differentiallampe 29.
 Direkte Stromverteilung 40. [19.
 Dischersches Näherungsverfahren
 Dolivo Dobrowolsky 58, 126, 128,
 Doppelbrücke, Thomsonsche 10. [140.
 Doppelbürsten 51.
 Doppelschlußmaschinen in Reihe 56.
 Doppel-T-Anker 49, 111.
 Doppeltzellschalter 68, 71, 73, 74.
 Drehrichtung des Ankers, Uende-
 rung 60.
 Drehstrommotoren mit Flüssigkeits-
 anlasser 125.
 Drehstrommotoren mit Ringwick-
 lung 123.
 Drehstrommotoren mit Trommel-
 wicklung 124.
 Drehstromtransformatoren 127.
 Dreieckschaltung 120, 121, 123,
 127, 159.
 Dreileiterschaltung mit Akkumulator
 Dreileitersystem 18, 42. [77.
 Dreileitersystem, Gleichstromma-
 schine für 58.
 Dreileitersystem, Nebenschlußmotor
 im 60
 Dreileitersystem, Verteilungstafel
 für das 64.
 Dreiphasenstrom 118.
 Dreiphasenströme, Polanker 119.
 Dreiphasenströme, Sternschaltung
 119. lung 118.
 Dreiphasenströme, Trommelwick-
 Dreiphasenströme, Wellenwicklung
 Dreiphasensystem 129. [119.
 Dreipoliger Umschalter 37.
 Dr. iteiliger Kommutator 51.
 Dreiwattmeter-Messung 119.
 Drosselspule 122.
 Du Bois Reymond 22.
 Dudell 141.
 Dujardin-Wender 37. [92.
 Duplextelegraphie, Brückenmethode
 Duplextelegraphie, Differentialme-
 thode 92.
 Dynamomaschinen 45—59.
 Einfach-Zellschalter 66, 69, 72, 75.
 Einphasenmotor 128.
 Einphasenstrom 112.
 Einpolig 35.
 Einpoliger Transformator 126.
 Elektrizitätszähler 25.
 Elektrodynamometer 136.
 Elektromagnetische Wellen 96.
 Elektromagnetpulen 14.
 Elektromotoren 59—61.
 Elektromotorische Kräfte der Batten-
 rien 22.
 Elektrostatistische Hysteresis 14.
 Elektrostatistisches Voltmeter 134.
 Elemente, Galvanische 1.
 Elemente, Gegenschaltung 4.
 Elemente, Höchste Intensität der 3.
 Elemente, Parallelschaltung 2.
 Elemente, Reihenschaltung 1.
 Element-Schaltungen, Tabelle über
 Elihu Thomson 116. [3.
 Empfänger 97, 98.
 Endamt für Arbeitsstrom ohne
 Relais 85.
 Endamt für Ruhestrom mit Linien-
 batterie 86.
 Endamt für Ruhestrom ohne Batterie
 und ohne Relais 86.
 Endamt mit Arbeitsstrom und
 Relais 85.
 Entladungen einer Leydner Flasche,
 Oscillirende 142.
 Erdleitungen 20.
 Erdplatte 40
 Erdschlußprüfer 25.
 Erdwiderstände bei Blitzableiter-
 Erregermaschinen 115. [anlagen 20.
 Erfag-Methode 16.
 Fabrik-Signallvorrichtung 83.
 Fernbetrieb, Telephonwandstation
 für 103.
 Fern- und Hausbetrieb, Telephon-
 Wandstat. m. Induktoranruf 102.
 Ferraris' Voltmeter von Siemens
 & Halske 135.
 Ferraris' Wattmeter 139.
 Flachringanker 51.
 Flüssigkeitsanlasser, Drehstrommo-
 tor mit 125.

- Flüssigkeitswiderstand 59.
 Fluoreszenzblech 142.
 Fortschellwecker 80.
 Fortschellwecker bei Hausanlagen
 Fritsche 48. [83.
 Fritter 96, 98.
 Fünfleitersystem 44.
 Funkenmikrometer 142.
 Funkenstrecke 131.
 Funkentelegraphie 96—98.
 Funkentelegraphie, Marconi 97.
 Galvanische Elemente 1.
 Galvanometernebenschluss 8.
 Galvanoplastische Anlage 5
 Galvanoplastische Anlage mit 2
 Bädern, Schaltungsskizze 6.
 Geber 97, 98.
 Gegenschaltung der Elemente 4, 19.
 Gegenseitige Induktion 96.
 Gemischte Schaltung der Bäder 5.
 Gemischte Schaltungen 2.
 Gemischte Transformatorenschal-
 tung 128.
 Generalumschalter 38. [tung 128.
 Generator 128.
 Geometrische Konstruktion 8.
 Gesamtwiderstand eines komplexen
 Stromkreises 12.
 Gesetz Ohms 1.
 Gleichstrommaschine für Dreileiter-
 system 58.
 Gleichstromtransformator 69.
 Glühlampen 34.
 Glühlampen-Anlage 35.
 Glüh- und Bogenlampen 34.
 Gramme 111.
 Gramme-Ring 45, 117.
 Hammer 95.
 Hammerfeder 95.
 Handgriffe beim Betrieb 77.
 Hartmann & Braun 140.
 Hauptschaltungen, Arten 1.
 Hauptschlusslampe 28.
 Hauptschlussmaschinen in Reihe 53.
 Hauptschlussmaschinen parallel 53.
 Hauptstromdynamo und Haupt-
 strommotor 59. [51.
 Hauptstrom- oder Reihenmaschine
 Hausanlage für 4 Stockwerke 83.
 Hausanlage mit Fortschellwecker 83.
 Hausanlage mit Reihenschaltung 82.
 Hausanlage mit Relais mit Ar-
 beitsstrom 83.
 Hausanlage mit Rückantwort 82.
 Hausanlage mit Ruhestrom mit
 Orts- und Linienbatterie 83.
 Hausanlage mit Ruhestrom im
 Lätowerk 83.
 Hausanlage mit Umschalter 82.
 Hausanlagen, Isolationsmessung
 von 18.
 Haustelegographie (Schaltungssche-
 mata) 81—84.
 Haus- und fernbetrieb, Telephon-
 Wandstation mit Induktoranruf
 Hebelwender 38. [für 102.
 Heim 30.
 Hess u. Braun 141.
 Hilfserde 20.
 Hintereinandergeschaltete Anfer-
 spulen 108, 109.
 Hydrazvoltmeter 135.
 Hochfrequenz-Ströme 131.
 Hochspannungsspulen 128.
 Hochspannungs-Voltmeter 134.
 Höchste Intensität der Elemente 3.
 Hochvoltspulen 127.
 Hockin 10.
 Hörnerblitzableiter 40
 Hörtelephon 99.
 Hysteresis, Elektrostatistische 14.
 Inbetriebsetzung der Maschinen 54.
 Induktion, Gegenseitige 96.
 Induktionsfreie Widerstände 13.
 Induktionskoeffizient 96.
 Induktionsmotoren 121.
 Induktionsrolle 100, 101, 104.
 Induktor 106.
 Induktoranruf 102, 107.
 Induktorium 95.
 Influenzmaschine 142.
 Intensität der Elemente, Höchste 3.
 Jodkaliumlösung 4.
 Isolationsmessung von Hausanla-
 gen 18.
 Isolationsprüfer von Siemens &
 Halske 17.
 Isolationschraube 81.

- Kapazität 13.
 Kathodenstrahlen 142.
 Kerntransformator 125.
 Kirchhoffs Regeln 7.
 Klappenschrank mit Batterieanruf
 Kleiber 62. [107.
 Kleinere Beleuchtungsanlagen,
 Schalttafel für 66.
 Kohlradschs Universalmeßbrücke 11,
 Kommutator, Dreiteiliger 51. [19.
 Kompensationsapparat 22.
 Kompensations-Methode von
 Thomson 13.
 Komplexer Stromkreis, Gesamt-
 widerstand 12.
 Kondensator 95, 96, 97, 122.
 Kondensatoren-Schaltungen 12.
 Kondensatoren-Vergleichung 13.
 Konstruktion, Geometrische 8.
 Kontrolllampe 25.
 Kontrollvoltmeter 25.
 Korrespondenz mit Morsetastern 84.
 Kräfte der Batterien, Elektromo-
 torische 22
 Kunstphase 122.
 Kurzschlußwicklung 125.
 Laden 13.
 Laden der Akkumulatorenbatterie
 in zwei Hälften 68, 75.
 Laden des Akkumulators mit Dop-
 pelzellenschalter 71.
 Laden des Akkumulators mit Ein-
 fachzellenschalter 72.
 Laden des Akkumulators mit Zu-
 satzdynamo 72, 73
 Laden des Akkumulators mit zwei
 Nebenschlußdynamo 73, 75.
 Laden des Akkumulators mit 2
 Nebenschlußdynamo und 1 Zu-
 satzdynamo 74.
 Laden eines Akkumulators mit
 Zusatzdynamomaschine und Dop-
 pelzellenschalter 71.
 Laden eines Akkumulators mit
 Zusatzdynamo und Einfachzellen-
 schalter 70.
 Laden mit einer Verbundmaschine
 Laden mit Zusatzdynamo 69. [79.
 Lampenbatterien 14.
 Lampenbatterie, Nebenschlußma-
 schinen parallel mit 55.†
 Lampenrheostat, Photographische
 Ansicht 33.
 Läufer-Wicklung 125.
 Lütwerke 80.
 Lütwerk mit Ruhestrom 80.
 Lütwerk und Ruhestrom bei
 Hausanlagen 83.
 Leitungen 40. [an 39.
 Leitungen, Anschluß der Apparate
 Leitungen, Anschluß der Sicherungen
 an 39.
 Leydner flasche 97, 131.
 Leydner flasche, Oscillirende Ent-
 ladungen einer 142.
 Linienbatterie, Endamt für Ruhe-
 Linienstrom 81. [strom mit 86.
 Linienwähler 103.
 Linienwähler-Schaltung, allgemei-
 ner Verkehr 105.
 Linienwähler-Schaltung, einseitige
 Anlage ohne Induktionsrolle 104.
 Luftdraht 97.
 Mance 19.
 Manteltransformator 126.
 Marconis Funkentelegraphie 97.
 Maschinen-Abstellen 54.
 Maschinenbetrieb, Verteilungstafel
 für reinen 61.
 Maschinen-Inbetriebsetzung 54.
 Maschinen-Umschalter 67.
 Matthiesen 10.
 Maximalwert 120.
 Meßdraht 9, 20.
 Meterbrücke 9.
 Mikro 14
 Mikrofarad 14.
 Mikrophonstation 99.
 Mikrophon-, Telephon- und Wecker-
 station 101.
 Mikrophon-, Telephon- und Wecker-
 station mit Induktionsrolle und
 Batterieanruf 100.
 Mikrophon und Telephon 99.
 Mikrophon- und Telephonstation
 mit Induktionsrolle und beson-
 derem Wecker 100
 Minimal-Umschalter 58.

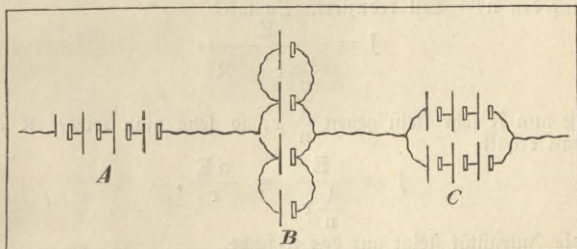
- Mittelleiter 45.
 Mittelwert des Effektes 120.
 Mir & Genest'sche Telephonbrücke
 Momentanwert 120. [20.
 Monocyklisches System 132.
 Mordey 46.
 Mordey-Schaltung 48.
 Morsetaster 81.
 Morsetaster, Korrespondenz mit 84.
 Motor und Zweiphasenstrom 117.
 Müller 95.
- Näherungsverfahren von Discher 19.
 Nebenschluß, Differentialgalvanometer mit 15
 Nebenschlußlampe 29, 115.
 Nebenschlußmaschine 51, 77.
 Nebenschlußmaschinen in Reihe 53.
 Nebenschlußmaschinen parallel 54.
 Nebenschlußmaschinen parallel mit
 Lampenbatterie 55.
 Nebenschlußmaschine und Verbund-
 maschine parallel 58.
 Nebenschlußmotor 6, 59, 60.
 Nebenschlußmotor im Dreileiter-
 Nebenschlußwecker 80. [system 60.
 Netzleitung 6.
 Netzspannung 128
 Niedervoltspulen 128.
 Normalelement 23.
 Normale Transformatorenschal-
 tung 128.
 Normalschaltungen [nach Uhland 71.
 Nullmaschine 59.
 Nutzstrom 5.
- Offene Wicklung, Anker 49.
 Offene Wicklung, Doppel-T-Anker
 Offene Wicklung, Ring 50. [50.
 Ohm'sches Gesetz 1. [106.
 Omnibusleitung mit Arbeitsstrom
 Omnibusleitung mit Induktor 106.
 Ortsbatterie 81, 83.
 Oscillator 98.
 Oscillierende Entladungen einer
 Leydner flasche 142.
 Oscillograph Blondel 141.
 Oscillograph Dudell 141.
 Oscillograph mit weichem Eisen 141.
 Oscillograph von Hefz u. Braun 141.
- Pacinotti 49.
 Parallelschaltung der Bäder 4.
 Parallelschaltung der Dynamos
 53—58.
 Parallelschaltung der Elemente 2.
 Parallelschaltung der Kondensatoren
 12.
 Parallelschaltung der Wechselstrom-
 maschinen 114.
 Parallelschaltung der Widerstände
 Phasenanker 122. [7.
 Phasenindikator der Wechselstrom-
 maschinen 114.
 Phasenindikator-Transformatoren
 Phasenlampen 115. [115.
 Phasenmeter 139, 140.
 Phasenmotor 122.
 Phasenunterschied 129
 Phasenwicklung 125.
 Phenolphthalein 4.
 Photographische Ansicht des Lam-
 penrheostats 33.
 Polanker 112.
 Polanker bei Dreiphasenstrom 119.
 Polanker bei Zweiphasenstrom 117.
 Polanker, Wechselstrom-Maschine
 Polarisationsstrom 81. [mit 112.
 Polpaarzahl 48.
 Polreagenspapier 4.
 Polwender 37.
 Primärnetz 126.
- Quadrantenelektrometer 133.
 Quadruplextelegraphie 93.
 Quecksilberwender 37.
- Radiator 98.
 Reduzierter Widerstand 8, 12.
 Regeln Kirchhoffs 7.
 Reihen- (Hauptstrom-) Maschine 51.
 Reihennmotor 59.
 Reihenschalter 69.
 Reihenschaltung bei Hausanlagen
 Reihenschaltung der Bäder 4. [82.
 Reihenschaltung der Elemente 1.
 Reiner Maschinenbetrieb, Vertei-
 lungstafel für 61.
 Relais 80, 81, 83, 85, 86, 89, 90, 101.
 Resonanz 98.
 Reziproker Wert 8.
 Rheostatenspulen 14.

- Ringanker 45.
 Ringanker, Parallelschaltung 46.
 Ringanker, Reihenschaltung 46.
 Ringtransformator 125.
 Ring und Wechselstrom 110.
 Ringwicklung 45, 117, 119, 121.
 Ringwicklung, Drehstrommotoren mit 123.
 Rückantwort bei Hausanlagen 82.
 Ruhestrom 80, 81, 86, 88, 89, 92.
 Ruhestrom mit Orts- und Linienbatterie bei Hausanlagen 83.
 Ruhestrom und Lantewerk bei Hausanlagen 83.
 Sammelschienen 6.
 Samojloff 116.
 Sauty 13.
 Schalttafel für kleinere Beleuchtungsanlagen 66.
 Schaltung der Bäder, Gemischte 5.
 Schaltung eines Drehstrommotors 125.
 Schaltungen der Elemente, Tabelle über 3.
 Schaltungen, Gemischte 2.
 Schaltung Scott 129, 132.
 Schaltungs-Definition 1.
 Schaltungsskizze einer galvanoplastischen Anlage mit 2 Bädern 6.
 Scheibenanker 48, 113, 116.
 Scheiben, Stroboskopische 116.
 Schleifenwicklung 47, 111.
 Schleifringe 132.
 Schließungsbogen 1.
 Schreibapparat, Uebertragung mit Schreiber 86, 88. [90.
 Schreibtelegraphie 94.
 Schutz der Telephone 39.
 Scotts Schaltung 129, 132.
 Scottsches Verteilungssystem 130.
 Sechspolmaschine 46.
 Seitenstation 107.
 Sekundärnetz 126.
 Sekundärspule 132.
 Selbstinduktion 95, 97, 132.
 Selbstinduktionsrolle 142.
 Selbstinduktionsstrom 96.
 Sendedraht 97.
 Sender 98.
 Sicherungen 6, 39, 54, 66.
 Sicherungen, Anschluß an die Leitung 39.
 Siemens & Halske 27.
 Siemens & Halske's Isolationsprüfer 17.
 Signallampe 61.
 Signalvorrichtung für Fabriken 83.
 Slaby-Arco 97.
 Spannungsmelder 28.
 Spannungsmesser 24.
 Spannungsmessungen an Wechselströmen 133.
 Spannungs- und Strommesser 24.
 Spannungswecker 28.
 Spannungszeiger 6.
 Spitzenblitzableiter 39.
 Sprechtelefon 98.
 Spulen 48.
 Spulenzahl 48.
 Ständer 121.
 Steinmetz 132.
 Sternschaltung 119, 120, 121, 125, Stirnseite 47. [127, 139.
 Stöpselummschalter, Uebertragung mit doppeltem 91.
 Stroboskopische Scheiben 116.
 Strom 24.
 Stromkreis, Gesamtwiderstand eines komplexen 12.
 Strommesser mit Transformator
 Stromrichtungsanzeiger 67. [136.
 Stromstärkemessungen von Wechselströmen 136.
 Strom- und Spannungsmesser 24.
 Stromverteilung, Direkte 40.
 Stromverteilungsnetz 126.
 Stromwaage 136.
 Substitutionsmethode 16.
 Synchron-Motoren 121.
 Tabelle über Schaltungen der Elemente 3.
 Tableau-Anlage 84.
 Tangentenbussole 19, 24.
 Taster 89.
 Telegraphen-Stationen 84.
 Telefon 21, 98.
 Telefonblitzableiter 39. [20.
 Telefonbrücke von Mix u. Genest

- Telephon-, Mikrophon- und Wecker-
anruf mit Induktionsrolle und
Batterieanruf 100.
- Telephon-, Mikrophon- und Wecker-
station 101.
- Telephonenschutz 39.
- Telephonstation 99. [102.
- Telephonstation mit Induktoranruf
Telephon und Mikrophon 99.
- Telephon- und Mikrophonstation
mit Induktionsrolle und beson-
derem Wecker 100.
- Telephon-Wandstation für fern-
betrieb 103.
- Telephon-Wandstation mit Blitz-
ableiter und Relais 101.
- Telephon-Wandstation mit Induf-
toranruf für Haus- und fern-
Tesla 122. [betrieb 102.
- Tesla-Ströme 131.
- Thermoelemente 4
- Thomson-Huston-Anker 51.
- Thomson-Huston-Wicklung 51.
- Thomson'sche Brücke 10.
- Thomson'sche Doppelbrücke 10.
- Thomson'sche Kompensations-Me-
thode 13.
- Transformator 97, 114.
- Transformator, Einspuliger 126.
- Transformatoren in Reihen 126.
- Transformatoren parallel 126.
- Transformatorenschaltung, Ge-
mischte 128. [le 128.
- Transformatorenschaltung, Norma-
transformatorensystem 126. [136.
- Transformator, Strommesser mit
Trennamt mit Arbeitsstrom und
2 Schreibern 86.
- Trommelanker 46.
- Trommel und Wechselstrom 111.
- Trommelwicklung 47.
- Trommelwicklung bei Dreiphasen-
strom 118.
- Trommelwicklung, Drehstrommo-
toren mit 124.
- Trommelwicklung für Zweiphasen-
strom 117.
- Uebertragung mit doppeltem Stöp-
selumschalter 91.
- Uebertragung mit Relais 90.
- Uebertragung mit Relais, das
Zwischenamt kann mitlesen 90.
- Uebertragung mit Ruhestrom,
Stationen in Reihe 92.
- Uebertragung mit Schreibapparat
Umformer 5. [90.
- Umpolarisierern 79.
- Umschalter 6, 37.
- Umschalter bei Hausanlagen 82.
- Umschalter, Dreipoliger 37.
- Umsehwender 38.
- Universalbrücke von Kohlrausch 19.
- Universal-Lampenrheostat 30. [11.
- Universalmeßbrücke von Kohlrausch
- Verbindungen der Dynamomaschi-
nen 53—58.
- Verbindung der Wechselstromma-
schinen 114.
- Verbundmaschine, Laden mit einer
Verbundmaschinen parallel 57. [79.
- Verbundmaschine und Nebenschluß-
maschine parallel 58. [52.
- Verbundmotor 61.
- Verbund- oder Compound-Maschine
Vergleichung von Kondensatoren 13.
- Verschiebungstransformator 128.
- Verschiebungstransformator für
Licht und Kraft in Dreiphasen-
strom 129.
- Verschiebungstransformator für
Licht und Kraft in Zweiphasen-
strom 128.
- Verteilungssystemen 115.
- Verteilungssystem der E. A. G
vormals Schuckert 133.
- Verteilungssystem Scotts 130.
- Verteilungstafel für das Dreileiter-
system 64. [62.
- Verteilungstafel für einen Lehrsaal
- Verteilungstafel für reinen Ma-
schinenbetrieb 61. [115.
- Verteilungstafel für Wechselströme
- Verteilungstafel mit Akkumula-
tor 65.
- Verwandlung eines zweiphasigen in
einen dreiphasigen Strom 129.
- Vibrator 98.
- Vielpolanker 45.

- Vierpolwicklung 124.
 Vierpolwicklung auf Menge 48.
 Vierpolwicklung auf Spannung 48.
 Voltmeter 24.
 Voltcoulombzähler 27.
 Voltmesser 66, 67.
 Voltmeter 54.
 Voltmeter der A. E.-G. 135.
 Voltmeter, Elektrostatistisches 134.
 Voltmeter Ferraris' von Siemens und Halske 135.
 Voltmeter Horn 134.
- Wachsmuth 116.
 Wandstation 100.
 Wattmeter der A. E.-G. 138.
 Wattmeter in Dreieckschaltung 139.
 Wattmeter in Sternschaltung 139.
 Wattmeter und Zweiphasenströme 138.
 Wattmeter von Ferraris 139.
 Wattmeter von Siemens u. Halske
 Wattstundenzähler 26. [137.
 Wattzähler 27.
 Wechselstrom 49. [137.
 Wechselstrom, Arbeitsmessung bei
 Wechselstrom aus 4 Polen und 4
 hintereinandergeschalteten Anker-
 spulen 109.
 Wechselstrom-Bogenlampe 115.
 Wechselströme 25.
 Wechselströme, Spannungsmessun-
 gen an 133.
 Wechselströme, Stromstärkemessun-
 gen 136.
 Wechselstrom in zwei hintereinan-
 dergeschalteten Ankerspulen 108.
 Wechselstrommaschine mit Pol-
 anker 112.
 Wechselstrommaschinen-Parallel-
 schaltung 114.
 Wechselstrommaschinen-Phasenin-
 dikator 114. [114.
 Wechselstrommaschinen-Verbindung
 Wechselstrommotoren 121.
 Wechselstromtransformator 125.
 Wechselstrom und Ring 110.
 Wechselstrom und Trommel 111.
 Wechselstrom-Verteilungstafel 115.
- Wechselzahl eines Wechselstromes
 116. [103.
 Wecker beim Anruf ausgeschaltet
 Wecker, besonderer 100.
 Weckerstation 98, 99.
 Wecker-, Telephon- und Mikro-
 phonstation 101.
 Wellen, Elektromagnetische 96.
 Wellenwicklung 47, 111.
 Wellenwicklung bei Dreiphasen-
 Wender Dujardin 37. [strom 119.
 Wert, Reziproker 8.
 Wheatstonesche Brücke 9.
 Wicklung, Anker mit offener 49.
 Wicklung des Läufers 125.
 Wicklungsschritt 48.
 Wicklungen, Induktionsfreie 13.
 Widerstände in Nebenschluß 7.
 Widerstände in Reihen 7.
 Widerstände parallel 8.
 Widerstand, Reduzierter 8, 12.
 Widerstandsmessung 20.
 Widerstand von Batterien 19.
 Wiechert 20.
- Zahl der Bürsten 46.
 Zellenhalterkonstruktion 67.
 Zusatzdynamo, Laden mit 69.
 Zusatzdynamomaschine 69.
 Zusatzmaschinen 44.
 Zusatzwiderstand 58.
 Zweigschaltung 7.
 Zweileitersystem 18, 40.
 Zweiphasenströme 116. [138.
 Zweiphasenströme und Wattmeter
 Zweiphasenstrom mit 4 und 3 Lei-
 tungen 118.
 Zweiphasenstrom, Polanker für 117.
 Zweiphasenstrom, Trommelwick-
 lung für 117.
 Zweiphasenstrom und Motor 117.
 Zweipolig 35.
 Zwischenamt mit Ruhestrom und
 Batterie 88.
 Zwischenamt mit 2 Ruhestromlei-
 tungen, 2 Relais, 2 Tastern, 1
 Schreiber 89.
 Zwölfpolanker 121.
 Zypernowski 121.

1. **Schaltung von Stromerzeugern, Stromleitern und Stromverbrauchern** ist die Anordnung und Verbindung derselben zu bestimmten Stromwirkungen. Bild 1, 4 u. 15.



A. Reihenschaltung. B. Parallelschaltung. C. Gemischte Schaltung, zwei Reihen parallel.
Bild 1.

2. **Hauptschaltungen.** Man unterscheidet zwei Hauptschaltungen: die auf Spannung, die Reihen-, Säulen-, Serien- oder Hintereinanderschaltung, und die auf Menge, die Parallel-, Oberflächen- oder Nebeneinanderschaltung.

3. **Formel des Ohmschen Gesetzes.** Nach dem Ohmschen Gesetze ist

$$J = \frac{E}{r + R},$$

worin J die Stromstärke, E die Summe der Potentialdifferenzen, Spannungen oder elektromotorischen Kräfte, r den inneren und R den äußeren Widerstand oder den Widerstand des Schließungsbogens bezeichnen.

4. **Schaltung der galvanischen Elemente.** (Becher oder Ketten.) a) **Reihenschaltung.** Bild 1 A. Man hat bei Schaltung von n Elementen hintereinander

$$J = \frac{n \cdot E}{n \cdot r + R},$$

denn dabei wächst die elektromotorische Kraft von E auf nE, aber es ist der innere Widerstand von n Elementen zu überwinden.

Ist nun R verschwindend klein gegen r , so setze man $R = 0$, und man hat

$$J = \frac{n \cdot E}{n \cdot r} = \frac{E}{r},$$

d. h. die Intensität bleibt bei n Elementen dieselbe, wie bei einem Element.

Ist aber r verschwindend klein gegen R , so setze man $r = 0$, und man findet

$$J = \frac{nE}{R} = n \cdot \frac{E}{R},$$

d. h. die Intensität steigt auf das n fache. folglich: die Reihenschaltung ist unzuweckmäßig bei geringem Widerstand im Schließungsbogen, sie ist aber zweckmäßig bei starkem Widerstand im Schließungsbogen.

b) **Parallelschaltung.** Die elektromotorische Kraft E bleibt bei der Vermehrung der Elemente unverändert, aber der innere Widerstand wird auf den n^{ten} Teil reduziert. So wird

$$J = \frac{E}{\frac{1}{n} r + R}.$$

Ist nun R sehr klein gegen $\frac{1}{n} r$, so setze man wieder $R = 0$, und man erhält

$$J = \frac{E}{\frac{1}{n} r} = \frac{nE}{r},$$

d. h. die Intensität steigt auf das n -fache.

Ist aber $\frac{1}{n} r$ sehr klein gegen R , so folgt

$$J = \frac{E}{R},$$

d. h. die Intensität ist unverändert geblieben. folglich: Parallelschaltung ist unzuweckmäßig bei großem Widerstand im Schließungsbogen, dagegen zweckmäßig bei geringem Widerstand im Schließungsbogen.

c) **Gemischte Schaltungen.** Hat man 24 gleiche Elemente, so sind 8 Kombinationen möglich, nämlich alle hintereinander ($1 \cdot 24$), zwei Reihen je zu 12 ($2 \cdot 12$), drei Reihen zu je 8 ($3 \cdot 8$), vier Reihen je zu 6 ($4 \cdot 6$), 8 Reihen je zu 3 ($8 \cdot 3$), zwölf Reihen je zu 2 ($12 \cdot 2$) und 24 Reihen je zu 1 ($24 \cdot 1$) oder alle parallel.

$E = 1,5$ Volt sei wieder die Potentialdifferenz eines Elementes, $r = 1$ Ohm dessen innerer Widerstand, $R = 6$ Ohm sei der Widerstand im Schließungsbogen.

$$J_{1 \cdot 24} = \frac{24 E}{24 r + R} = \frac{24 \cdot 1,5}{24 + 6} = 1,2 \text{ Ampere.}$$

$$J_{2 \cdot 12} = \frac{\frac{24}{2} E}{\frac{1}{2} \cdot \frac{24}{2} r + R} = \frac{12 E}{6 r + R} = \frac{12 \cdot 1,5}{6 + 6} = 1,5 \text{ Ampere.}$$

$$J_{3 \cdot 8} = \frac{\frac{24}{3} E}{\frac{1}{3} \cdot \frac{24}{3} r + R} = \frac{8 E}{2,667 r + R} = \frac{8 \cdot 1,5}{2,667 + 6} = 1,38 \text{ Amp.}$$

$$J_{4 \cdot 6} = \frac{\frac{24}{4} E}{\frac{1}{4} \cdot \frac{24}{4} r + R} = \frac{6 E}{1,5 r + R} = \frac{6 \cdot 1,5}{1,5 + 6} = 1,2 \text{ Amp.}$$

$$J_{6 \cdot 4} = \frac{\frac{24}{6} E}{\frac{1}{6} \cdot \frac{24}{6} r + R} = \frac{4 E}{0,667 r + R} = \frac{4 \cdot 1,5}{0,667 + 6} = 0,93 \text{ Amp.}$$

$$J_{8 \cdot 3} = \frac{\frac{24}{8} E}{\frac{1}{8} \cdot \frac{24}{8} r + R} = \frac{3 E}{0,375 r + R} = \frac{3 \cdot 1,5}{0,375 + 6} = 0,7 \text{ Amp.}$$

$$J_{12 \cdot 2} = \frac{\frac{24}{12} E}{\frac{1}{12} \cdot \frac{24}{12} r + R} = \frac{2 E}{0,167 r + R} = \frac{2 \cdot 1,5}{0,167 + 6} = 0,486 \text{ Amp.}$$

$$J_{24 \cdot 1} = \frac{\frac{24}{24} E}{\frac{1}{24} \cdot \frac{24}{24} r + R} = \frac{E}{\frac{1}{24} r + R} = \frac{1,5}{\frac{1}{24} + 6} = 0,25 \text{ Amp.}$$

d) Aus der Tabelle folgt, daß für jede Anzahl von Elementen diejenige Kombination die höchste Intensität giebt, bei welcher der Widerstand im Schließungsbogen gleich ist dem inneren Widerstand oder die Kombination ist umso günstiger, je näher der äußere Widerstand dem inneren kommt.

e) Eine Batterie bestehe aus m Elementen, davon seien n parallel und $n_1 = \frac{m}{n}$ hintereinander geschaltet, so ist

$$J_{n \cdot n_1} = \frac{\frac{m}{n} E}{\frac{1}{n} \cdot \frac{m}{n} r + R}$$

Die höchste Intensität ergibt sich hieraus bei $\frac{m}{n^2} r = R$, woraus folgt:

$$n = \sqrt{\frac{m r}{R}}, \quad \text{und} \quad n_1 = \frac{m}{n} = \sqrt{\frac{m R}{r}}.$$

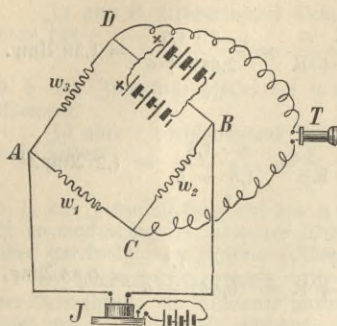


Bild 2. Gegenschaltung.

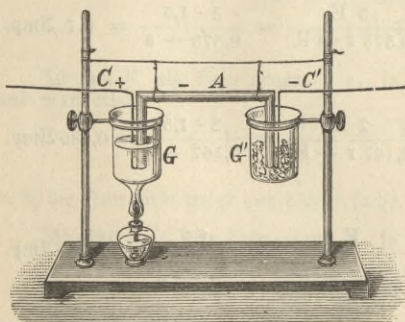
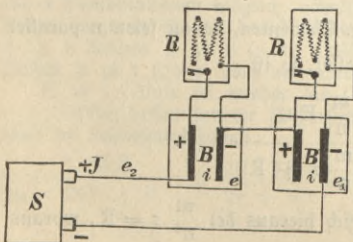


Bild 3. Thermoelemente.

Die positive Klemme der Stromquelle wird mit der Anode, die negative mit der Kathode (Ware) verbunden. Die negative Leitung erzeugt auf dem angefeuchteten Polreagenspapier (Phenolphthalein) einen roten Fleck, in Jodkaliumlösung einen schwarzen Fleck.



S Stromquelle (Nebenschluss-Dynamo).
R Regulator. B Bad.

Bild 4. Reihenschaltung.

f) **Gegenschaltung.** Zur Bestimmung des inneren Widerstandes einer Batterie von gleichen Elementen teilt man die Batterie in zwei gleiche Teile, schaltet jede Hälfte in Reihen und beide Reihen parallel. Die elektromotorischen Kräfte heben sich dann auf. Bild 2.

5. **Schaltung der Thermoelemente.** Wegen ihrer geringen elektromotorischen Kraft — sie beträgt bei Antimon-Wismut pro Celsiusgrad etwa 100 Mikrovolt — wird eine größere Anzahl der Elemente hintereinander und diese Reihen werden dann parallel verbunden; man hat also hier fast stets eine gemischte Schaltung.

Nach Bild 3 sind an den Antimonstab A Neusilberdrähte angeschmolzen oder angelötet. Das eine Gefäß enthält Wasser, das durch eine Weingeistlampe erhitzt wird, das andere wird durch Eisstücke auf Null gehalten.

6. **Schaltung der Bäder.** Die positive

Die positive Klemme der Stromquelle wird mit der Anode, die negative mit der Kathode (Ware) verbunden. Die negative Leitung erzeugt auf dem angefeuchteten Polreagenspapier (Phenolphthalein) einen roten Fleck, in Jodkaliumlösung einen schwarzen Fleck.

a) **Reihenschaltung,** wenn alle Elektrodenflächen gleich groß sind, Bild 4. Die Stromstärke der Bäder ist gleich der Stromstärke der Stromquelle: $J = i$; die Spannung der Stromquelle ist gleich der Summe der Spannungen der Bäder vermehrt um den Spannungsverlust e_2 in der Leitung:

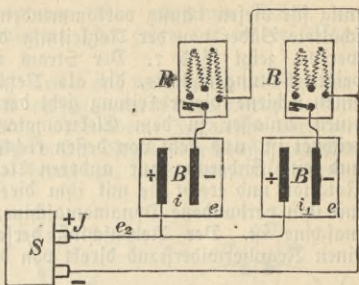
$$E = e + e_1 + e_2.$$

b) **Parallelschaltung.** Bild 5. Die häufigste Schaltung, weil die Warenfläche in den einzelnen Bädern beliebig verteilt werden kann. $J = i + i_1 + \dots$; $E = e + e_2$.

c) **Gemischte Schaltung** selten im Gebrauch.

d) **Galvanoplastische Anlage** (Bild 6) mit Nebenschlussmaschine von 2 bis 6 Volt Spannung. Vom Anker Ak fließt der Nutzstrom durch das Amperemeter Ap zum Bad, der + Strom zu den Anoden, der - Strom zu den Waren; der

Zweigstrom kreist um die Magnetspulen MM und durch den Regulator R; ferner wird ein kleiner Teil des Stromes von den Maschinenflemmen zum Voltmeter V mit hohem Widerstand abgeleitet.



S Stromquelle (Nebenschluss-Dynamo).

R Regulator. B Bad.

Bild 5. Parallelschaltung.

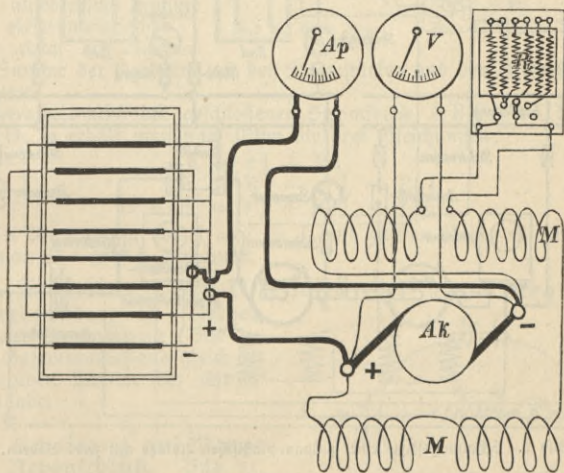


Bild 6. Galvanoplastische Anlage.

e) **Galvanoplastische Anlage mit Anschluß an eine Centrale.** Die Centralen liefern Spannungen von 100 bis 250 Volt, aber zum Betrieb der Bäder braucht man nur Spannungen von 3 bis 6 Volt. Man benutzt also einen rotierenden Umformer. In diesem Falle schaltet man auch gewöhnlich noch parallel zur Dynamomaschine einige Akkumulatoren, damit diese im Falle, daß keine Bedienung für den Motor vorhanden ist, die Stromlieferung übernehmen. Eine Schal-

tung für diesen häufig vorkommenden Fall, bei dem zwei parallel geschaltete Bäder von der Netzleitung der Centrale aus indirekt versorgt werden, zeigt Bild 7. Der Strom von der Centrale kommt in die beiden Leitungen links, die als Netzleitung bezeichnet sind. Von der einen Schiene dieser Leitung geht der Strom durch eine Sicherung und einen Anlasser zu dem Elektromotor, der als Nebenschlußmotor gezeichnet ist, und geht von dessen rechter Bürste durch einen Umschalter und eine Sicherung zur anderen Netzschiene. Der Motor kommt in Rotation und treibt die mit ihm direkt gekuppelte oder durch Riemen mit ihm verbundene Dynamomaschine, die ebenfalls eine Nebenschlußmaschine ist. Der Nebenschluß derselben (die Magnete) wird durch einen Regulierwiderstand direkt von der Netzleitung gespeist. Von den

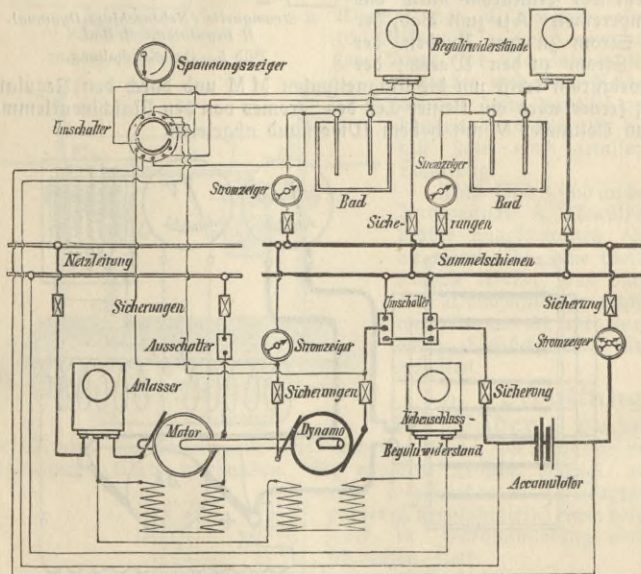


Bild 7. Schaltungsflanze einer galvanoplastischen Anlage mit zwei Bädern.

Bürsten dieser Dynamo gehen die Leitungen durch Sicherungen und Stromzweiger zu den zwei Schienen rechts, die als Sammelschienen bezeichnet sind. Es kann aber auch durch den Umschalter der Strom dieser Dynamo erst in den Accumulator geleitet werden und dann zur Schiene, oder es kann der Strom vom Accumulator direkt in die Schienen geleitet werden. An die Sammelschienen, die also wenige Volt Spannung haben, sind nun die beiden Bäder oben parallel geschaltet und jedes ist mit einem Regulierwiderstand versehen. Durch besondere Drähte, die zu dem Umschalter und Spannungszweiger (Voltmeter) links

oben führen, kann man die Spannung jedes einzelnen Teiles, der Dynamomaschine oder des Akkumulators oder jedes der beiden Bäder messen.

7. Regeln Kirchhoffs. Leiter von verschiedener Beschaffenheit, verschiedenem Querschnitt und verschiedener Länge werden oft zu einem komplexen Ganzen, einem Netz, verbunden. In diesem herrschen thermische oder chemische Kräfte. Die beiden Regeln Kirchhoffs gestatten in diesem Falle, die Stromstärken zu berechnen, die in den verschiedenen Leitern vorhanden sind.

a) **Erste Regel.** Bild 8. In jedem Punkt, in dem mehrere Leiter zusammentreffen, ist die algebraische Summe der Stromstärke gleich Null.

$$J_1 + J_2 + J_3 - J_4 - J_5 = 0.$$

b) **Zweite Regel.** Bild 9. In jedem Teil eines geschlossenen Stromkreises ist die algebraische Summe der elektromotorischen Kräfte gleich der algebraischen Summe der Produkte aus den Stromstärken und den Widerständen der Leiter.

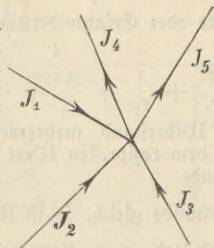


Bild 8. Erste Regel.

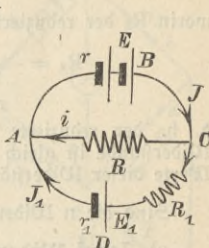


Bild 9. Zweite Regel.

Betrachtet man die geschlossenen Stromkreise ABC, ACD oder ABCD, so erhält man nach Ohm die drei Gleichungen:

$$\begin{aligned} E &= rJ + Ri, \\ E_1 &= Ri - r_1 J_1 - R_1 J_1, \\ E - E_1 &= rJ + R_1 J_1 + r_1 J_1. \end{aligned}$$

Mit Anwendung von $J = i + J_1$ und zweien obiger Gleichungen kann man J , i und J_1 berechnen.

8. Schaltung der Widerstände. a) Bei Schaltung hintereinander, in Reihen oder auf Spannung (Bild 10) ist der Gesamtwiderstand gleich der algebraischen Summe der Einzelwiderstände.

$$R = r_1 + r_2 + r_3.$$

b) Schaltung auf Menge oder Nebenschluss. Bild 11.

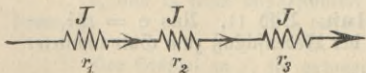


Bild 10.

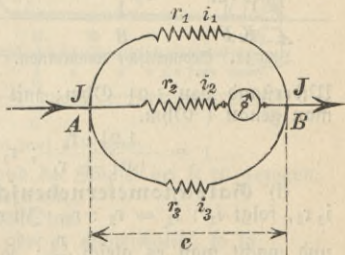


Bild 11.

Zweigschaltung.

Es seien n Zweige, die sich in den Punkten A und B vereinigen, zwischen denen die Potentialdifferenz e herrscht.

$$J = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n,$$

$$i_1 = \frac{e}{r_1}, i_2 = \frac{e}{r_2} + \dots + i_n = \frac{e}{r_n}, \text{ somit}$$

$$J = \frac{e}{r_1} + \frac{e}{r_2} + \frac{e}{r_3} + \dots + \frac{e}{r_n};$$

$$J = \frac{e}{R_z} = e \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n} \right),$$

worin R_z der reduzierte oder Ersatzwiderstand ist

$$R_z = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n}},$$

d. h. der reduzierte Widerstand mehrerer auf Menge verbundener Widerstände ist gleich dem reziproken Wert der Summe der reziproken Werte dieser Widerstände.

Sind die n Widerstände gleich, so ist $R_z = \frac{r}{n}$.

c) **Zwei Widerstände parallel:**

$$R_z = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}.$$

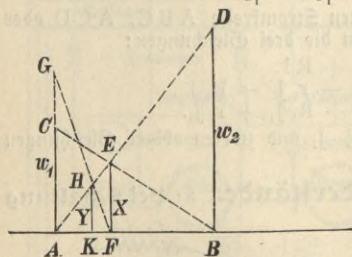


Bild 12. Geometrische Konstruktion.

Konstruktion. Bild 12. Die Lote AC und BD seien in irgend einem Maßstab die Widerstände r_1 (w_1) und r_2 (w_2); ziehe die Diagonalen und falle von deren Schnitt das Lot X ; so ist

$$X = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}.$$

Ist noch ein dritter Zweig $= AG$ vorhanden, so ziehe GF und falle das Lot Y , dann ist Y der reduzierte Widerstand von r_1, r_2, r_3 .

Aufgabe. Man hat einen

Widerstand von $1,01 \text{ Ohm}$; mit welchem Zweigwiderstand r_1 erhält man genau 1 Ohm .

$$1 = \frac{1,01 \cdot r_1}{1,01 + r_1}; r_1 = \frac{1,01}{0,01} = 101 \text{ Ohm}.$$

d) **Galvanometernebenschluss.** Bild 11. Aus $e = r_1 i_1 = i_2 r_2$, folgt $i_1 : i_2 = r_2 : r_1$. Ist r_1 der Nebenschluss zum Galvanometer und macht man es gleich $\frac{r_2}{9}$; so ist

$$(i_1 + i_2) : i_2 = (r_2 + r_1) : r_1$$

$$J : i_2 = 10 : 1$$

$$J = 10 i_2,$$

d. h. ist der Zweigwiderstand $= \frac{1}{9}$ des Galvanometerwiderstandes, so ist der Gesamtstrom das Zehnfache des Stromes im Galvanometer; ist $r_1 = \frac{1}{99}$ von r_2 , so ist $J = 100 i_2$, bei $\frac{1}{999}$ ist $J = 1000 i_2$.

e) **Wheatstonesche Brücke.** Bild 13. Man hat $i_a = i_b = J$; somit

$$i_c = i_d = J_1;$$

$$a \cdot J = c \cdot J_1,$$

$$b \cdot J = d \cdot J_1,$$

durch Division $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$, woraus

$$a \cdot d = b \cdot c$$

$$d = \frac{b}{a} \cdot c; \quad a = \frac{b}{d} \cdot c;$$

$$b = \frac{a \cdot d}{c}; \quad c = \frac{a \cdot d}{b}.$$

Ist im Zweige d ein Galvanometer eingeschaltet, so ist dessen Widerstand $d = \frac{b}{a} \cdot c$, wofern die Zuleitungen sehr geringen Widerstand besitzen.

f) **Meterbrücke mit zwei Ableisungen.** Bild 14. Die Widerstände von r_1 und r_2 sind gleich dem Widerstand des Meßdrahtes. X der unbekannte Widerstand. R ein Rheostat. Das Element (Batterie) wird an die Enden des Meßdrahtes angelegt.

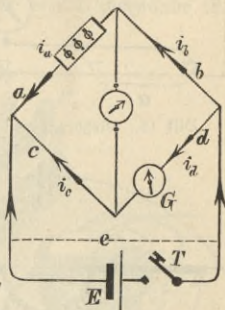


Bild 13. Meßbrücke.

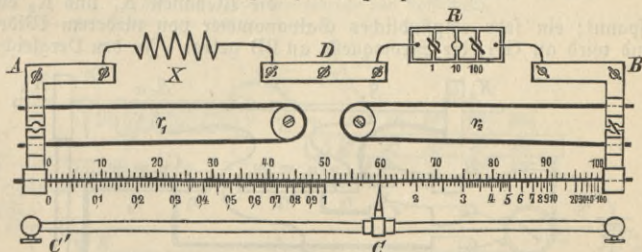


Bild 14. Meterbrücke mit zwei Ableisungen.

1. r_1 und r_2 seien ausgeschaltet und der Stöpsel bei R 10 gezogen, dann ist

$$X : 10 = 60 : 40;$$

$$X = 15 \text{ Ohm.}$$

2. Der Stöpsel zu r_1 sei gezogen oder r_1 eingeschaltet, so ist

$$X : 10 = (100 + 60) : 40,$$

$$X = 40 \text{ Ohm.}$$

3. Die Stöpsel zu r_1 und r_2 seien gezogen, dann ist

$$X : 10 = (100 + 60) : (100 + 40),$$

$$X = 11,43 \text{ Ohm.}$$

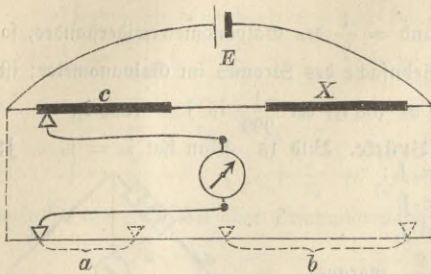


Bild 15. Meßbrücke von Matthiesen und Hockin.

g) Methode von Matthiesen und Hockin. Bild 15. c sei der Vergleichsdraht. Während die eine Schneide am Ende von c aufliegt, verschiebt man die andere auf dem ausgespannten Draht a b, bis das Galvanometer stromlos ist. Dann ist

$$a : b = c : X;$$

$$X = \frac{b \cdot c}{a}$$

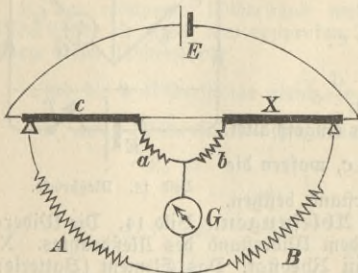


Bild 16. Thomsonsche Brücke.

h) Thomsonsche Brücke. Bild 16. Der Kontakt wird auf c so eingestellt, daß das Galvanometer stromlos ist. Ist $a = A$, $b = B$ und $B = n A$, so erhält man keinen Ausschlag am Galvanometer, wenn

$$X : c = B : A = n : 1;$$

$$X = n \cdot c.$$

i) Thomsonsche Doppelbrücke nach Hartmann-Braun. Bild 17. Der zu messende Widerstand wird in die Klemmen K_1 und K_2 eingeschaltet; ein sehr empfindliches Galvanometer von niederem Widerstand wird an GG, die Stromquelle an BB gelegt. In den Vergleichs-

gespannt; ein sehr empfindliches Galvanometer von niederem Widerstand wird an GG, die Stromquelle an BB gelegt. In den Vergleichs-

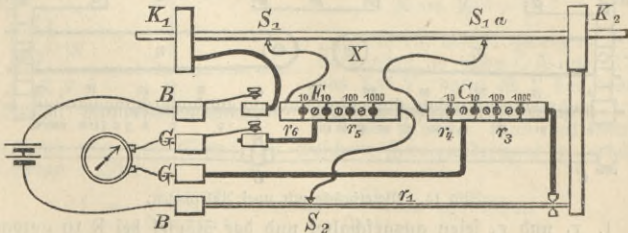


Bild 17. Thomsonsche Doppelbrücke nach Hartmann-Braun.

rheostaten wähle man durch Ziehen der entsprechenden Stöpsel passende Verhältnisse, zu welchem Zweck die Anschlüsse C und F zwischen allen vorhandenen Widerständen eingeschraubt werden können. Alsdann verschiebe man den Schieber S_2 auf dem in Tausendel Ohm geachteten Meßdraht, bis bei wiederholtem Schließen und Öffnen des Successivschlüssels das Galvanometer keinen Ausschlag mehr zeigt. Bezeichnet man das

Verhältnis der Widerstände $\frac{r_4}{r_3} = \frac{r_6}{r_5}$ mit n , so ist der durch S_1 und $S_1 a$ abgegrenzte Widerstand $x = r_1 \cdot n$.

k) **Universalmeßbrücke** nach Kohlrausch. Bild 18, 19, 20. Der Brückendraht ist zwischen EF ausgespannt, die Klemme F ist mit dem Rheostaten R verbunden und D durch einen starken Kupferbügel mit dem fünften Messingfloße. Das Viereck der vier Widerstände ist

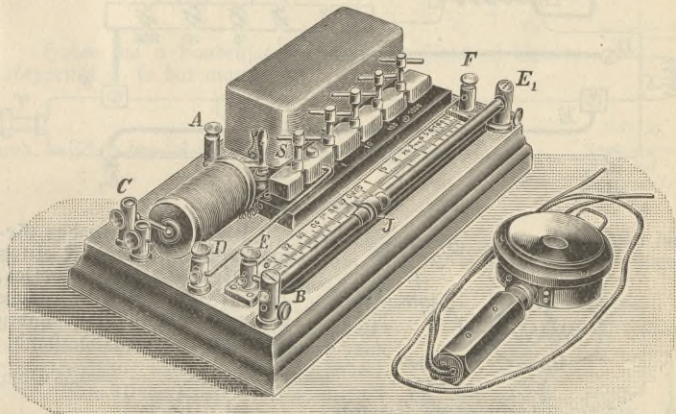


Bild 18. Universalmeßbrücke von Kohlrausch.

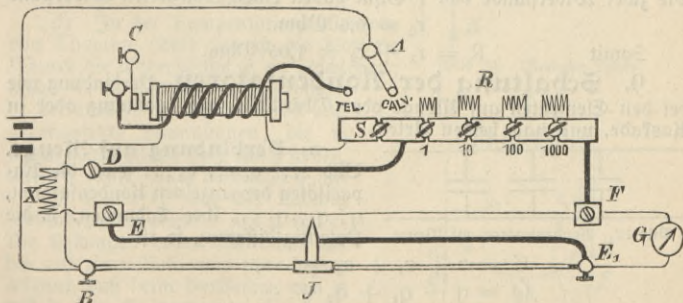


Bild 19. Schaltung für Gleichstrom.

hergestellt, wenn man X an D und E anlegt. Der Kontakt J ist an einem Messingstabe verschiebbar, der aber von E_1 isoliert ist. Zwischen E_1 und F wird das Galvanometer oder das Telephon angelegt.

Bei Messungen mit Gleichstrom schaltet man die Batterie zwischen B und A , legt den Hebel auf den Kontakt $GALV$ und zieht S ; bei Messungen mit Wechselstrom legt man den Hebel auf den Kontakt TEL , steckt

den Stöpsel S, schaltet die Batterie zwischen A und C und wählt bei R. Man mißt mit Wechselstrom bei nicht induktionsfreien Widerständen. Bild 20.

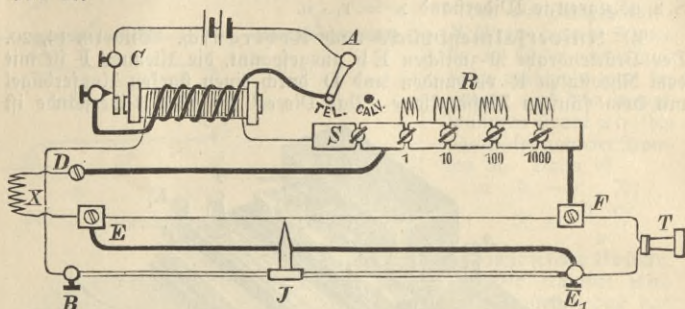


Bild 20. Schaltung für Wechselstrom.

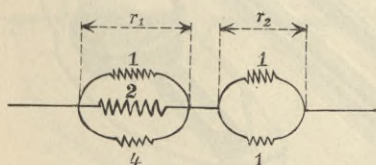


Bild 21. Zusammengesetzter Stromkreis.

1) Berechnung des Gesamtwiderstandes R eines komplexen Stromkreises. Bild 21. Die drei Widerstände von 1, 2 und 4 Ohm haben einen reduzierten Widerstand

$$r_1 = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = 0,55 \text{ Ohm.}$$

Die zwei Widerstände von 1 Ohm haben einen reduzierten Widerstand

$$r_2 = 0,5 \text{ Ohm.}$$

Somit $R = r_1 + r_2 = 1,05 \text{ Ohm.}$

9. Schaltung der Kondensatoren. Verbindung wie bei den Elementen auf Menge oder Oberfläche, auf Spannung oder in Kaskade, und nach beiden Arten.

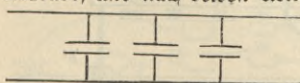


Bild 22. Kondensatoren auf Menge

a) Verbindung auf Menge.

Bild 22. $c, c_1, c_2 \dots$ seien die Kapacitäten der einzelnen Kondensatoren, $q, q_1, q_2 \dots$ ihre Ladungen, E die Potentialdifferenz, so ist

$$\begin{aligned} C &= c + c_1 + c_2 + \dots, \\ Q &= q + q_1 + q_2 + \dots, \\ E &= \frac{Q}{C} = \frac{q + q_1 + q_2 + \dots}{c + c_1 + c_2 + \dots}. \end{aligned}$$

b) Verbindung auf Spannung. Bild 23.

$$E = e + e_1 + e_2, \quad Q = ce + c_1 e_1 + c_2 e_2,$$

$$\frac{e}{Q} = \frac{1}{c}, \quad \frac{e_1}{Q} = \frac{1}{c_1}, \quad \frac{e_2}{Q} = \frac{1}{c_2}.$$

Durch Addition

$$\frac{e + e_1 + e_2}{Q} = \frac{1}{c} + \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2},$$

woraus

$$\frac{E}{Q} = \frac{1}{c} + \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2},$$

da aber $C = \frac{E}{Q}$, so ist $C = \frac{1}{\frac{1}{c} + \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2}}$.

Haben die n Kondensatoren (Leidener Flaschen) dieselbe Kapazität c , so hat man

$$C = \frac{c}{n},$$

und zwischen den Belegen jeden Kondensators

$$e = \frac{E}{n}.$$

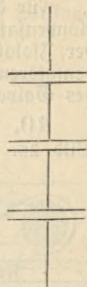


Bild 23.
Kondensatoren auf Spannung.

c) **Vergleichung von Kondensatoren.** (a) Sauty schaltet die zu vergleichenden Kondensatoren nach Bild 24. A und B sind regulierbare induktionsfreie Widerstände, der Schlüssel T liegt gewöhnlich am Kontakte a. Bei Niederdrücken des Tasters schlägt das Galvanometer G aus. Es wird dann das Verhältnis von A : B so geändert, daß G beim Niederdrücken von T in Ruhe bleibt. Dann ist $X = \frac{A}{B} \cdot C$.

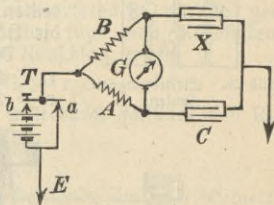


Bild 24. Methode Sauty.

β) In der Kompensations-Methode von Thomson (Bild 25) ist die Batterie B durch die Widerstände w_1, w_2 geschlossen; längs w_1, w_2 läßt sich ein Endkontakt e_1 verschieben, so daß man ad entgegengesetzte Spannungen, die in jedem gewünschten Verhältnis stehen, erteilen kann. Man verbindet a mit c und d mit f; nach der Ladung verbindet man c mit b und f mit e. Die Ladungen heben sich dann auf bis auf einen Rest, was man daran erkennt, daß beim Verbinden von g mit h das Galvanometer G einen Ausschlag giebt. Man verschiebt den Endkontakt e_1 nun so lange, bis die Ladungen sich vollständig kompensieren. Alsdann ist die Kapazität

$$C_1 = C_2 \cdot \frac{w_2}{w_1}.$$

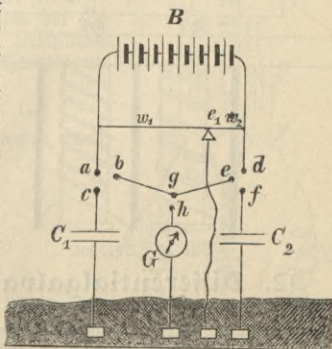
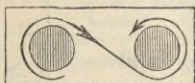


Bild 25. Kompensationsmethode.

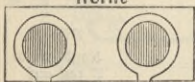
für den Kondensator C_2 wählt man einen Kondensator oder einen Kondensatorsatz, der nach Mikrofarad geteilt ist. Sind jedoch sowohl der Isolationswiderstand als die elektrostatische Hysteresis beider Kondensatoren nicht annähernd einander gleich, so erhält man keine Ruhe des Galvanometers. Mikro = 1 Millionstel.

10. Schaltungen der Elektromagnetspulen

Bild 26. a) Die Elektromagnetspulen werden gewöhnlich in Reihen geschaltet. Ist R der Widerstand in der Stromquelle und in der Leitung, r der Widerstand der hintereinander geschalteten Elektromagnetspulen, so ist



Reine



Parallel

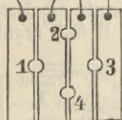


Bild 26. Elektromagnetspulen.

$$J_1 = \frac{E}{R + r}$$

b) Bei Schaltung auf Menge oder Parallelschaltung wird der Widerstand im Elektromagnet

$$\frac{r}{4}, \text{ also } J_2 = \frac{E}{R + \frac{r}{4}} = \frac{4E}{4R + r}$$

J_2 ist größer als J_1 , es geht aber im geteilten Stromkreise durch jede der Rollen nur die Hälfte von J_2 .

Die Reihenschaltung ist vorteilhafter, wenn $r < 2R$, die Parallelschaltung aber, wenn $r > 2R$.

11. Schaltung der Rheostatenspulen.

Bild 19, 20, 27. Die Rollen der bifilar gewickelten Rheostaten, sowie die Spiralen der Kurbelrheostaten werden in Reihe geschaltet. Sind in ersteren die Stöpsel gezogen, so sind die Widerstände eingeschaltet; sind sie gesteckt, so geht der Strom durch die Stöpselschienen.

Bei Lampenbatterien werden die Lampen parallel geschaltet und können einzeln oder gruppenweise ein- oder ausgeschaltet werden.

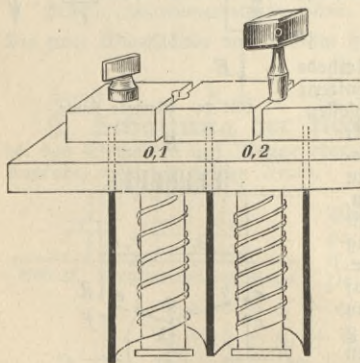


Bild 27. Rheostat.

12. Differentialgalvanometer. a) Parallelschaltung.

Bild 28. Die Widerstände X und R sind gleich, wenn das Galvanometer kleinen Ausschlag giebt. Bedingung ist dabei, daß G_1 und G_2 gleiche Widerstände und gleiche Wirkung auf die Nadel besitzen.

Man schaltet vor X einen Stromwender; ist bei dessen erster Stel-

lung der gezogene Widerstand R_1 Ohm, bei dessen zweiter Stellung R_2 Ohm, so ist

$$X = \frac{R_1 + R_2}{2}.$$

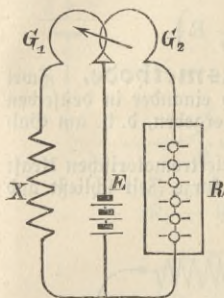


Bild 28. Differentialgalvanometer.

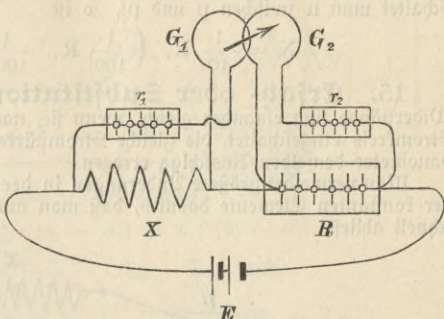


Bild 29. Differentialgalvanometer.

b) **Reihenschaltung.** Bild 29. X und R werden hintereinander geschaltet und jedem derselben eine Galvanometerhälfte parallel geschaltet. In die eine oder in beide Hälften fügt man Rheostaten ein r_1 r_2 . Das Galvanometer zeigt keinen Ausschlag, wenn

$$R : X = (G_2 + r_2) : (G_1 + r_1).$$

fügt man zu $(G_1 + r_1)$ noch R_1 und stellt durch Zufügen von R_2 zu $(G_2 + r_2)$ das Gleichgewicht her, so ist

$$R : X = R_2 : R_1,$$

in letzterem Falle werden die Verbindungswiderstände sämtlich eliminiert (ausgeschaltet). Diese Methode empfiehlt sich zur Bestimmung von Widerstandsänderungen von X , z. B. zur Messung von Temperaturkoeffizienten oder der Erwärmung durch den Strom. Ist das Verhältnis von X und R bei gewöhnlicher Temperatur bestimmt durch

$$X : R = (r_1 + G_1) : (r_2 + G_2)$$

und wenn X eine andere Temperatur besitzt, durch

$$X_1 : R = (r'_1 + G_1) : (r_2 + G_2),$$

so ist $X_1 : X = (r'_1 + G) : (r_1 + G)$,

$$\text{und} \quad \frac{X_1 - X}{X} = \frac{r'_1 - r_1}{r_1 + G},$$

ist die prozentische Widerstandszunahme von X .

c) **Nebenschluß.** Bild 30. Der Nebenschluß n liege zwischen P und P' , worin

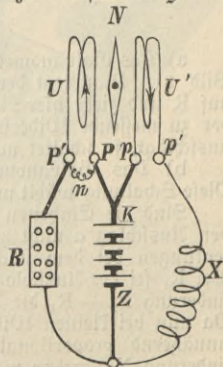


Bild 30. Differentialgalvanometer mit Nebenschluß.

$n = \frac{1}{9}$, $\left(\frac{1}{99}, \frac{1}{999}\right)$ des Galvanometerwiderstandes ist; dann hat man $X = 10 R$, $(100 R, 1000 R)$.

Schaltet man n zwischen p und p' , so ist

$$X = \frac{1}{10} R, \left(\frac{1}{100} R, \frac{1}{1000} R\right).$$

13. Ersatz- oder Substitutionsmethode. Zwei Widerstände sind einander gleich, wenn sie, nach einander in denselben Stromkreis eingeschaltet, die gleiche Stromstärke ergeben, d. h. am Galvanometer denselben Ausschlag erregen.

Man vermeidet größere Änderungen in der elektromotorischen Kraft der konstanten Elemente dadurch, daß man nur kurze Zeit schließt und schnell abliest.

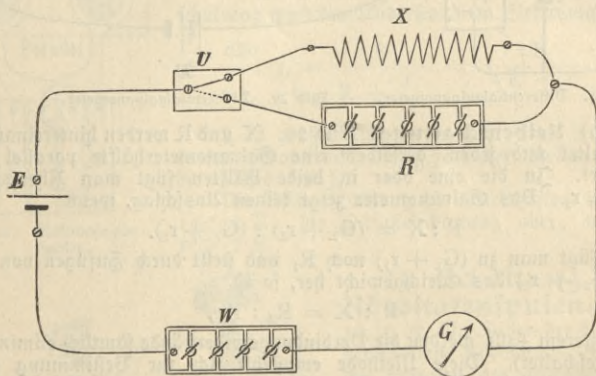


Bild 31. Ersatzmethode.

a) Das Galvanometer mit den Widerständen in Reihe geschaltet. Bild 31. Man legt den Schlüssel des Umschalters U auf X und dann auf R und zieht hier Stöpsel, bis derselbe Ausschlag erreicht wird. Ist der zu messende Widerstand so klein, daß die Nadel über die Teilung ausschlägt, so schaltet man einen Ballastwiderstand W ein.

b) Das Galvanometer liegt zu X und R parallel. Bild 32. Diese Schaltung wählt man bei sehr kleinen zu messenden Widerständen.

Sind die Einheiten des Rheostaten nicht klein genug, so daß man den Ausschlag a nicht genau wieder erhält, so beobachtet man die Ablenkungen bei dem nächst kleineren und nächst größeren Widerstand. Bei R_1 sei der Ausschlag a_1 , bei R_2 sei er a_2 , so hat die Widerstandsänderung $R_2 - R_1$ die Ablenkungsänderungen $a_1 - a_2$ hervorgebracht. Da nun bei kleinen Widerstandsänderungen die Ablenkungsänderungen annähernd proportional sind, so erhält man diejenige Widerstandsänderung X , welche man hätte vornehmen müssen, um den Ausschlag von a_1 auf a zu verringern, aus der Proportion:

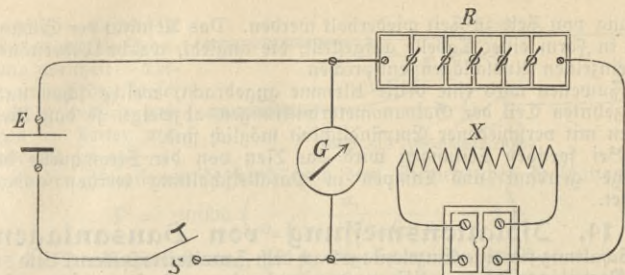


Bild 32. Ersatzmethode.

$$(R_2 - R_1) : (a_1 - a_2) = x : (a_1 - a);$$

$$x = \frac{a_1 - a}{a_1 - a_2} \cdot (R_2 - R_1), \text{ und}$$

$$X = R_1 + x = R_1 + \frac{a_1 - a}{a_1 - a_2} \cdot (R_2 - R_1).$$

c. Die Ersatzmethode wird vorzugsweise zum Messen großer Widerstände, z. B. von Isolationswiderständen angewendet.

Der Isolationsprüfer von Siemens & Halske, Bild 33, enthält in einem Kasten eine Batterie von Trockenelementen; der eine Pol desselben wird mit der einen Klemme des Galvanometers von 30 000 Ohm Widerstand ver-

bunden. Der zweite Pol der Batterie und die

Klemme des Galvanometers führen zu den beiden am Kasten angebrachten Klemmen.

Wird der zu messende Widerstand mit den Klemmen des Kastens verbunden, so ist der Stromkreis geschlossen und das

Galvanometer macht einen Ausschlag. Der Apparat muß mit einem Widerstandskasten geeicht und die

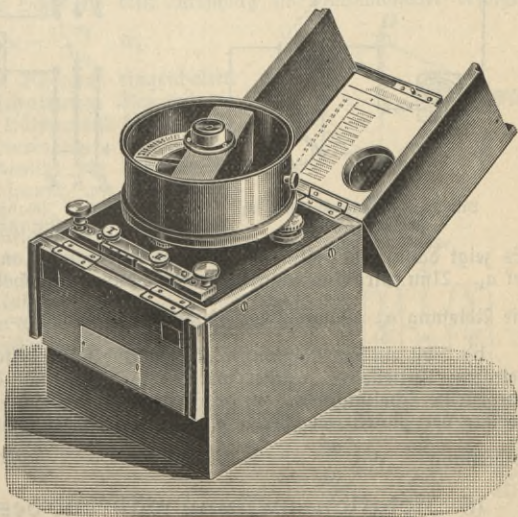


Bild 33. Isolationsprüfer.

Eichung von Zeit zu Zeit wiederholt werden. Das Resultat der Eichung wird in Form einer Tabelle aufgestellt, die angiebt, welche Widerstände den einzelnen Ausschlägen entsprechen.

Zuweilen wird eine dritte Klemme angebracht, welche schon nach dem zehnten Teil der Galvanometerwicklungen abzweigt, so daß Messungen mit verschiedener Empfindlichkeit möglich sind.

Bei fertigen Leitungen wird das Netz von der Stromquelle der Anlage getrennt und Lampen in Parallelschaltung werden ausgeschaltet.

14. Isolationsmessung von Hausanlagen.

a) Schaltung für eine Einzelanlage nach dem Zweileiterystem, Bild 34. Die Verteilungsschienen SS werden verbunden und der positive Pol der Stromquelle an Erde gelegt. Der negative Pol wird durch einen Spannungsanzeiger nach d'Arsonval von möglichst hohem Widerstand W an die Schienen SS gelegt und die punktierte Verbindung hergestellt.

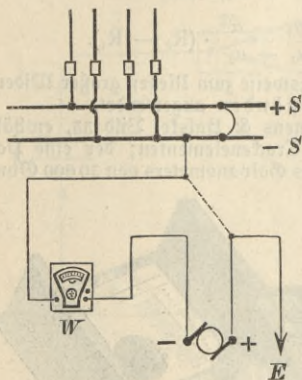


Bild 34. Isolationsmessung im Zweileitersystem.

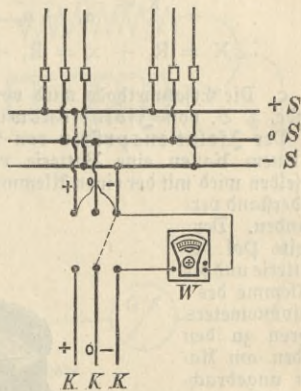


Bild 35. Isolationsmessung im Dreileitersystem.

Es zeigt dann das Voltmeter die Betriebsspannung an. Die Ablesung sei a_1 . Nun wird die punktierte Verbindung aufgehoben; es sei jetzt die Ablesung a_2 . Dann ist der Isolationswiderstand $= W \left(\frac{a_1}{a_2} - 1 \right)$.

b) Soll ein Hausanschluß nach dem Dreileitersystem mit an Erde gelegtem Mittelleiter geprüft werden, so stellt man die in Bild 35 dargestellte Schaltung her. Ist der Instrumentauschlag a_1 und nach Aufhebung der punktierten Verbindung a_2 , so ist der gesuchte Isolationswiderstand $= W \left(\frac{a_1}{a_2} - 1 \right)$.

15. Isolationsmessung während des Betriebes.

a) Zweileitersystem, Bild 36. Man messe die Spannung zwischen dem

+ und - Leiter, sie sei a_1 ; dann die Spannung zwischen + Leiter und Erde, sie sei a_2 (+); endlich zwischen - Leiter und Erde, sie sei a_3 (-); so ist der Isolationswiderstand nach dem Siemenschen Galvanometer

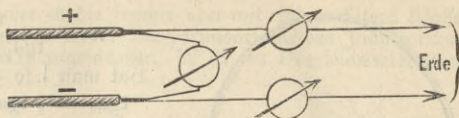


Bild 35. Isolationsmessung.

$$F = 30000 \left(\frac{a_1}{a_2 (+) - a_3 (-)} - 1 \right).$$

b) Dreileitersystem. Ist a_1 die Spannung zwischen + und 0 Leiter, a_2 (+) die Spannung zwischen + Leiter und Erde, a_3 (0) die Spannung zwischen 0 Leiter und Erde, so ist der Isolationswiderstand

$$F = 30000 \left(\frac{a_1}{a_2 (+) - a_3 (0)} - 1 \right).$$

Hierbei ist vorausgesetzt, daß bei Messung von a_3 (0) dieselbe Klemme des Instruments an Erde liegt, wie bei Messung von a_2 (+). Muß dagegen, um einen nach rechts gehenden Ausschlag zu erzielen, bei der Messung von a_3 (0) die Erde anders liegen, so ist in der Formel statt $- a_3$ (0) zu schreiben $+ a_3$ (0).

16. Widerstand von Batterien. a) Methode von Mance. Bild 37. Man schaltet das konstante Element E in einen Zweig der Brücke und gleicht w_1 , w_2 und w_4 so aus, daß beim Schließen und Öffnen des Schlüssels kein Ausschlag im Galvanometer erfolgt; dann ist

$$w_3 = x = \frac{w_1}{w_2} \cdot w_4.$$

In w_4 wird ein Rheostat eingeschaltet.

b) Gegenschaltung. Man teilt die Batterie in zwei Hälften und schaltet diese nach Bild 2 gegeneinander.

c) Man benützt die Universalbrücke von Kohlrausch mit Induktionsapparat, Bild 19.

d) Näherungsverfahren von Discher. Bild 38. Wird der Taster T gedrückt, so wird der Rheostat R reguliert, bis die Nadel auf Null steht. Der Widerstand der Batterie ist dann gleich dem Widerstand des eingeschalteten Rheostatenwiderstandes.

e) Mit der Tangentenbusssole. Bild 39. Der Widerstand des Elementes sei x_1 , der der Busssole samt Drahtleitung G; das Element erzeugt die Nadelablenkung a_1 ; hierauf schalte man den Widerstand I ein, die Ablenkung sei a_2 . Dann ist

$$\operatorname{tga}_1 : \operatorname{tga}_2 = (x + G + I) : (x + G);$$

somit

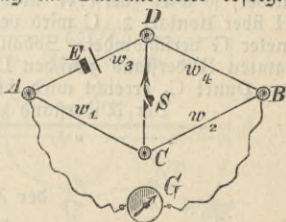


Bild 37. Mance.

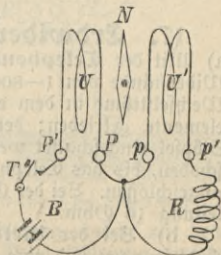


Bild 38. Discher.

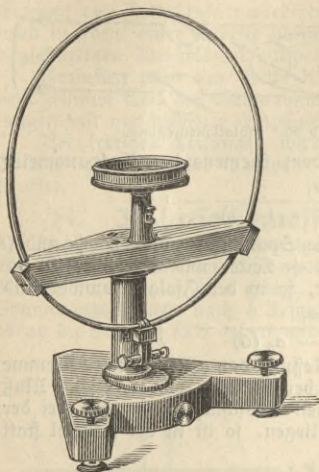


Bild 39. Tangenten-Buffsole.

$$x = \frac{tga_2}{tga_1 - tga_2} \cdot l - G.$$

Hat man l so gewählt, daß

$$tga_2 = \frac{1}{2} tga_1, \text{ so ist } x = l - G.$$

f) **Misaleichmethode.** Bild 40. R sei ein Rheostat mit kleinem Widerstand, AB ein Normaldraht von bekanntem Widerstand mit Schleifkontakt

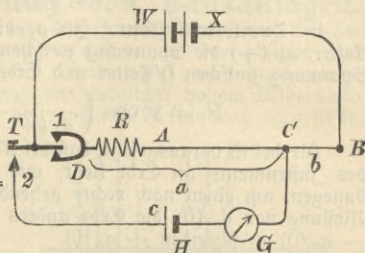


Bild 40. Widerstandsmessung.

takt C, W die zu messende Batterie vom Widerstand x , H eine Hilfsbatterie von geringerer elektromotorischer Kraft als W. Drückt man T nieder, so wird zuerst W über Kontakt 1 geschlossen, kurz darauf auch H über Kontakt 2. C wird verschoben, bis die Ablenkung im Galvanometer G verschwindet. Sodann ändert man mit Hilfe von R den gesamten Widerstand zwischen D und B und verschiebt C so lange, bis der Punkt C_1 erreicht wird, bei dem ebenfalls keine Ablenkung erfolgt.

Der Widerstand zwischen	D und C	sei =	a			
" "	" "	" "	C "	B	=	b
" "	" "	" "	D "	C_1	=	a_1
" "	" "	" "	C_1 "	B	=	b_1
" "	" "	" "	der Zuleitungsdrähte zu W = R;			

dann ist

$$x = \frac{a b_1 - a_1 b}{a_1 - a} - R.$$

17. Erdwiderstände bei Blitzableiteranlagen.

a) Mit der **Telephonbrücke** von **Mix & Genest**, Bild 41, können Widerstände von 1—800 gemessen werden. Der Unterbrecher U erzeugt Wechselströme in dem einen Brückendrahte; U wird durch zwei Trockenelemente getrieben; der Rheostat R enthält 3 Widerstände, die durch Stöpsel eingeschaltet werden; der Kontakt wird auf dem Meßdraht verschoben, bis das Telephon schweigt; in E und L werden die Leitungen angeschlossen. Bei der Oberleitung stöpselt man 1 Ohm ein, bei der Erdleitung 10 Ohm.

b) Bei der **Methode von Wiechert** (Bild 42) sind nur zwei Erdleitungen und eine Hilfserde, deren Widerstand sehr groß sein kann, nötig. Es genügt zu diesem Zweck ein etwa 40 cm langer Eisendraht,

von 8 bis 10 mm, welcher in die feuchte oder mit einigen Litern Wasser angefeuchtete Erde getrieben wird. Die Sekundärspule des Inductoriums ist an den Meßdraht AB angeschlossen, W ist ein Vergleichswiderstand von 10 Ohm, x und y die beiden Erdleitungen und E die Hilfserde bezw. der Erdkontakt.

Man stößelt nun einmal nach D und stellt den Brückenkontakt (C_1) ein, sodann nach E und macht eine zweite Einstellung (C_2). Dann ist

$$a : b : c$$

$$= 10 : y : x.$$

Hieraus ergibt sich

$$x = \frac{10 c}{a},$$

$$y = \frac{10 b}{a}.$$

Der Widerstand der Zuleitungen ist von den so gefundenen Werten abziehen. Ist der Meßdraht nicht in mm, sondern nach dem Brückenverhältnis eingeteilt, so verfährt man also:

Man bestimmt zunächst das Verhältnis der beiden Ausbreitungswiderstände $\frac{x}{y} = A$, indem man aus dem Meßdraht und den beiden Erden, also mit Ausschluß der Spule W, das Wheatstonesche Viereck bildet.

Das Telephon wird an den Erdkontakt E gelegt und die Einstellung gemacht, welche den Wert A direkt ergibt. Hierauf hebt man die direkte Verbindung zwischen A und D auf und schaltet die Spule W ein, und macht neuerdings eine Ablesung, welche mit dem Widerstand der Spule W multipliziert wird. Diese Ablesung ergibt

$x + y = B$.

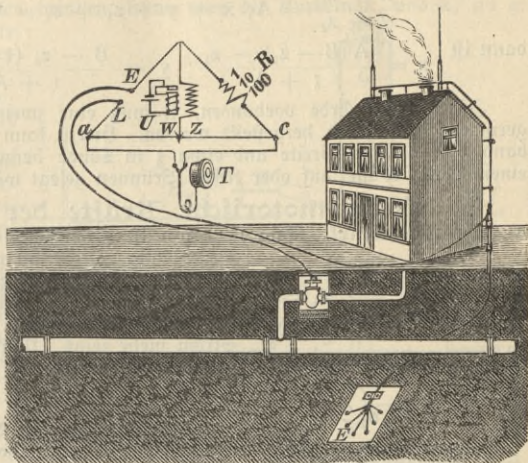


Bild 41. Erdwiderstand bei Blitzableitern.

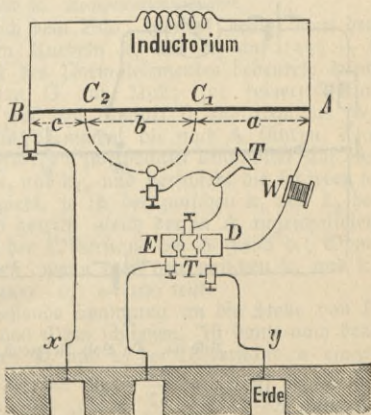


Bild 42. Erdwiderstand bei Blitzableitern.

Die Widerstände der Zuleitungen, welche z_1 und z_2 betragen mögen, sind bei der Aufstellung der Gleichungen zu berücksichtigen wie folgt:

$$\frac{x + z_1}{y + z_2} = A; \quad x + y + z_1 + z_2 = B;$$

dann ist
$$x = \frac{A(B - z_1) - z_1}{1 + A}; \quad y = \frac{B - z_2(1 + A)}{1 + A}.$$

Ist nur eine Erde vorhanden, so muß eine zweite Hilfserde von geringem Widerstand hergestellt werden. Hierzu kann man ein Stahlband von 26 mm Breite und etwa 1 m Länge benutzen, welches in einen Teich, Wasserlauf oder tiefen Brunnen gelegt wird.

18. Elektromotorische Kräfte der Batterien.

a) Methode Clark. Bild 42. m n ist der Schlittenwiderstand, die Verbindung von E mit m n wird aufgehoben und r so lange geändert, bis G_1 keinen Strom mehr anzeigt. Nun wird C so lange verschoben, bis G_2 keinen Strom mehr zeigt. Dann ist

$$E = E_1 \cdot \frac{x}{x + y}.$$

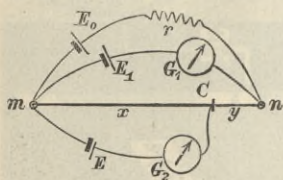


Bild 43. Methode Clark.

b) Methode Du Bois Reymond. Bild 44. AB sei ein homogener Draht,

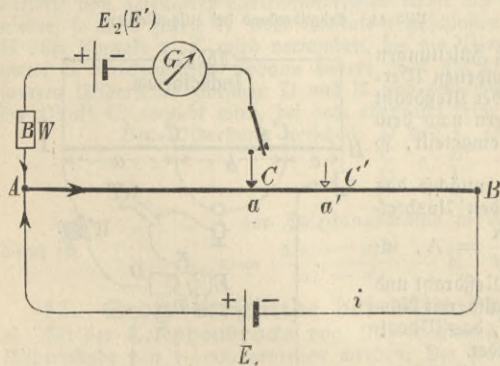


Bild 44. Du Bois Reymond.

BW Ballastwiderstand; E_1 konstantes Element (Akкумуляtor). Man verschiebt den Schleifkontakt C , bis durch G kein Strom fließt, was für E_2 bei a und E' bei a' erfolge. Dann ist $E_2 : E_1 = Aa : Aa'$.

Hat das Normal-Element E' (Daniell) die elektromotorische Kraft von 1,07 Volt und ist $AC = 84$, und AC'

$= 62$, so ist $E_2 = \frac{84}{62} \cdot 1,07 = 1,45$ Volt. E_1 muß größer sein als E_2 und E' .

19. Kompensationsapparat der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Wenn durch den bei A befindlichen Widerstand (Bild 45) von R Ohm der Strom von J Ampere fließt, so erhält man an den Klemmen von R die Spannung $R \cdot J$ Volt.

Wenn nun diese Klemmen durch den zweipoligen Umschalter mit den Kurbeln k_1 und k_2 verbunden sind, während in die Verbindungsleitung das Galvanoskop G eingeschaltet ist, so kann man den Strom in G zum Verschwinden bringen, wenn man die Kurbeln k_1 und k_2 an geeignete Punkte des Stromkreises $E W_1 W_2 W_3 W_4$, der eine elektromotorische Kraft enthält, anlegt.

HgZ ist ein Clarksches Normalelement, dessen elektromotorische Kraft

$0,001 (1449 - t)$ ist. E ist eine Hilfsbatterie, am besten eine Akkumulatoren-Batterie, W_1 ein Widerstand von 90050 Ohm

(100 000 Ohm), W_2 und W_4 Kurbelrheostaten, W_3 ein Stöpselrheostat.

Zunächst schaltet man nach dem Bild; hierauf bringt man den Widerstand zwischen den beiden Kurbeln k_1 und k_2 auf $1449 - t$ Ohm, wobei t die Temperatur des Normalelementes bedeutet; durch Regulieren an W_1 bringt man G auf Null; zur feineren Einstellung dreht man zuletzt k_3 auf den Kontakt 0 und reguliert W_1 nach. Bringt man jetzt an die Klemmen, die nach A führen, eine Potentialdifferenz, schaltet sie durch den zweipoligen Umschalter auf das Galvanoskop und die Kurbeln k_1 und k_2 , und verschiebt die letzteren so lange, bis G keinen Strom anzeigt, so ist der zwischen k_1 und k_2 befindliche Widerstand, durch 1000 geteilt, gleich der in A angeschalteten Potentialdifferenz in Volt. Ist der Widerstand bei A gleich $0,1$ Ohm, so wird die Stromstärke gefunden, wenn man den zwischen k_1 und k_2 befindlichen Widerstand durch $1000 \cdot 0,1 = 100$ teilt.

Man kann auch die zu messende Spannung an die Stelle von E bringen und dieselbe durch 100 000 Ohm schließen. Ist dann nach dem Bild G auf Null, wenn zwischen k_1 und k_2 der Widerstand w eingeschaltet ist, so hat man

$$\frac{E}{100\,000} \cdot w = 0,001 (1449 - t) \text{ oder } E = \frac{100 (1449 - t)}{w} \text{ V.}$$

für den letzteren Fall kann W_1 wie im Bild ein Widerstand von 90050 Ohm sein; sonst ein Satz von 10 bis 50000 Ohm.

Das Normalelement darf in den letzten 24 Stunden, vor der Messung Temperaturänderungen von höchstens 5°C durchgemacht haben.

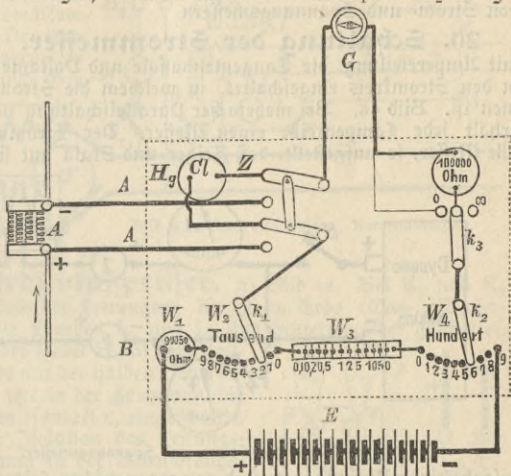


Bild 45. Kompensationsapparat.

Die Rheostaten müssen genau abgeglichen sein, so daß jeder Einzelwiderstand auf 0,001 seines Wertes richtig ist. Der Apparat gestattet Stromstärken von 0,0001 bis 1000 Ampere und Spannungen von 0,014 bis 1400 Volt zu messen. Verwendung zu Graduierungen und Eichungen von Strom- und Spannungsmessern.

20. Schaltung der Strommesser. Der Strommesser mit Ampereteilung, die Tangentenbussole und Voltmeter werden direkt in den Stromkreis eingeschaltet, in welchem die Stromstärke zu bestimmen ist. Bild 46. Bei mehrfacher Parallelschaltung von Bogenlampen erhält jede Lampenreihe einen Messer. Der Strommesser wird, wie alle Messer, so aufgestellt, daß Zeiger und Skala gut sichtbar sind. Alle

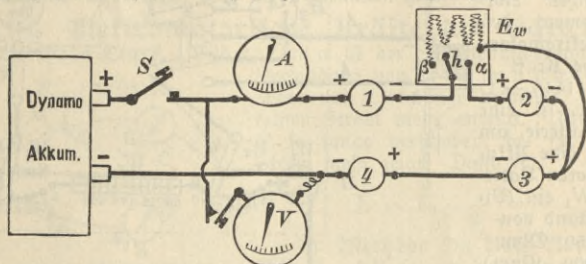


Bild 46. Strom- und Spannungsmesser.

eisenhaltigen Meßapparate sind von magnetischen Feldern fern zu halten. Die Wirkungen der Zu- und Ableitungen sollen einander aufheben, also symmetrische Anordnung derselben. Bei feuchten Wänden benutzt man Zwischenlagen. Sind die Klemmen nicht mit + und - bezeichnet, so ist für die Schaltung die Stromrichtung beliebig. In Bild 46 ist S der Schlüssel zum Ein- und Ausschalten des Stromes; E_w ein Ersatzwiderstand; soll nämlich die Bogenlampe 2 gelöscht werden, so legt man den Hebel h von a auf β und der Strom fließt von β durch den Widerstand nach 3, dabei müssen Drahtwiderstand und Bogenlampe den gleichen Widerstand besitzen. A Ampere, V Voltmeter. — Auch zum Eichn und Graduieren werden die Strommesser in Reihen geschaltet.

21. Schaltung der Spannungsmesser, Bild 46. Der in Volt geeichte Spannungsmesser wird in den Nebenschluß geschaltet. Er ist für Glühlichtanlagen, parallel geschaltete Bogenlampen und gemischte Anlagen unentbehrlich. Bei höheren Spannungen legt man hinter den Spannungsmesser noch einen Widerstand.

Um in einer Centrale die Spannung an einem entfernten Punkte des Netzes kontrollieren zu können, führt man von diesem Punkt zwei schwache isolierte Prüfdrähte k_1 , k_2 in den Maschinenraum (Bild 47) zu einem Voltmeter V_2 und schaltet häufig noch dazu eine Kontrolllampe Kl parallel. Man kann auch die eine Klemme des Voltmeters V_3 an eine Hauptleitung anlegen und die andere Klemme zu einem Umschalter U führen, der an den Kontrolldraht k_3 und an die andere Hauptleitung umgelegt werden kann. Die in beiden Stellungen gemessene

Spannungs-Differenz entspricht dann dem halben in der Hauptleitung vorhandenen Spannungsverlust. Das Voltmeter V_1 mißt die Klemmenspannung der Dynamo. B_s sind Bleisicherungen. Auch zum Erden und Gra-
nduieren werden die Spannungs-
mess-
er parallel
ge-
schaltet.

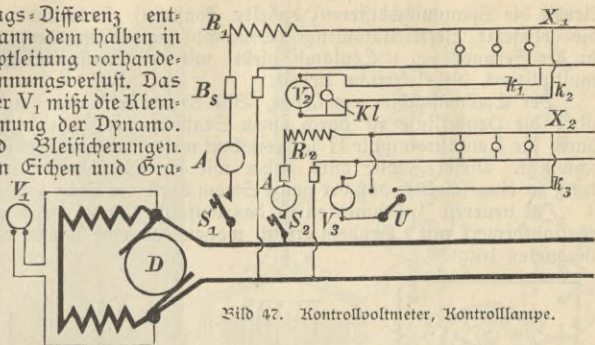
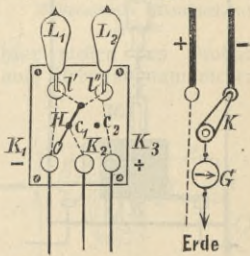


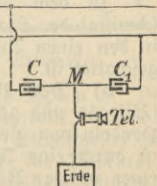
Bild 47. Kontrollvoltmeter, Kontrolllampe.

22. Der Erdschlußprüfer. a) Bild 48. Bei K_1 und K_2 befinden sich die Pole der Leitungen; K_2 ist an Erde (Gas-, Wasserleitung) gelegt. Die Lampen L_1 und L_2 sind hintereinander geschaltet, und brennen, falls der Hebel H auf dem Kontakt c_2 aufsteigt, jede mit der halben Betriebs-
spannung. Ist, so wie in der Zeichnung, die Erdschleifung durch den Kontakt c_1 eingeschaltet, so wird bei guter Isolation des Leitungs-
netzes keine Änderung in der Beleuchtungs-
stärke der beiden Lampen eintreten; hat aber
z. B. der positive Pol Schluß mit der Erde
oder ungenügende Isolation, so wird L_1 mit
höherer als der halben Betriebsspannung
brennen. Schließt man die Drähte l' und l''
direkt an K_2 , so brennt L_1 oder L_2 , jenachdem
der positive oder negative Pol Erdschluß hat.

Bild 48. Erdschluß-
prüfer. Bild 49.

b) Bild 49. Ein Galvanometer G mit
zahlreichen Windungen, aber nicht zu großem Wider-
stand ist einerseits mit der Erde, andererseits mit der
Kurbel K verbunden. Hat die positive Leitung Erd-
schluß, so fließt ein Strom durch G , wenn K auf dem
negativen Kontaktknopf liegt. G ermöglicht eine an-
nähernde Messung der Widerstände, welche den ein-
zelnen Ausschlägen der Nadel entsprechen.

c) Bild 50. Bei Wechselströmen verwendet man
Kondensatoren C und C_1 und ein Telephon.

Bild 50. Erdschluß-
prüfer.

**23. Schaltung der Elektrizitäts-
zähler.** Die elektrische Arbeit wird durch das Produkt Ampere \times
Volt \times Zeit ausgedrückt. Apparate, welche durch eine einzige Beob-
achtung die elektrische Arbeit messen, nennt man elektrische Arbeitsmesser
oder Elektrizitätszähler. Dieselben werden eingeteilt in: 1. Coulomb-
messer; 2. Voltcoulombmesser; 3. Voltampere- oder Wattmesser.

a) **Die Coulombzähler.** Ist bei einer geleisteten elektrischen

Arbeit die Spannungsdifferenz dieselbe (konstant), so braucht man nur die gelieferte Elektrizitätsmenge (Coulomb) zu messen, den 1 Ampere in der Sekunde = 1 Coulomb giebt, mit der konstanten Spannung multipliziert, die elektrische Arbeit.

Der Coulombzähler von Aron, Bild 51, besteht aus einer Pendeluhr; die Pendellinse ist durch einen Stahlmagnet M ersetzt, welcher durch die Hauptstromspule H so beeinflusst wird, daß das Pendel schneller schwingt. Dieser Zähler wird daher wie ein Strommesser in die Leitung so eingeschaltet, daß der ganze Strom durch die Rolle hindurchfließt.

In neueren Instrumenten ist das einfache Pendel durch ein Differentialuhrwerk mit 2 Pendeln ersetzt, wovon das eine wieder den Stahlmagneten trägt.

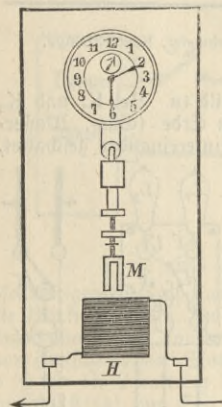


Bild 51. Coulombzähler (Aron).

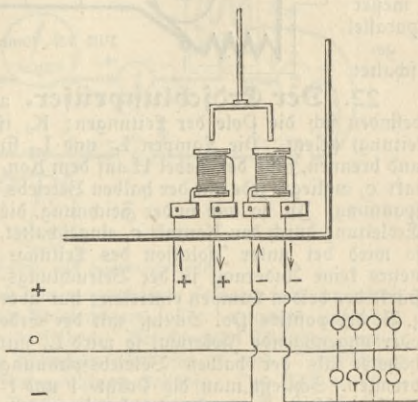


Bild 52. Coulombzähler im Dreileitersystem.

In dem Amperestundenzähler für das Dreileitersystem, Bild 50, schwingt der Stahlmagnet über zwei Hauptstromrollen, wovon die eine in den einen Außenleiter, die andere in den anderen Außenleiter eingeschaltet ist.

b) Der Voltcoulomb- oder Wattstundenzähler von Aron (Bild 53 und 53 a) besteht aus einem Differential-Uhrwerk mit zwei Pendeln von gleicher Schwingungsdauer. Die Linse des rechten Pendels ist durch eine Rolle mit dünnem Draht (Voltrolle) ersetzt, welche in einer zweiten Rolle mit dickem Draht (Ampererolle) frei schwingt. Die Hauptrolle ist wieder direkt in den Stromkreis eingeschaltet, die andere, wie die Spannungsmesser, an den Nebenschluß.

Die Ableseung zeigt Bild 53 b. Man beachte die Zeigerrichtung, die durch diese Stellung der Ziffern angezeigt wird; am 1. Mai ist abzulesen 397. Der Stromverbrauch wird gefunden, wenn man die Ableseung mit der Konstante des Zählers multipliziert. Die Konstante, z. B. 1,2, giebt nämlich an, wie viele Stromeinheiten einem Strich entsprechen; ein Strich ist hier gleich 1,2 Ampere-Stunden.

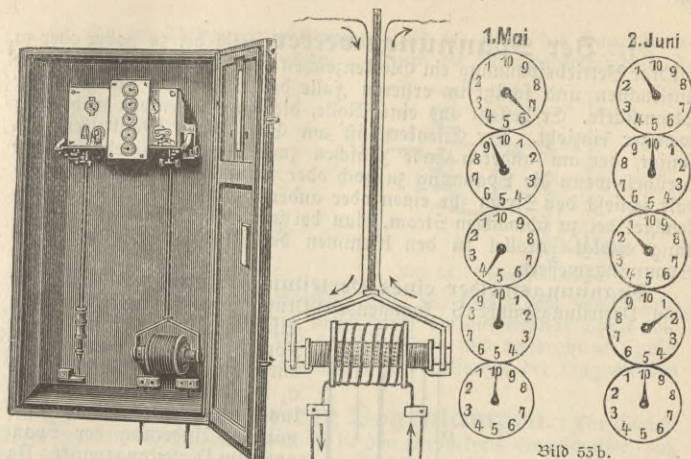


Bild 55. Voltcoulombzähler (Alcon). Bild 55a.

Bild 55b.
Voltcoulomb- (Wattstunden-) Zähler.

c) Die Voltampere- oder Wattzähler messen das Produkt Volt \times Amperes \times Zeit und heißen daher auch Arbeitsdynamometer,

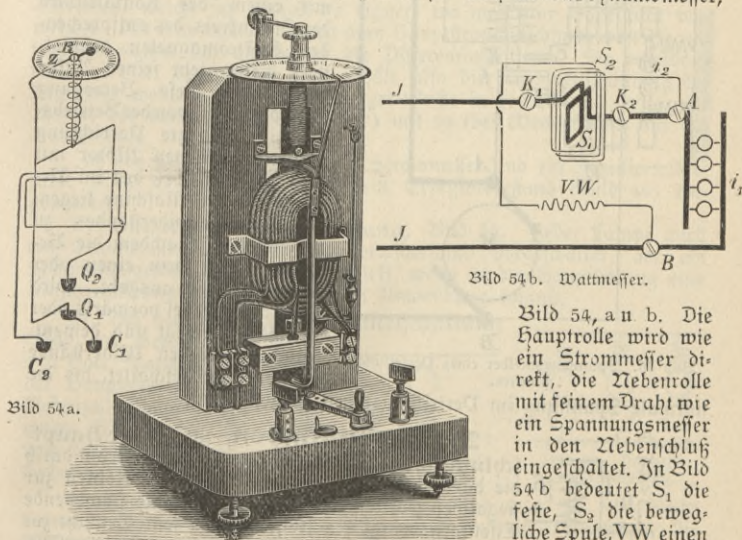


Bild 54a.

Bild 54b. Wattmesser.

Bild 54, a u. b. Die Hauptrolle wird wie ein Strommesser direkt, die Nebenrolle mit feinem Draht wie ein Spannungsmesser in den Nebenschluß eingeschaltet. In Bild 54b bedeutet S_1 die feste, S_2 die bewegliche Spule, VW einen Vorschalt-Widerstand (s. Wechselströme).

Bild 54. Wattzähler (Siemens & Halske).

24. Der Spannungswecker giebt bei zu hoher oder zu niedriger Betriebsspannung ein Glockenzeichen oder er läßt eine Glühlampe aufleuchten und schützt im ersteren Falle den Stromkreis vor zu hoher Stromstärke. Er besteht aus einer Rolle, die einen Eisenkern mehr oder weniger einzieht. Der Eisenkern ist am Ende eines Wagbalkens befestigt, der am anderen Ende zwischen zwei Spitzen schwebt und sie berührt, wenn die Spannung zu hoch oder zu niedrig ist. Dieser Kontakt schließt den Strom zur einen oder anderen Glühlampe, die rot aufleuchtet bei zu schwachem Strom, blau bei zu starkem Strom. Die Schaltung erfolgt parallel zu den Klemmen der Maschine wie bei allen Spannungsmessern.

Spannungsmelder eines Verteilungspunktes, Bild 55. Die vom Verteilungspunkt S kommenden Prüfungsdrähte umkreisen den

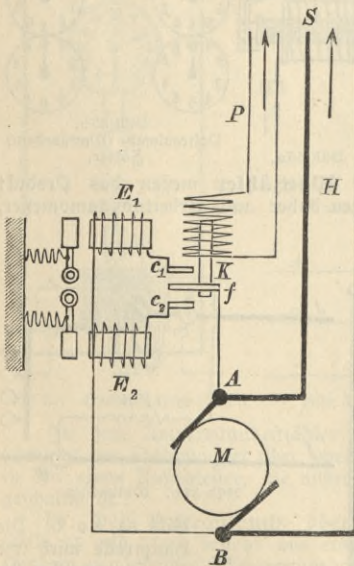


Bild 55. Spannungsmelder eines Verteilungspunktes.

Eisenkern K; dieser trägt den Fortsatz f, dessen Bewegungen durch die Kontaktstücke c_1 und c_2 begrenzt werden. Die Stellung des Eisenkerns ändert sich mit der Änderung der Spannung im Verteilungspunkt. Da der Fortsatz mit einer Klemme der Maschine verbunden ist, so wird bei Berührung desselben mit einem der Kontaktstücke der Stromkreis des entsprechenden Elektromagneten geschlossen; dieser zieht seinen Anker herbei und diese Bewegung dient dazu, eine von der Betriebsmaschine bewegte Vorrichtung oder einen kleinen Motor mit dem Kontakthebel des in Nebenschluß der Maschine liegenden Regulierwiderstandes zu verbinden. Jenachdem die Bewegung von dem einen oder andern Anker ausgeht, wird der Kontakthebel vorwärts oder rückwärts bewegt und dementsprechend werden Widerstände ein- oder ausgeschaltet, bis die

normale Spannung im Verteilungspunkt hergestellt ist.

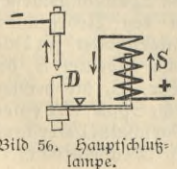


Bild 56. Hauptschließlampe.

25. Bogenlampen. a) In der Hauptschließlampe, Bild 56, fließt der ganze Strom durch die dickdrahtige Spule S und die beiden Kohlen zur negativen Polsklemme. Der in der Spule schwebende Eisenkern bringt die Kohlen durch sein Gewicht zur Berührung, wird aber durch die magnetisierende Wirkung des Stromes je nach der Stromstärke eingezogen.

b) In der Nebenschlußlampe, Bild 56, fließt der Hauptstrom J durch die Kohlen, der Nebenstrom i durch die dünn-drahtige Spule S .

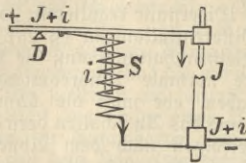


Bild 57. Nebenschlußlampe.

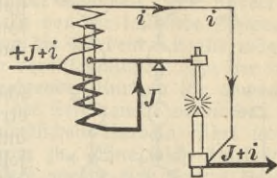


Bild 58. Differentiallampe.

c) In der Differentiallampe, Bild 58, stehen dem Strom zwei Wege offen; der Hauptstrom J fließt durch die dickdrahtige Spule und die Kohlen, der Nebenstrom i durch die dünn- und vieldrahtige Spule. Die Wirkung beider Spulen verursacht eine Differenz der magnetischen Kräfte.

26. Schaltungen der Bogenlampen. Für Gleichstrom werden die Bogenlampen so in den Stromkreis eingeschaltet, daß der Strom von der oberen positiven Dochtkohle zur negativen unteren homogenen Kohle fließt. Zu Wechselstrom-Bogenlampen nimmt man oben und unten dieselbe Kohle, beide Klemmen sind gleichwertig.

a) **Reihenschaltung**, Bild 46. Dies ist die einfachste Art des Betriebes, welche sich überall da eignet, wo man nur Bogenlicht verwendet. Als Stromquelle benutzt man Hauptstrommaschinen, von Bogenlampen eignen sich am besten die Differentiallampen. Sie erfordern etwa 45 Volt Spannung; man erhält also die Klemmenspannung der Maschine, wenn man des Spannungsverlusts in der Leitung wegen die Anzahl der Lampen (gewöhnlich 12) mit 50 (bei Wechselstrom mit 40) multipliziert.

In den Lampenkreis wird ein Strommesser und ein Regulierwiderstand (Bild 47 R_1 und R_2) und ein Ersatzwiderstand (Bild 46) eingeschaltet.

b) **Einfache Parallelschaltung**, Bild 59. Jeder Lampe wird ein Strommesser und ein Regulierwiderstand vorgeschaltet, der ein Spannungsgefälle von 20 Volt bewirkt, wenn in der Hauptleitung eine Maschinenpannung von 65 Volt in Anwendung kommt.

c) Bei der **doppelten Parallelschaltung** (Bild 60) werden bei 110 Volt Spannung in der Hauptleitung zwei Nebenschlußlampen mit einem Widerstand, einem Auswechsler u. einer Sicherung geschaltet.

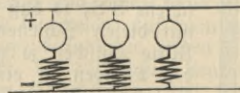


Bild 59. Einfache Parallelschaltung.

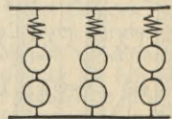


Bild 60. Doppelte Parallelschaltung.

d) **Mehrfache Parallelschaltung**, Bild 61. In jede Reihe kommt ein Strommesser A , eine Sicherung S und ein Widerstand. Die Maschinenpannung berechnet sich aus der Zahl der hintereinander geschalteten Lampen samt dem Spannungsverlust im Widerstand.

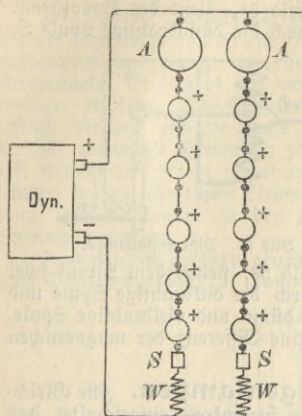


Bild 61. Mehrfache Parallelschaltung.

Da die Stromstärke in Bogenlampenkreise stets dieselbe bleiben soll, so sind Lampen erforderlich, welche auf konstanten Widerstand regulieren; solche sind die Differentiallampen (§ 25).

Bei Reihenschaltung muß die Maschine ihre normale Umdrehungszahl erreicht haben, ehe man die Lampen anschließt und das Ausschalten derselben soll erst erfolgen nach dem Abstellen der Maschine oder nach sehr verminderter Umdrehungszahl.

Bei Parallelschaltung schaltet man einzelne Lampen oder Lampengruppen während des normalen Betriebs nach und nach ein und aus. Vor dem Abstellen der Maschine sollen alle Lampen ausgeschaltet sein.

Beim Einsetzen von Kohlen bringt man die mit der Hand zu berührenden Teile vorher mit der Erde in Verbindung oder stellt man sich auf ein trockenes Brett.

27. Ein Universal-Lampenhochstat von Professor C. Heim in Hannover (ETZ 1894). a) **Eigenschaften:** Ein und derselbe Satz Glühlampen ist in Stande, Ströme der verschiedensten Spannungen aufzunehmen; der Widerstand der Batterie ist in fast beliebigen kleinen Abstufungen regulierbar. (S. Nr. 11.)

b) **Prinzip der Schaltung.** Die Lampen sind in einer Anzahl Reihen angeordnet. Alle Lampen einer Reihe sind ein für allemal hintereinander geschaltet. In Bild 62, welches drei solche, von oben nach unten laufende Reihen von je nur drei Lampen zeigt, sind die einzelnen Glühlampen LL durch leere Kreise angedeutet. Die Striche zwischen diesen Kreisen bezeichnen die leitenden Verbindungen, durch welche die Lampen jeder Reihe in Serie geschaltet sind. Zu beiden Seiten jeder Lampenreihe läuft eine Metallschiene SS, so daß die Reihen der Lampen mit diesen Schienen abwechseln. In der Mitte zwischen je zwei aufeinander folgenden Lampen ist eine kleine Kurbel k aus Metall angebracht, die mit dem Leitungsstück, das die beiden Lampen verbindet, in Kontakt und um ihren Befestigungspunkt drehbar ist. Die Länge dieser Kurbeln ist so gewählt, daß sie sich auf jede der beiden, rechts und links von ihnen befindlichen Schienen SS mit ihrem Ende nach Belieben anlegen

Bild 62. Lampenhochstat.

lassen. Im letzteren Falle stehen die Kurbeln senkrecht zur Richtung der Schienen. Dreht man eine solche Kurbel jedoch in eine schiefe Stellung, so ist sie außer Verbindung mit der Schiene. Jede Kurbel kann sowohl auf die rechts als auf die links von ihr laufende Schiene aufgeschoben werden. In Bild 62 haben die Kurbeln kk alle möglichen Stellungen, um ihre Beweglichkeit zu veranschaulichen. In der mittelfsten Lampenreihe sind die aufeinanderfolgenden Kurbeln kk abwechselnd mit dem positiven und negativen Pol der Stromquelle verbunden. Von den nicht am Ende einer Reihe befindlichen Kurbeln führt jede der beiden ihr benachbarten Lampen Strom zu. Eine solche Kurbel wird also von dem Doppelten der Stromstärke, welche eine Lampe erfordert, durchflossen.

Bild 63 veranschaulicht das Schema einer Batterie, deren sämtliche Lampen parallel eingeschaltet sind. Die Schienen sind durch starke schwarze Linien, die Kurbeln durch einfache Striche angedeutet.

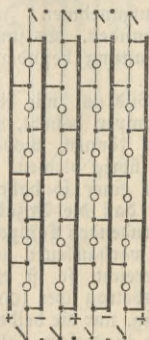


Bild 63. Alle Lampen parallel.

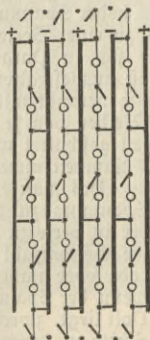


Bild 64. Gruppen parallel à 2 Lampen.

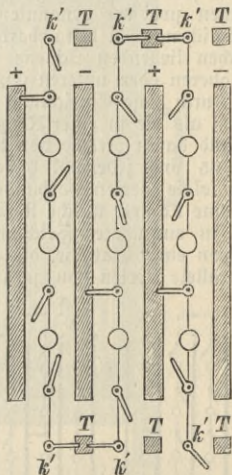


Bild 65. Zwei Serien in Parallelschaltung.

Ist die zur Verfügung stehende Spannung höher, als der für eine Lampe erforderliche Betrag, so schaltet man die Lampen nicht einzeln parallel, sondern gruppenweise so, daß jede Gruppe soviel Lampen in Serie enthält, als erforderlich sind, damit keine mehr als ihren normalen Strom erhält. Dies wird so erreicht, daß man nur die an den Enden einer solchen Lampengruppe befindlichen beiden Kurbeln auf die betreffenden Schienen aufschiebt, die dazwischen liegenden dagegen so stellt, daß sie mit keiner Schiene in Verbindung sind. Hat die Spannung z. B. einen höheren Betrag, als man der einzelnen Lampe zumuten darf, während sie aber das Doppelte dieses Wertes nicht übersteigt, sondern z. B. zwischen beiden liegt, so sind Gruppen von je zwei hintereinander verbundenen Lampen parallel zu schalten. Wie die Verbindungen für diesen Fall auszuführen sind, zeigt Bild 64.

In derselben Weise lassen sich Serien von 3, 4 und mehr Lampen

parallel schalten, bis die ganzen Lampenreihen als solche Serien verwendet werden. Übersteigt jedoch die Spannung den Betrag, welchen eine Reihe Lampen in Hintereinanderschaltung aufnehmen kann, so besteht die Möglichkeit, sich auf andere Weise zu helfen. Wie aus Bild 65 hervorgeht, sind ober- und unterhalb der Lampenreihen und Schienen noch weitere Schaltstücke angebracht. Es sitzt zunächst in der Verlängerung jeder Schiene, an beiden Enden derselben, in einiger Entfernung je ein Metallstück T, das von der Schiene isoliert ist und auch mit sonst keinem Teile des Apparates leitende Verbindung hat. Ferner setzt sich das Verbindungsstück, das die erste bezw. die letzte Lampe jeder Reihe mit der ersten bezw. letzten Kurbel k verbindet, noch über diese Kurbel hinaus fort. Es führt zu einer weiteren Kurbel k', die sich ihrerseits zwischen zwei der genannten Metallstücke T befindet. Die Kurbeln k' ermöglichen, zwei benachbarte Lampenreihen, unter Umgehung der dazwischen liegenden Schiene S, in Verbindung zu bringen, und zwar am oberen oder unteren Ende der betreffenden Reihe.

Durch diese Einrichtung ist man imstande, die Lampen in größeren Serien als die in einer Reihe befindliche Anzahl hintereinander zu schalten und damit Ströme von beliebig hoher Spannung aufzunehmen. In Bild 65 sind jedesmal 4 Lampen zu einer Serie verbunden. Es sind zwei solche Serien vorhanden, die sich in Parallelschaltung befinden. Die eine Lampe, welche übrig ist, ist ausgeschaltet.

In einfacherer Zeichnungsweise veranschaulicht Bild 66, wie die Lampen einer Batterie, die aus 4 Reihen von je 6 Lampen besteht, in 4 parallele Serien von je 5 Lampen geschaltet werden können, wobei 4 Lampen unbenutzt übrig bleiben.

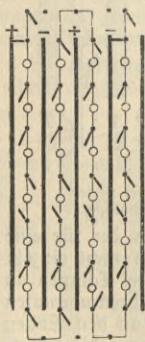


Bild 66.
Vier Reihen
à 5 Lampen.

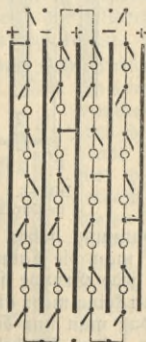


Bild 67.
Vier parallele
Reihen à 6 Lampen.

Hat man es mit einer so hohen Spannung zu thun, daß die Anzahl der in Serie zu verwendenden Lampen die Gesamtzahl der vorhandenen gerade oder nahezu erreicht, so ist es, wenn der Spannungsbetrag über 1000 Volt liegt, zweckmäßig, nur die beiden Schienen, deren man in diesem Falle bedarf, mit der Stromquelle zu verbinden, die übrigen dagegen isoliert zu lassen. Es wird dadurch der Stromübergang durch die isolierende Unterlage vermindert. Bild 67 giebt das Schema einer Batterie von 4 Reihen à 6 Lampen, bei der sämtliche Lampen in eine einzige Serie geschaltet sind. Enthält der Rheostat Glühlampen von 100 Volt, so ist er in diesem Falle imstande, eine Spannung von 2400

Volt aufzunehmen. Nur die erste und vierte Schiene sind in den Stromkreis eingeschaltet.

Die Veränderung des Widerstandes in ganz kleinen Abstufungen erreicht man auf folgende Weise: Man bildet den Gesamtwiderstand nicht durch Parallelschalten von lauter gleichen Einzelwiderständen,

sondern schaltet neben eine Anzahl parallel verbundener kleiner, einander gleicher Widerstände einen größeren, dessen Betrag sich nach Belieben verändern läßt. Dies geschieht so, daß man neben eine Anzahl einzelner Lampen eine Serie von mehreren schaltet, deren Anzahl man nach Erfordernis vergrößert oder vermindert. Dadurch wird der Gesamtwiderstand nur um geringe Beträge verändert, umsoweniger, je mehr Lampen die genannte Serie enthält. Bei dem Schema Bild 68 sind 15 Lampen einzeln parallel und daneben noch eine Serie von 5 Lampen geschaltet. Es lassen sich statt einer solchen Serie nach Belieben auch mehrere ver-

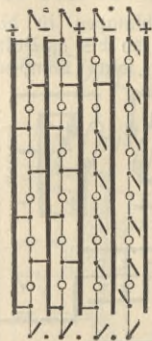


Bild 68.
15 Lampen
parallel,
5 in Reihe.

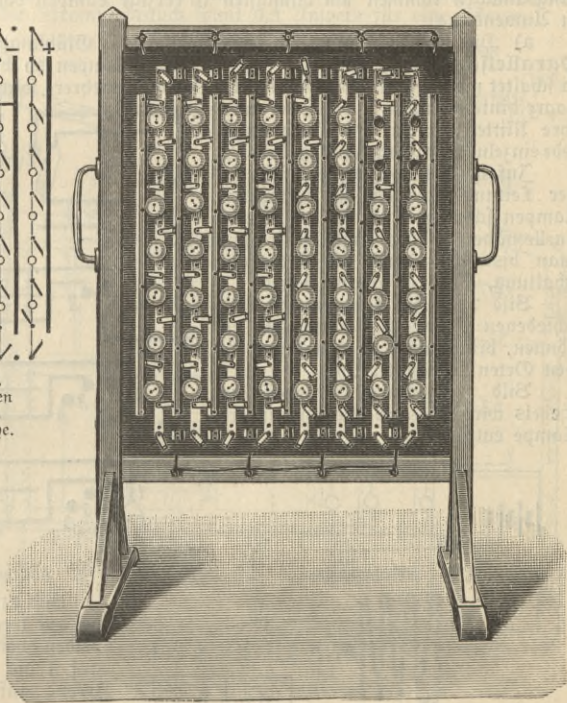


Bild 69. Photographische Ansicht.

Bild 69 giebt eine photographische Ansicht des Rheostaten für 56 Lampen. Einige Glühlampen sind weggenommen, damit die Schaltungsteile deutlich erkennbar werden. Die Klemmschrauben am oberen und unteren Rand stehen mit den Messingschienen durch starke, auf der Rückseite laufende Kupferdrähte in Verbindung, und zwar so, daß die erste obere Klemme mit der ersten, die erste untere Klemme mit der zweiten Schiene, die zweite obere Klemme mit der dritten, die zweite

untere Klemme mit der vierten Schiene verbunden ist usw. Bei Strömen, deren Spannung 500 bis 600 Volt nicht übersteigt, werden durch geeignete Verbindungsstücke alle oberen Klemmen unter sich und ebenso alle unteren Klemmen unter sich verbunden. Der eine Pol der Stromquelle kommt dann an die obere, der andere Pol an die untere Klemmenreihe. Dadurch stehen die aufeinander folgenden Messingschienen abwechselnd mit den entgegengesetzten Polen in Verbindung.

28. Schaltung der Glühlampen. Bei Beleuchtungsanlagen kommen am häufigsten 16 kerzige Lampen von 110 Volt in Anwendung.

a) Die gebräuchlichste Schaltungsweise der Glühlampen ist die **Parallelschaltung**, Bild 47. Haben dabei Lampen 50 bis 55 Volt, so schaltet man je zwei hintereinander. Hat man mehrere solcher Lampenpaare hintereinander, so verbindet man ihre Mittelklemmen und kann dann jede einzelne Lampe ausschalten, Bild 52.

Infolge des Spannungsabfalls in der Leitung brennen die entfernten Lampen schwächer, als die der Stromquelle näheren; diese Ungleichheit sucht man bisweilen durch die Schleifenschaltung, Bild 70, auszugleichen.

Bild 71a. Um Lampen von verschiedenen Orten aus einschalten zu können, bringt man an den betreffenden Orten Umschalter an.

Bild 71b. Durch Umliegen des Hebels wird die eine oder die andere Lampe entzündet.

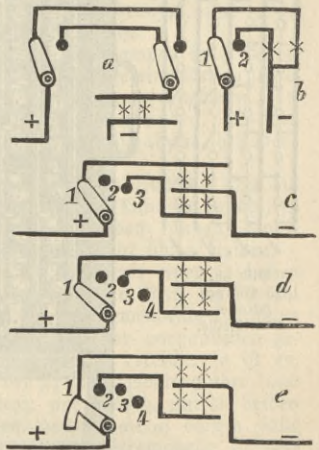


Bild 70. Schleifenleitung.

Bild 71a-e. Glühlampen.

Bild 71c. Der Hebel auf 1 entzündet die beiden oberen Lampen, auf 2 die beiden unteren; auf 3 ist der Strom ausgeschaltet.

Bild 71d zeigt eine Abänderung von 71c mit zwei Ausschaltstellungen.

Bild 71e. Der Hebel berührt 2 Knöpfe zugleich und gestattet, auf 1 und 2 gelegt, den Anschluß aller vier Lampen.

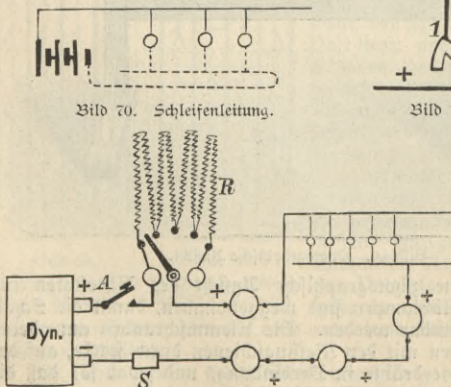


Bild 72. Glüh- und Bogenlampen.

auf 1 und 2 gelegt, den Anschluß aller vier Lampen.

b) Wenig gebräuchlich ist die Reihenschaltung von Glüh- und Bogenlampen, da ein Ausschalten der einzelnen Lampen nicht möglich ist, Bild 72. Die Zahl der parallel geschalteten Glühlampen muß ebenso viel Strom brauchen, als eine Bogenlampe.

In Bild 72 ist A der Ausschalter, R der Rheostat, S eine Sicherung.

29. Glühlampen-Anlage eines Stockwerks.

Bild 73. Für jede der drei für sich abgeschlossenen Wohnungen ist ein Zähler aufgestellt. Die Lampen sind 16 Kerzig und erfordern 3 Watt pro Kerze oder rund 50 Watt für eine Lampe. Die Spannung betrage 100 Volt, der Stromverbrauch somit 0,5 Ampere für eine Lampe.

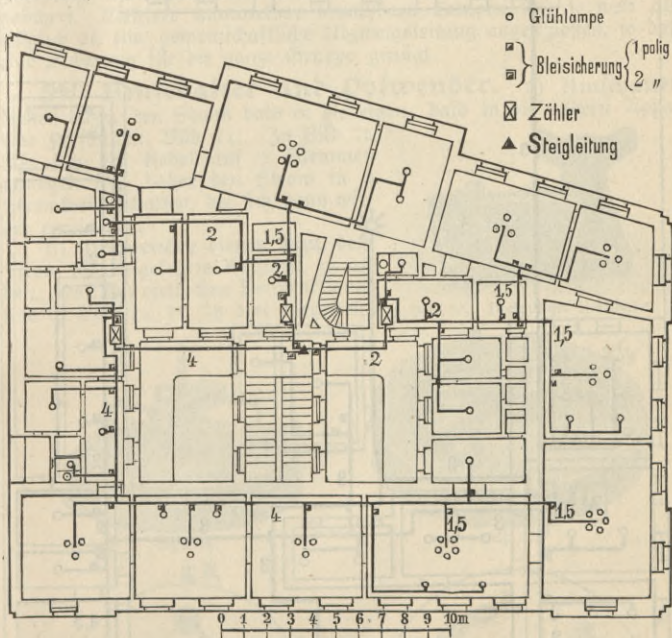


Bild 73. Glühlampenanlage eines Stockwerks.

Eine vertikale, im Stiegenhause verlegte Steigleitung für den Gesamtstrom führt in das Stockwerk empor. Hier zweigen die Leitungen zu den Lampengruppen der einzelnen Wohnungen ab, um zunächst zu den betreffenden Zählern zu führen und sind dann im Innern der Wohnung zu verästeln. Die Hauptstränge sind zweipolig, die Abzweigleitungen zu den Lampen oder Lampengruppen der einzelnen Beleuchtungskörper einpolig gesichert.

Eine Leitung ist zweipolig gesichert, wenn im + Leiter und —

Leiter Sicherungen vorhanden sind; **einpolig** ist die Sicherung, wenn nur in einem der beiden Leiter eine Sicherung angebracht ist.

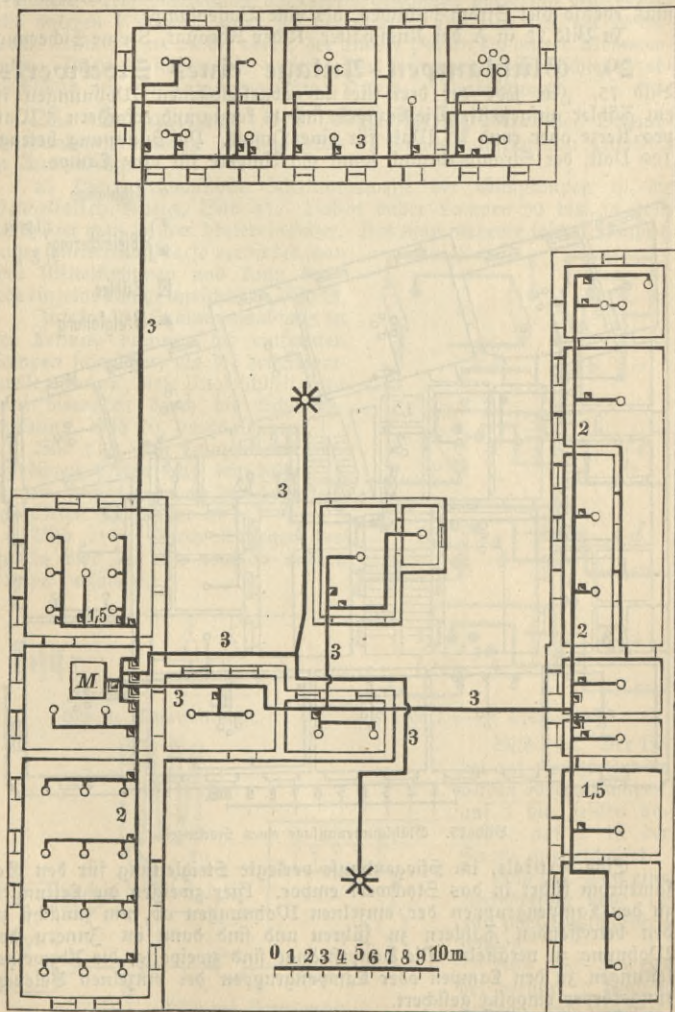


Bild 74. Beleuchtungsanlage für eine kleine Fabrik.

30. Beleuchtungsanlage für eine kleine Fabrik mit zugehörigen Wohn- und Neben-Gebäuden.

Bild 74. Vorhanden seien 56 sechszehnerzige Glühlampen bei 100 Volt Spannung und 50 Watt Effektbedarf für eine Glühlampe und 2 Bogenlampen für die Hofbeleuchtung mit je 8 Ampere Strombedarf.

Die von der Maschine M kommende Hauptleitung führt zu den Hauptverteilungsschienen des Schaltbrettes, von welchem vier getrennte Stromkreise ausgehen. Jeder der vier Hauptstränge, sowie auch die gemeinschaftlichen Abzweigsleitungen für größere Lampengruppen sind zweipolig, die Zweige für die kleineren Lampengruppen sind einpolig gesichert. Mehrere unmittelbar benachbarte Lampen sind so weit als möglich an eine gemeinschaftliche Abzweigsleitung angeschlossen, so daß eine Sicherung für die ganze Gruppe genügt.

31. Umschalter und Polwender. a) Umschalter

dienen dazu, den Strom bald in die einen, bald in die andern Appa- rate zu schicken, Bild 71. In Bild 75 läßt sich der Hebel auf 3 Klemmen umlegen und daher den Strom in 3 Stromkreise schalten, die sich dann wieder vereinigen.

b) Polwender dienen dazu, dem Strom die umgekehrte Richtung zu geben. Von den vielfachen Konstruktionen sind in Bild 76, 77, 78 drei dargestellt.

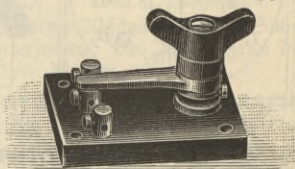


Bild 75. Dreipoliger Umschalter

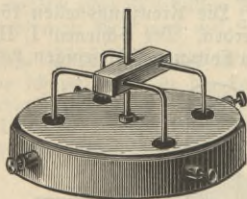


Bild 76.

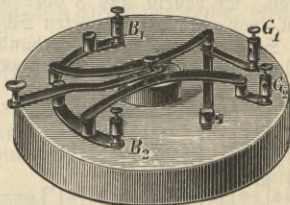


Bild 77.

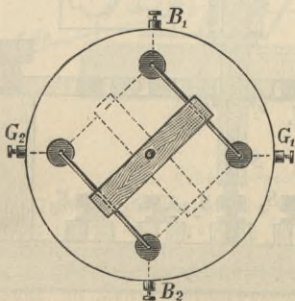


Bild 76a. Quecksilberwender.

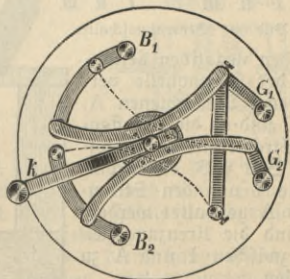


Bild 77a. Wender Dujardin,

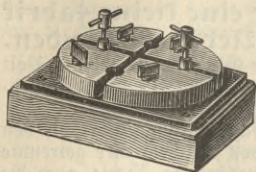


Bild 78.

In Bild 76 können auf einem Brett von vier Quecksilbernäpfen je zwei durch einen Kupferbügel verbunden werden.

Nach Bild 77 erhält man die verschiedenen Stromrichtungen durch Umstellen der Kurbel k.

Nach Bild 78 werden vier Viertelfreisplatten durch Stöpsel verbunden, die entweder bei m_1, m_2 oder n_1, n_2 gesteckt werden.

Der Hebelumschalter, Bild 79, besteht aus vier Metallflöhen und einem Hebel mit zwei Kontakten. Der positive Strom tritt bei + ein, fließt über den nächsten Kontakt zum rechten Metallfloß, von diesem durch die Leitung nach -. Dreht man den Hebel um 90° , so kehrt der Strom um.

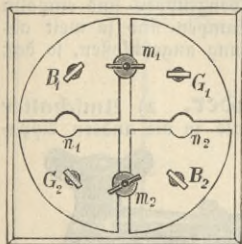


Bild 78a. Umschwendener.

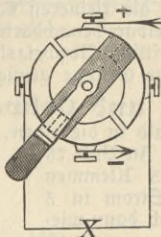


Bild 79. Hebelwender.

§ 32. Der Generalumschalter, Bild 80 und 80 a, gestattet, jede beliebige Stromquelle in jeden beliebigen Stromkreis einzuschalten. Er besteht aus 3 oder mehreren kreuzweis übereinander gelegten, von einander isolierten Schienen. Die Kreuzungsstellen können durch Stöpsel mit einander verbunden werden. Die Schienen I, II, III des Umschalters U_1 sind mit den positiven Leitungen, diejenigen von U_2

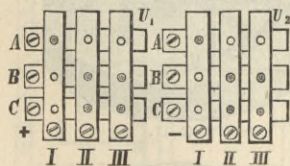


Bild 80. Generalumschalter.

mit den negativen Leitungen der Stromquelle verbunden. Die Schienen A, B, C sind an die betreffenden Stromkreise angeschlossen. Soll z. B. die Stromquelle I auf den Stromkreis A geschaltet werden, so sind die Kreuzungsstellen zwischen I und A zu wählen.

Bild 80 a zeigt einen

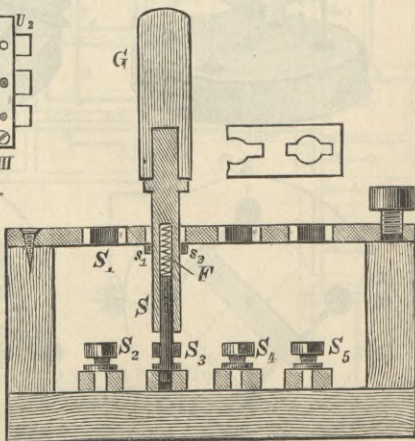


Bild 80 a. Generalumschalter.

Querschnitt des Umschalters. Der Kontaktföpsel GS wird in die Löcher derjenigen Schienen eingeführt, die verbunden werden sollen und sobald die seitlichen Ansätze s_1 , s_2 sich unterhalb der Schiene S_1 befinden, um 90° gedreht. Der Druck der Spiralfeder F dient zur Herstellung guter Berührung.

33. Sicherungen werden überall da angebracht, wo Leitungen abzweigen und ein Querschnittswechsel in der Drahtstärke der Leitung vorkommt. In Bild 81 sind S_1 und S_2 unmittelbar in der Nähe der Bürsten der Maschine angebracht, S_3 und S_4 schützen beide Leitungen. Sie sind leicht zugänglich zu machen und insbesondere in feuchten Räumen sorgfältig zu isolieren. In Räumen mit leicht entzündlichen Gasen dürfen sie nicht montiert werden. Eine Sicherung darf unter keinen Umständen durch eine stärkere Sicherung ersetzt werden, als es der Durchmesser des zu schützenden Drahtes zuläßt. Nach jedem Abschmelzen einer Sicherung ist die betreffende Isolation zu untersuchen. Der Anschluß an die Leitung erfolgt durch Verschraubung, Ösen, Muffen usw.

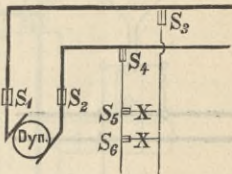


Bild 81. Sicherungen.

34. Anschluß der Apparate an Leitungen. Die Drahtenden werden mit Schmirgelpapier gereinigt. Werden sie blos in die Bohrungen der Polklemme geschoben, so sollen die Drähte die Bohrung möglichst ausfüllen. In der Regel werden sie zu Ösen gebogen und unter die Schraubenköpfe gelegt. Litzen werden an den Enden verlötet oder sie erhalten Kontaktflächen oder Kabelschuhe; bisweilen umgiebt man diese noch mit Stanniol.

35. Blitzschutzvorrichtung. a) Zum Schutze der Telephone schaltet man in die Leitung einen feinen Silberdraht, der mit Weichlot befestigt und in ein Glasröhrchen eingeschlossen ist.

b) Eine andere Schutzvorrichtung zeigt Bild 82. Die Leitung L führt zum Apparat über die gezahnte Platte a ; dieser steht die gezahnte Platte b gegenüber, die mit der Erde verbunden ist. Auf a ist

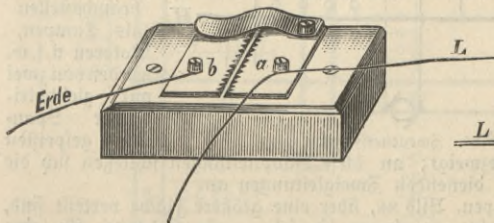


Bild 82. Telephonblitzableiter.

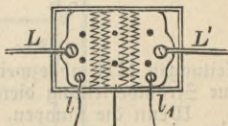


Bild 83. Spizenblitzableiter.

eine Neusilberfeder geschraubt, die aber von b durch dünne Seide oder Papier isoliert ist. Der Blitz springt über die Zähne und durchschlägt die isolierende Schicht unter der Neusilberfeder.

c) Der **Spizenblitzableiter**, Bild 83, dient hauptsächlich zum Schutze an Telegraphenapparaten. Zwischen zwei gezahnten Platten

Liegt die Centrale mitten in dem zu speisenden Gebiet, Bild 86, so werden gewöhnlich von ihr nach verschiedenen Richtungen Haupt-

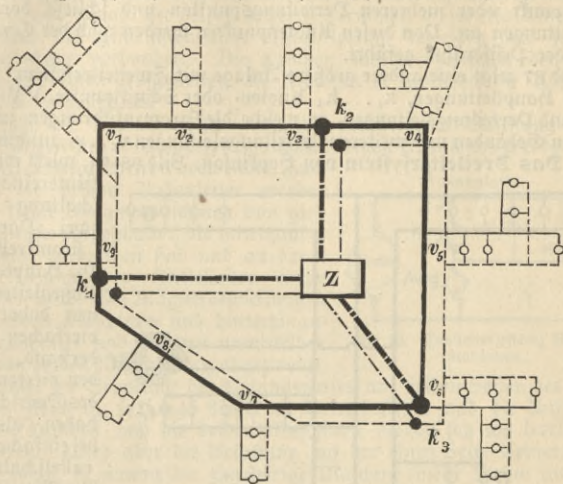


Bild 86. Zweileitersystem.

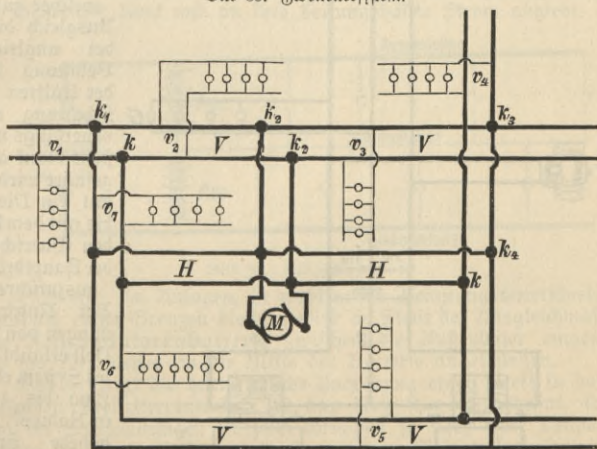


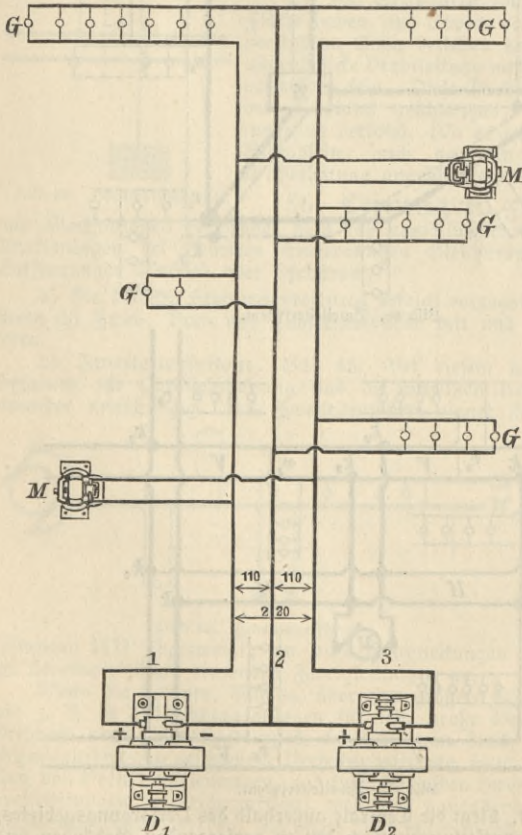
Bild 87. Zweileitersystem.

leitungen geführt. Liegt die Centrale außerhalb des Versorgungsgebietes, so führt man Hauptleitungen nach den zu versorgenden Gebäuden und Räumen und schließt an dieselben die einzelnen Zweigleitungen an.

Bei größeren Anlagen führt man im letzteren Falle die Hauptleitungen nach einem im Mittelpunkte des Versorgungsgebietes gelegenen Verteilungspunkt oder mehreren Verteilungspunkten und schließt dort die Zweigleitungen an. Von diesen Knotenpunkten werden nach der Centrale Meß- oder Prüfdrähte geführt.

Bild 87 zeigt eine andere größere Anlage mit Zweileitersystem. HH sind die Hauptleitungen, $k_1 \dots k_n$ Knoten- oder Schnittpunkte, VV Ausgleich- und Verteilungsleitungen, an welche die Stromzuführungen zu den einzelnen Gebäuden und weiteren Verteilungsleitungen $v_1 \dots v_n$ anschließen.

c) Das Dreileitersystem von Hopkinson, Bild 88-91, wirkt wie die



Hintereinanderschaltung von zwei Parallelstromkreisen.

Die Haupt- oder Außenleiter können daher den vierfachen Widerstand, also den vierten Teil des Querschnitts haben, als wie bei einfacher Parallelschaltung. Der Mittelleiter, welcher zum Ausgleich dient bei ungleicher Belastung beider Hälften der Schaltung und neuerdings meistens blank ausgeführt wird, ist mit dem halben Querschnitt der Hauptdrähte auszuführen.

Bei Nutzspannungen von 110 Volt erlaubt dieses System etwa 1200 bis 1800 m Radius. Für höhere Spannungen können die Radien proportional vergrößert werden.

Bild 88. Dreileitersystem.

Bild 88. Bei der ursprünglichen Anordnung des Dreileitersystems werden zwei gleiche Dynamomaschinen D_1 und D_2 hintereinander geschaltet und sowohl die beiden äußeren Klemmen dieser Maschinengruppe als auch die gemeinschaftliche Mittelklemme derselben mit je einem Leiterstrang verbunden. Die Lampen werden zwischen den Mittelleiter und einen Außenleiter, die Motoren M zwischen die Außenleiter parallel eingeschaltet.

Bild 89. Zur Herstellung des bei verschiedener Belastung der beiden Hälften des Dreileitersystems notwendigen Ausgleichs werden häufig Ausgleichsmaschinen verwendet. Zwischen die beiden Außenleiter werden zwei kleine Dynamomaschinen von gleicher Größe eingeschaltet, die miteinander in Reihe verbunden sind und an deren Mittelklemme der Mittelleiter angeschlossen wird. Die Magnetbewicklungen der beiden Maschinen sind hintereinander geschaltet und werden unmittelbar von den beiden Außenleitern abzweigt.

So lange die Belastung des Leitungsnetzes auf beiden Seiten des Mittelleiters gleich ist, so lange fließt der Betriebsstrom und die Außenleiter zu den Lampen und die beiden Maschinen drehen sich als leerlaufende Motoren. Wird aber die Belastung auf der einen Seite kleiner als auf der andern, so nimmt die zugehörige Maschine mehr Strom auf, läuft schneller und dient nun als Motor für die zweite Maschine, welche jetzt als Generator dient und an ihre Leitungshälfte Strom abgibt.

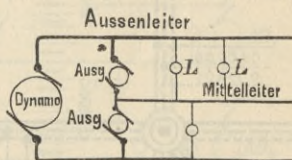


Bild 89. Dreileitersystem, Ausgleichsmaschinen.

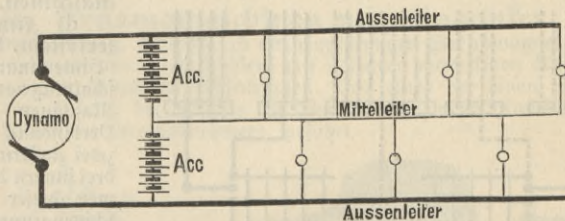


Bild 90. Ausgleichsammler.

Bild 90. In Anlagen, in welchen die Belastungsunterschiede stets innerhalb enger Grenzen bleiben, wird an Stelle der Ausgleichsmaschinen eine Akkumulatorenbatterie zwischen die Außenleiter eingeschaltet und der Mittelleiter an die Mitte der Batterie angeschlossen.

Bild 91 zeigt die heute übliche Anordnung einer direkt in das Netz speisenden Dreileitercentrale. Ist das Netz sehr ausgedehnt, so teilt man die Speiseleitungen in zwei Gruppen je nach ihrer Länge. Die Gruppe der kurzen Leitungen wird mit einem Maximalspannungsverlust von 7 bis 10 Volt, die Gruppe der längeren Leitungen mit dem doppelten betrieben. Die Speiseleitungen sind an der Schaltwand an fünf Verteilungsschienen angeschlossen. Die mittlere ist für die Mittelleiter bestimmt, die zwei nächsten sind für die Gruppe der kurzen und die

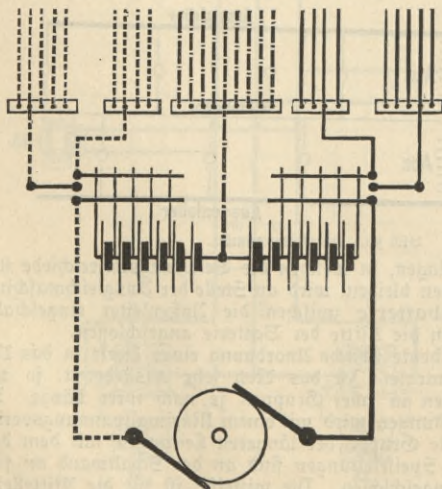
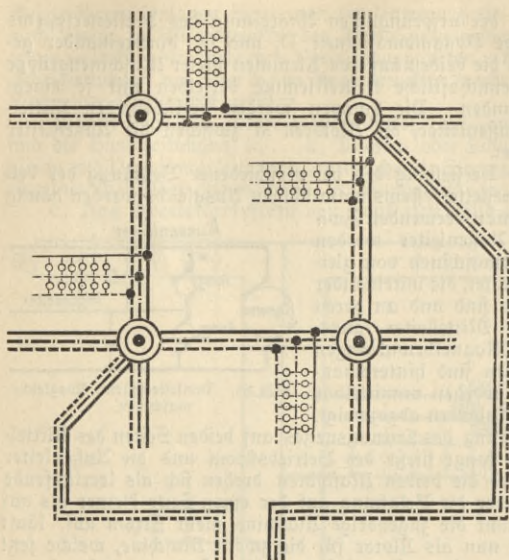


Bild 91. Dreisleiter-System.

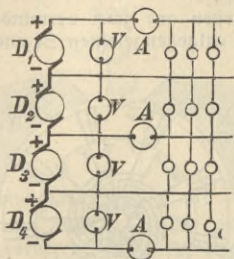
beiden äußeren für die Gruppe der langen Speiseleitung bestimmt. Am Tage, wenn geladen wird und der Spannungsverlust sehr klein ist, werden die äußeren Verteilungsschienen mit den innern durch Umlegen des Schalthebels vereinigt. Abends werden die äußersten Schienen an den Ladeschlitten des Zellschalters gelegt.

Vermögen die Dynamo-Maschinen nicht die volle Ladepannung zu geben, so bedarf man der Zusatzmaschinen.

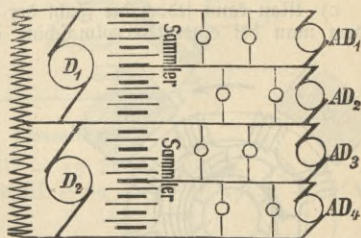
d) Fünfleiter-System. Durch Hintereinanderschaltung von vier Maschinen und Verbindung der zwei äußern und drei innern Klemmen dieser Maschinengruppe mit je einem Leitungsstrange erhält man das Fünfleiter-System, das in Bild 92 schematisch veranschaulicht wird. Zwischen den beiden Außenleitungen hält man eine Spannung von 400 bis 440 Volt aufrecht und hat

dann zwischen je zwei unmittelbar aufeinander folgenden Leitern eine Spannung von 100 bis 110 Volt.

Auch hier geschieht die Verteilung mittels Speiseleitungen und eines eigenen Verteilungsnetzes, von welchen die Anschlüsse zu den einzelnen Lampengruppen je nach der Lampenzahl nach dem Zwei-, Drei-, Vier- oder fünfleitersystem abgezweigt werden.



A Amperemeter, V Voltmeter
Bild 92. Fünfleitersystem.



AD₁ ... AD₄ Ausgleichdynamos
Bild 95. Fünfleitersystem.

Zum Ausgleich wendet man Ausgleichmaschinen, Bild 89, oder eine viermal unterteilte Akkumulatorenbatterie und auch hier noch Ausgleichdynamos an, Bild 93. Die Ausgleichvorrichtungen werden gewöhnlich nicht in der Centrale, sondern in geeigneten Punkten des Verteilungsnetzes aufgestellt.

36. Dynamomaschinen mit Ringanker. a) Der **Gramme-Ring**, Bild 94, ist ein ringförmiger Elektromagnet; er besteht demnach aus einem hohlen, mit isolierten rechteckigen Windungen umwickelten Eisenkerne (Eisenringe). Das Ende der einen Spule ist mit dem Anfang der nächsten zu demselben Segment (Lamelle, Stab) des Kollektors, Stromabnehmers, geführt.

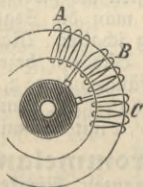


Bild 94. Gramme-Ring.

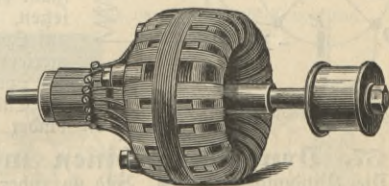


Bild 95. Ringanker.

Bild 95 zeigt den vollständig bewickelten Ring; seine Drähte sind durch eine Bandage (Messingdrähte) gegen die Centrifugalkraft geschützt.

b) In einem **Vielpolanker**, d. h. einem Ring, der zwischen mehr als zwei Polen rotiert, z. B. zwischen vier, Bild 96, wird ein ähnlicher Ring verwendet. Er ist also der Sitz von vier, je zu zwei einander entgegengesetzten elektromotorischen Kräften. Die Schaltung von vier

galv. Elementen, Bild 97, giebt eine Vorstellung von dem, was entsteht. Die Punkte A und B, sowie C und D entsprechen auf dem Ring den Punkten, wo zwischen aufeinander folgenden Polen keine elektromotorische Kraft vorhanden ist. Legt man Bürsten an diese Punkte, so erhält man zwei Stromkreise, an die man einen äußeren Stromkreis R anschließen kann. Eine Vierpolmaschine erfordert somit vier Bürsten, eine Sechspolmaschine sechs.

c) Man kann jedoch die Zahl der Bürsten auf zwei vermindern, indem man bei einer Vierpolmaschine die entgegengesetzten Segmente

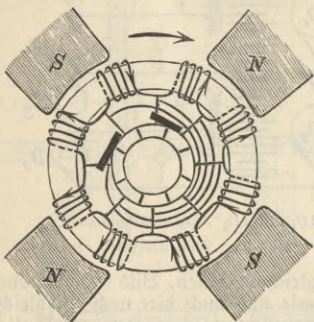


Bild 96. Ringanker, Parallelschaltung nach Mordey.

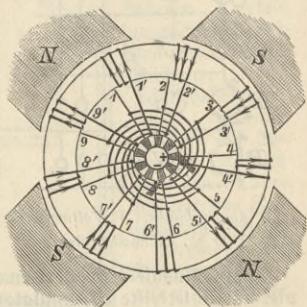


Bild 98. Ringanker, Reihenschaltung.

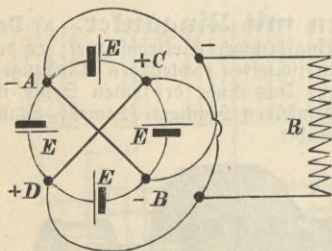


Bild 97. Analogie zum Vierpolring.

verbindet, d. h. sie **parallel** oder auf **Menge** schaltet, Bild 96; bei einer Sechspolmaschine verbindet man die um 120° , bei einer Acht-polmaschine die um 90° abstehenden Segmente.

d) Man kann aber auch die Zahl der Bürsten auf zwei herabsetzen, indem man die Segmente auf Spannung schaltet. Man numeriert nach Bild 98, bezeichnet die Spulenanfänge mit 1, 2, 3..., die Enden mit 1', 2', 3'... und verbindet 1 mit 5', 2 mit 6', 3 mit 7'...

37. Dynamomaschinen mit Trommelanker.

a) Die Windungen werden, Bild 99, über den ganzen Eisenkern in Rechtecken gelegt und an den Stirnseiten zu beiden Seiten der Welle gleichmäßig verteilt. Wie beim Ring wird das Ende einer Abteilung mit dem Anfang der nächsten zu demselben Segment geführt.

b) Da eine Schleife zwei Cylinderlinien einnimmt, so ist der Cylinder schon besetzt, wenn erst die Hälfte der Kollektorstäbe (6) abgeschlossen sind. Bild 100, die übrigen Spulen (6) werden daher auf die ersten gewickelt.

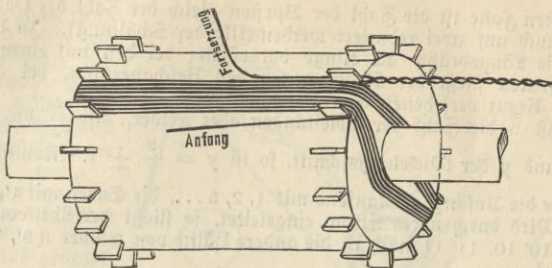


Bild 99. Trommelwicklung.

Erste Lage: I 11' II — 22' III — 33' IV — 44' V — 55' VI.
 Zweite Lage: I' — 77' II' — 22' III' — 99' IV' — 10 10' V' — 11' V'.

c) Bild 101. Die auf der vorderen Stirnseite (neben dem Kollektor) verlaufenden Drähte sind voll ausgezogen, die auf der hintern Stirnseite liegenden Drähte sind gestrichelt gezeichnet; die Längsdrähte erscheinen als Punkte. Der Umfang ist in 16 gleiche Abteilungen geteilt.

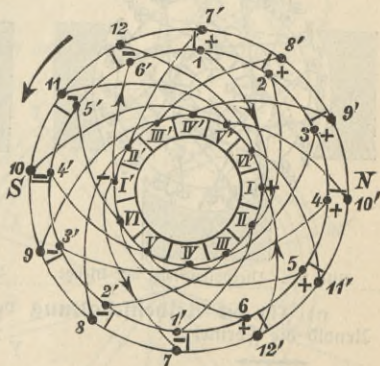


Bild 100. Zweipol-Wellenwicklung in zwei Lagen.

Tabelle:

1—1', 1'—2	5—5', 5'—6
2—2', 2'—3	6—6', 6'—7
3—3', 3'—4	7—7', 7'—8
4—4', 4'—5	8—8', 8'—1

In Bild 102 ist diese Wicklung nach einer Cylinderlinie aufgeschnitten und ausgebreitet.

Die Pole sind schraffiert und die Stromrichtung durch Pfeile dargestellt.

d) Bei Vielpol-Maschinen mit Trommelwicklung können wie beim Ring die Spulen auf Menge oder auf Spannung verbunden werden;

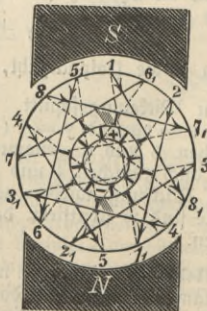


Bild 101. Schleifenwicklung.

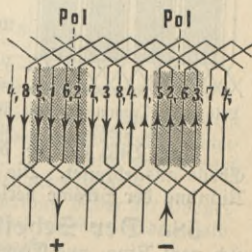


Bild 102.

im ersten Falle ist die Zahl der Bürsten gleich der Zahl der Pole, kann aber auch auf zwei reduziert werden (Mordey-Schaltung). In Bild 103 sind die Längsdrähte als Ringe dargestellt; bei den mit einem Punkt bezeichneten fließt der Strom gegen den Beschauer hin, bei den mit einem Kreuz versehenen vom Beschauer weg.

Ist s die Zahl der Ableitungen oder Felder, also $\frac{s}{2}$ die Spulenzahl und y der Wickelungsschnitt, so ist $y = \frac{s}{2} \pm 1$. Man numeriert wieder die Anfänge fortlaufend mit $1, 2, 3 \dots$, die Enden mit $1', 2', 3' \dots$

Wird durch a ein Strom eingeleitet, so fließt derselbe von 9 über $9', 10, 11, 11'$ nach d , die andere Hälfte von a über $8, 8', 7, 7', 6, 6'$ nach d .

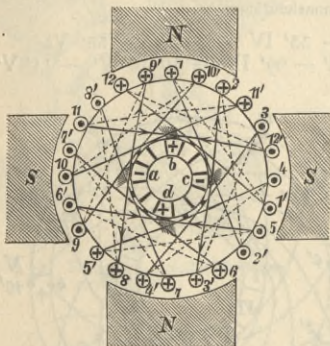


Bild 105. Vierpolwicklung auf Menge.

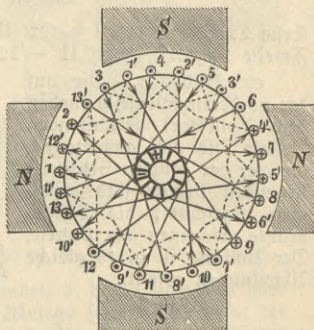


Bild 104. Vierpolwicklung auf Spannung.

e) für die Reihenschaltung von Trommelwicklungen giebt E. Arnold die Formel

$$y = \frac{1}{p} \left(\frac{s}{2} \pm 1 \right),$$

woraus die Spulenzahl

$$\frac{s}{2} = py \pm 1,$$

worin p die Polpaarzahl, $\frac{s}{2}$ die Spulenzahl,

y den Wickelungsschnitt. In Bild 104 ist $p = 2$, $s = 26$ und $y = \frac{1}{2} (13 - 1) = 6$. $1'$ ist zwischen 3 und 4 genommen, man hätte es aber auch zwischen 4 und 5 setzen können.

Nach Bild 105 ist diese Wicklung wieder nach Fritsche in eine Ebene ausgebreitet. Die Pole sind so schattiert, daß die Linien in der Richtung der Ströme verlaufen.

38. Der Scheibenanker, Bild 106 und 107, unterscheidet sich vom Ring- und Trommelanker insbesondere dadurch, daß er keinen Kern enthält. Wird eine Drahtspule, deren Windungsfläche senkrecht

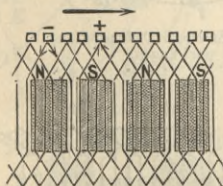


Bild 105. Trommelwicklung nach Chury.

zur Achse eines Magnets liegt, Bild 106, vor dem Pole derselben bewegt, so daß sie die Fläche der Achse senkrecht schneidet, so entsteht in der Spule ein Strom.

Im Scheibenanker von Pacinotti bildet die Wicklung einen in sich selbst geschlossenen Stromkreis. Der in Bild 107 dargestellte besteht aus 10 Teilen mit 20 in der Richtung des Halbmessers (radial) angeordneten Leitern. Stellt die punktierte Linie den Durchmesser des Stromwechsels dar, so fließen die Ströme in der einen Hälfte radial nach innen, in der andern radial nach außen.

39. Anker mit offener Wicklung.

a) Die offene Wicklung besteht aus zwei Zweigen, deren Ebenen senkrecht auf einander stehen; während in einer Windung der stärkste Strom induziert wird.

ist in der von derselben getrennten senkrechten Windung der induzierte Strom gleich Null. Die auf dem Umfange des Ankers entgegengesetzt zu einander angeordneten Abteilungen sind rückwärts mit einander verbunden. Die Anker mit offener Wicklung können Rings-, Trommel- und Scheibenanker sein.

b) Das einfachste Beispiel einer offenen Wicklung bildet der Doppelt-Anker, Bild 108; die Enden der Wicklung sind an den beiden halbkreisförmigen Segmenten des Kommutators befestigt.

c) Der Ring in Bild 109 ist mit 4 Spulen bewickelt, von denen

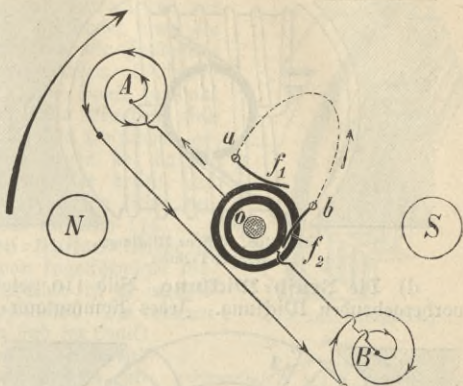


Bild 106. Scheibenanker. Wechselstrom.

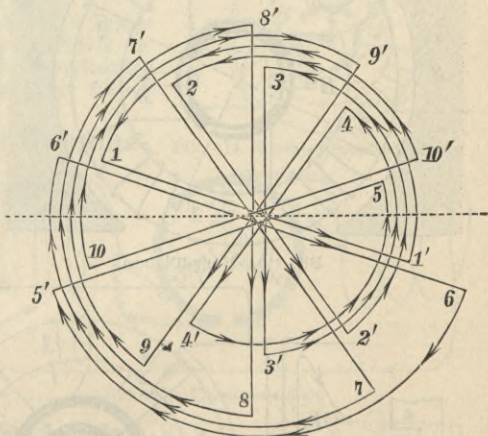


Bild 107. Scheibenanker Pacinotti.

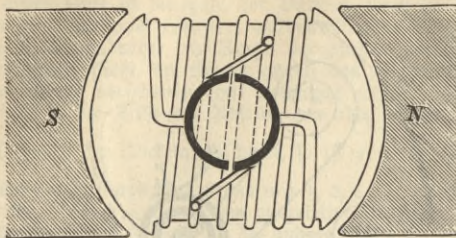


Bild 108. Offene Wicklung.
Doppel-T-Anker.

je zwei verbunden
und andererseits an
die Segmente an-
geschlossen sind.

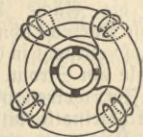


Bild 109. Offene Wicklung.
Ring.

d) Die **Brush-Wicklung**, Bild 110, zeigt eine Verbesserung der vorhergehenden Wicklung. Jedes Kommutator-Segment nimmt einen

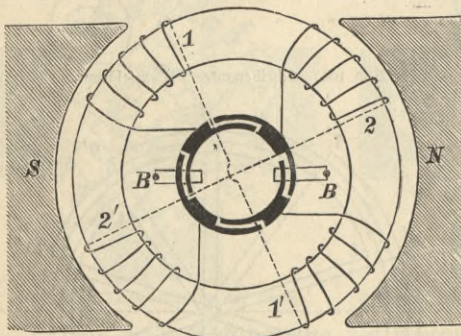


Bild 110. Brush-Wicklung.

Bogen von 90° oder etwas mehr als 90° ein, der eine ununterbrochene Stromabgabe ermöglicht und jedes ist mit einem Vorsprung versehen, der zwischen die beiden benachbarten Teile ragt, so daß die Bürsten nur auf Metallschleifen, Bild 111.

In Bild 112 der Brush-Wicklung ist die Zahl der Spulen verdoppelt und der Anker erhält 8 Spu-



Bild 111.
Brush-
Kommutator.

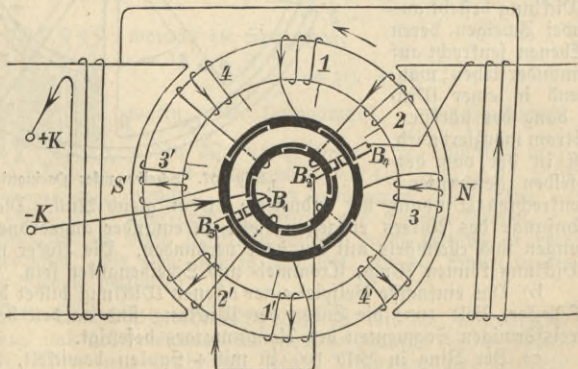


Bild 112. Brush-Wicklung.

len. Die beiden Sätze von Spulen sind mit 11', 33', und 22', 44' bezeichnet, und die Querverbindungen sind, um die Zeichnung nicht zu komplizieren, weggelassen. Während einer Umdrehung wird jede Spule zweimal ein- und ausgeschaltet. Die Magnete sind in der Figur mit cylindrischen Polflächen gezeichnet; in Wirklichkeit liegen sie, da die Maschine einen Flachringanker besitzt, auf beiden Seiten des Ankers, dessen Achse den Magnetschenkeln parallel ist, Bild 113.

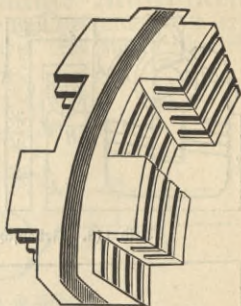


Bild 113. Brush-Ring.

e) Der Thomson-Houston-Anker ist ein Trommel-Anker von kugelförmiger Gestalt; der Deutlichkeit halber ist er in Bild 114 als Ringanker gezeichnet. Die inneren Enden der drei Spulen sind im Punkt O mit einander verbunden, während jedes der äußeren Enden zu dem entsprechenden Segment eines dreiteiligen Kommutators geführt ist.

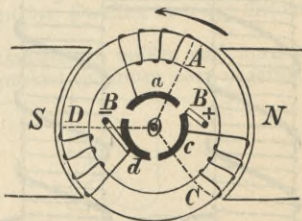


Bild 114. Thomson-Houston-Wicklung.

In Bild 115 sind die 3 Spulen als innerhalb des Kommutators befindlich dargestellt. Die Doppelbürsten dienen zur Regulierung der Stromstärke.

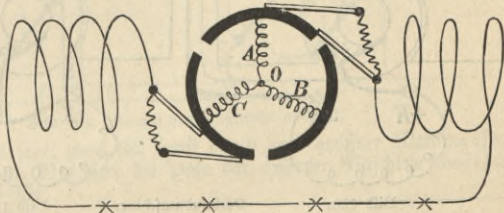


Bild 115. Thomson-Houston.

40. Arten der Dynamo-Maschinen.

a) In der Hauptstrom- oder Reihenmaschine, Bild 116 und 117, wird der ganze aus dem Anker kommende Strom (E_a) durch die Magnetwindungen (R_h) geführt und fließt dann erst in den äußeren Stromkreis R) und den Regulator. Es sind also Anker, Magnetwindungen und äußerer Stromkreis hintereinander geschaltet.

b) Bei der Nebenschlussmaschine, Bild 118 und 119, wird an den Bürsten + B, - B ein Teilstrom abgezweigt, der durch die Magnetwicklung fließt, sodas

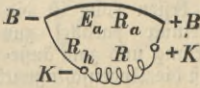
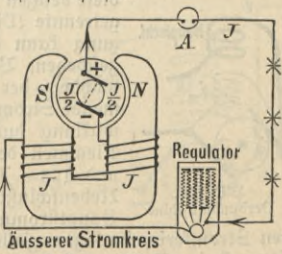


Bild 116. Hauptstrommaschine.



Äusserer Stromkreis

Bild 117.

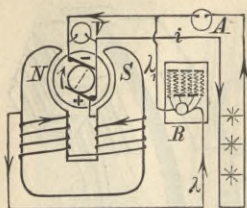


Bild 118. Nebenschlußmaschine. Bild 119.

diese dem äußeren Stromkreis parallel geschaltet ist. Der Regulator R ist in den Magnetstromkreis eingeschlossen.

c) Bei der **Verbund-** oder **Compound-**maschine, Bild 120, 121, 122 und 123, wird sowohl der Hauptstrom als auch der Nebenstrom um die Magnete geführt;

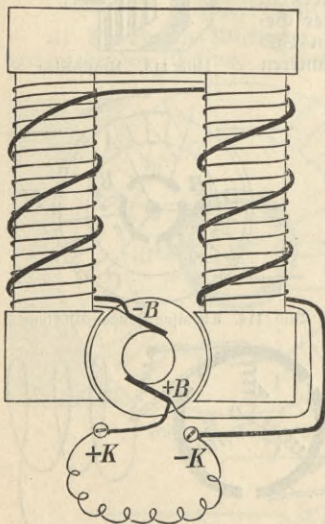
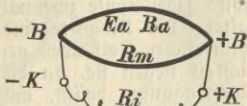


Bild 120.

Verbundmaschine.

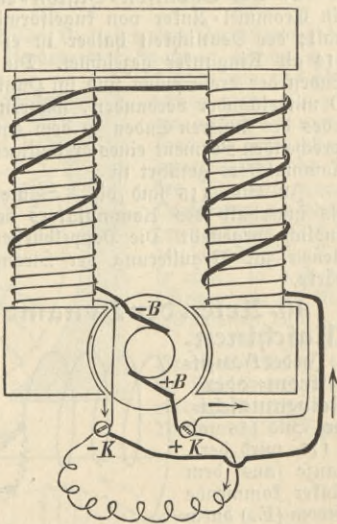


Bild 122.

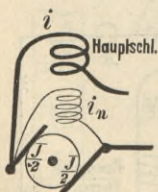


Bild 121.
Verbundmaschine.

diese besitzen also zwei von einander getrennte Wicklungen. Die Abzweigung kann direkt an den Bürsten geschehen, Bild 120 und 121, oder nachdem der aus dem Anker kommende Strom schon die Hauptstromwicklung durchflossen hat, an den Klemmen der Maschine, Bild 122 und 123. Im ersten Falle ist die Nebenschlußwicklung parallel zur Hauptstromwicklung und zum äußeren Stromkreis, im letzten Falle ist die Nebenschlußwicklung zum äußeren Stromkreis allein parallel.

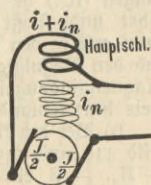


Bild 123.
Verbundmaschine.

diese besitzen also zwei von einander getrennte Wicklungen. Die Abzweigung kann direkt an den Bürsten geschehen, Bild 120 und 121, oder nachdem der aus dem Anker kommende Strom schon die Hauptstromwicklung durchflossen hat, an den Klemmen der Maschine, Bild 122 und 123. Im ersten Falle ist die Nebenschlußwicklung parallel zur Hauptstromwicklung und zum äußeren Stromkreis, im letzten Falle ist die Nebenschlußwicklung zum äußeren Stromkreis allein parallel.

41. Verbindungen der Dynamo-Maschinen.

a) Hauptschlufmaschinen werden in Reihen geschaltet, Bild 124, indem man aufeinanderfolgende Pole verbindet. Sie müssen aber für

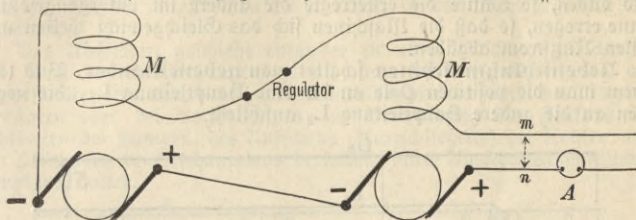


Bild 124. Hauptschlufmaschinen in Reihe.

dieselbe Stromstärke berechnet sein. Beträgt die Spannung an jeder Maschine 200 Volt, so herrscht zwischen den Punkten m n die Gesamtspannung von 400 Volt.

Parallel geschaltete Hauptschlufmaschinen müssen noch durch die Leitung L, Bild 125, zwischen den zweiten (positiven oder negativen)

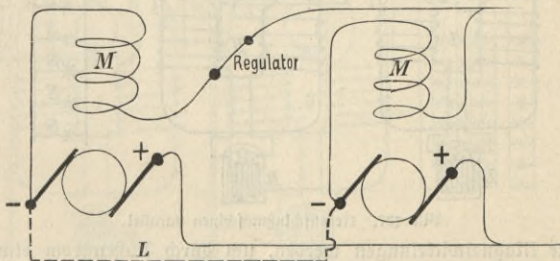


Bild 125. Hauptschlufmaschinen parallel.

Polen verbunden sein, weil sich sonst durch eine größere Klemmenspannung an der einen Maschine die Pole der anderen Maschine umkehren, und die Maschine mit niedriger Spannung angetrieben werden kann. Haben die Maschinen gleiche Spannung, so herrscht zwischen den gleichnamigen Polen keine Spannungsdifferenz und die Verbindungsleitung L ist stromlos.

b) Nebenschlufmaschinen verbindet man in Reihe,

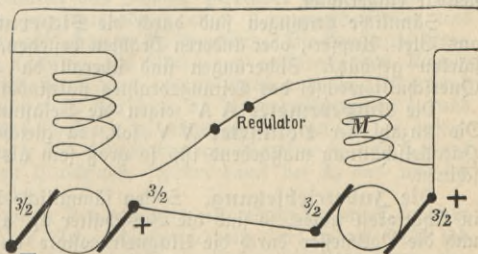


Bild 126. Nebenschlufmaschinen in Reihe.

vorerst auf die Betriebsspannung zu bringen. Da die Spannungen der Dynamo von den Tourenzahlen derselben abhängen, wird deren Regelung am besten durch den Antrieb von einer gemeinsamen Welle aus erreicht. Für die empfindliche Regulierung ist der Magnetrheostat unentbehrlich.

Das Abstellen geschieht entweder an allen Maschinen gleichzeitig und zwar bei Glühlichtanlagen, soll nicht starke Funkenbildung am Hauptschalter eintreten, durch gleichzeitiges Ausschalten sämtlicher Magnetrheostaten oder bei Bogenlampen, zur Vermeidung des Zuckens im Lichtbogen der Lampen, des Aufsitzens (Kurzschließens) der Kohlen und von Störungen im Mechanismus derselben, durch Ausschalten sämtlicher Hauptauschalter.

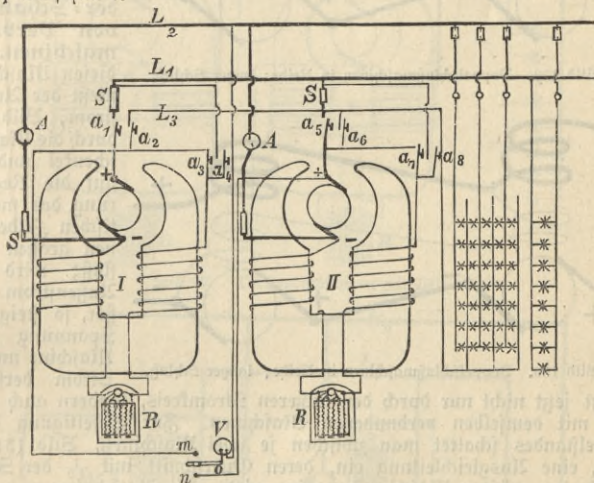


Bild 128. Nebenschlußmaschinen parallel mit Lampenbatterie.

Bild 128 veranschaulicht das Schema parallel geschalteter Nebenschlußmaschinen bei Anwendung einer Lampenbatterie und eines mit Umschalter versehenen Voltmeters. Die Lampenbatterie, welche aus einer der Leistung der Maschinen entsprechenden Anzahl von Glühlampen besteht, kann durch irgend einen anderen Widerstand ersetzt werden. Soll die zweite Maschine an die Hauptleitungen L_1 und L_2 mittels des Hauptauschalters a_3 angeschlossen werden, so bringt man dieselbe zuerst durch die Lampenbatterie (Schalter a_6 und a_8) auf die Leistung der andern Maschinen, schaltet dann bei a_6 aus und bei a_5 und a_7 gleichzeitig ein.

c) Wenn man mehrere Dynamomaschinen verbinden muß, so zieht man im allgemeinen die Nebenschlußmaschinen vor; jedoch stellt sich der fall auch ziemlich oft für Verbund- oder Doppelschlußmaschinen ein.

Bild 129 zeigt die Verbindung zweier Verbundmaschinen

mit kurzem Schluß in Reihe. Man verbindet wieder die ungleichnamigen Pole, die Nebenschlüsse und Hauptschlüsse. Von dieser Verbindungsart unterscheidet sich die mit langem Nebenschluß nach

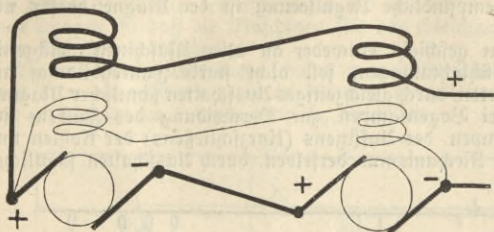


Bild 129. Doppelschlußmaschinen in Reihe; kurzer Schluß.

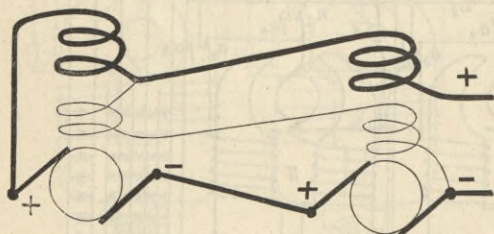


Bild 150. Doppelschlußmaschinen in Reihe; langer Schluß.

Bild 130 nur durch die Abzweigung des einen Nebenschlusses. In beiden Fällen wird das Feld durch denselben Strom erregt.

Nebeneinander-Schaltung von Verbundmaschinen. Bei diesen Maschinen fließt der Außenstrom, Bild 131, durch die Magnetstempel und hat auf die Regulierung des magnetischen Feldes einen großen Einfluß; wird der Außenstrom größer, so steigt die Spannung der Maschine und der Strom derselben fließt jetzt nicht nur durch den äußeren Stromkreis, sondern auch durch die mit demselben verbundenen Maschinen. Zur Beseitigung dieses Uebelstandes schaltet man zwischen je zwei Maschinen, Bild 131 und 132, eine Ausgleichleitung ein, deren Querschnitt mit $\frac{1}{10}$ der Stromstärke der größten Maschine bemessen wird. Die Ausschalter a_1 und a_2 sind zweipolig (bipolar), so daß die von der Maschine ausgehenden Hauptleitungen gleichzeitig eingeschaltet werden können. Für den Betrieb und die Schaltung der Apparate gelten die bei der Nebenschlußmaschine angeführten Vorschriften. Sind die Ausschalter a_1 und a_2 in unmittelbarer Nähe der Maschine aufmontiert, so wendet man die in Bild 132 dargestellte Schaltung an, weil man sonst an jeder Maschine eine Leitung zum Schaltbrett, dagegen in Bild 132 nur einen Draht von jeder Maschine zu den Rheostaten R R zu führen hat. Da in diesem Bild die Ausschalter für den Nebenschluß (a_2 und a_1 in Bild 131) fehlen, so müssen die Magnet-rheostaten selbst ausschaltbar sein.

Wenn bei der in den Bildern 131 und 132 angegebenen Schaltung unter Voraussetzung gleich großer Maschinen und gleicher Tourenzahlen die Stromstärken in den Magnetwicklungen dieselben sind, müssen die Spannungen und Leistungen der Maschinen gleich sein. Wird dann die Tourenzahl der einen Maschine kleiner, so hat dieselbe weniger Arbeit

zu leisten und läuft rascher, während die zweite Maschine einen langsameren Gang annimmt, bis sich an den beiden Maschinen die gleiche Spannung einstellt. Dieselbe Regulierung findet auch bei Maschinen

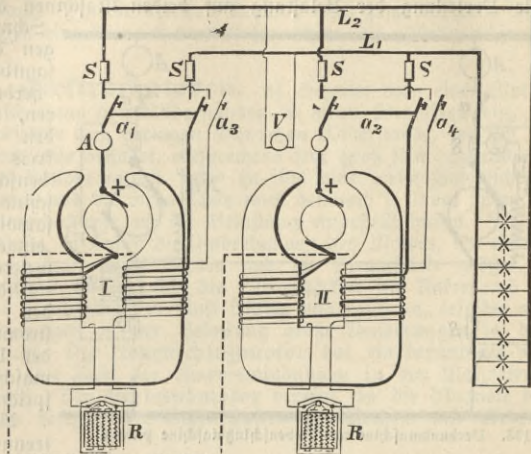


Bild 131. Verbundmaschinen parallel.

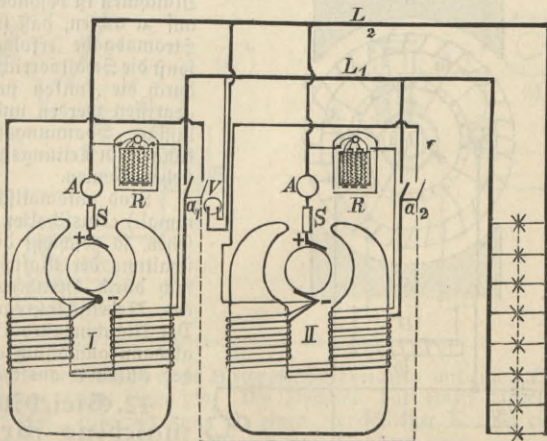


Bild 132. Verbundmaschinen parallel.

von verschiedener Größe und ungleichen Tourenzahlen statt; in letzterem Falle müssen sich die Widerstände der dicken Windungen umgekehrt verhalten wie die Stromstärken der Maschinen.

d) Hin und wieder kommt es vor, daß eine Verbund- und eine Nebenschlußmaschine parallel geschaltet werden. Hierzu dient die in Bild 133 dargestellte Schaltung. Um eine möglichst gleiche oder proportionale Verteilung der Belastung auf beiden Maschinen auch bei

Schwankungen der Gesamtbelastung herbeizuführen, wird in den Stromkreis der Nebenschlußmaschine ein Zusatzwiderstand eingeschaltet, welcher dem Widerstand der Hauptstromwicklung der Verbundmaschine entspricht.

Beim Ab-

trennen, sowie beim Einschalten größerer Maschinen ist besonders darauf zu achten, daß sie ohne Stromabgabe erfolgen, da sonst die Schaltvorrichtungen durch die Funken stark angegriffen werden und unzulässige Spannungsschwankungen im Leitungsnetz entstehen können.

Sind automatische (Minimal-) Auschalter vorgesehen, so geschieht die Ausschaltung der Maschine einfach durch Herabregulieren des Nebenschlußregulators. Der Maschinenstrom nimmt alsdann allmählich ab, bis der Automat ausschaltet.

42. Gleichstrommaschine für das Dreileiter-System.

In der Maschine Dobrowolsky, Bild 134, sind zwei Punkte a und b der Ankerwicklung mit zwei Schleifringen, und diese mit einer Spule DO, dem „Spannungsverteiler“,

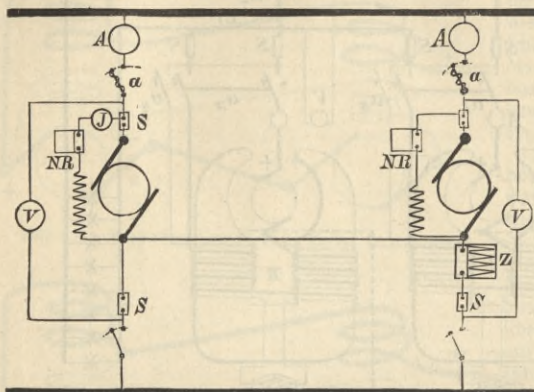


Bild 133. Verbundmaschine und Nebenschlußmaschine parallel.

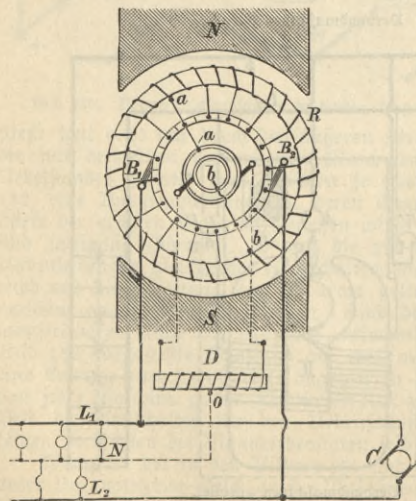


Bild 134. Gleichstrommaschine für Dreileiter-System.

verbunden, so daß durch diesen ein schwacher Wechselstrom hindurchfließt; die elektromotorischen Kräfte sind bei 0 gleich, so daß 0 zum Anschlußpunkt der neutralen Leitung N des Dreileiter-systems genommen werden kann. In die neutrale Leitung wird zum Ausgleich ungleicher Belastungen eine kleine Hauptschlusmaschine, die „Nullmaschine“ eingeschaltet.

13. Elektromotoren. a) Schaltet man einen Motor ohne Zwischenschaltung von Widerständen in einen Stromkreis ein, so wird die Stromstärke dem geringen Ohmschen Widerstande, der sich dann in dem Stromkreise befindet, entsprechend sehr groß sein. Sobald aber der Anker des Motors rotiert, wird in ihm eine elektromotorische Gegenkraft erzeugt und die Stromstärke wird demnach so lange sinken, bis sich die Stromverhältnisse auf die Belastung eingestellt haben. Steigt dann die Belastung, so sinken die Umdrehungen des Motors, die elektromotorische Gegenkraft wird kleiner und die Stromstärke größer. Beim **Reihenmotor** ändern sich die Stromstärken im Anker und in den Magneten gleichzeitig; er läuft kräftig und rasch an, erleidet aber mit den Aenderungen in der Belastung große Aenderungen in der Umdrehungszahl. Der **Nebenschlußmotor** hat ein beständiges magnetisches Feld (die Zahl der Amperewindungen in den Magneten bleibt unverändert). Der **Verbundmotor** vereint, da die Magnete beiderlei Wicklungen besitzen, die Eigenschaften des Reihen- und Nebenschlußmotors.

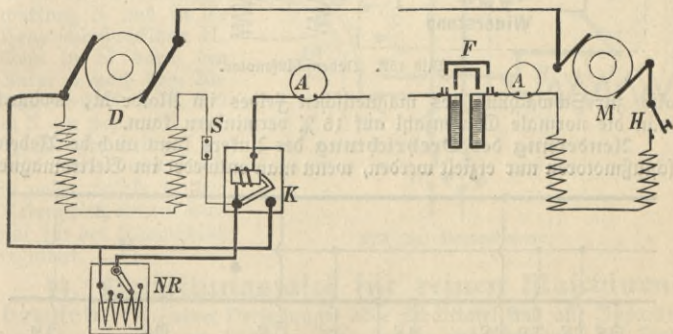


Bild 135. Hauptstromdynamo und Hauptstrommotor.

b) Die Verbindung einer Hauptstromdynamo mit einem Hauptstrommotor zeigt Bild 135. Die Dynamo hat einen Nebenschlußregulator NR, eine Sicherung S, einen Kurzschließer K und ein Amperemeter A; der Strom zum Motor wird reguliert durch einen Metall- oder einen Flüssigkeitswiderstand F und bei größeren Motoren durch ein Amperemeter A gemessen. H ist ein Notauschalter. Ein Anlaufwiderstand ist überflüssig, wenn man den Motor mit der Inangangsetzung der Dynamo anlaufen und mit deren Abstellung auslaufen läßt. An

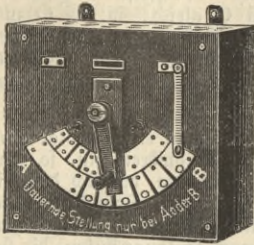


Bild 136. Anlaufwiderstand.

der Stelle, wo die Leitung ins Gebäude eintritt, sind zwei Blitzschutzvorrichtungen anzubringen.

c) Die Nebenschlußmotoren werden fast nur in Parallelschaltung mit konstanter Spannung betrieben, Bild 137. Zuerst wird bei der Bewegung des Hebels am Anlaufwiderstand (Bild 136) der Elektromagnet erregt, dann ein schwacher Strom in den Anker gesendet und dieser allmählich durch Ausschalten von Widerständen bis zur vollen Stärke gebracht; die weiteren Widerstandsspulen im Anlaufwiderstand dienen zur Verminderung des Erregerstroms,

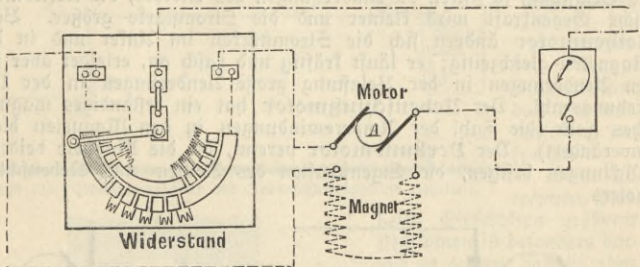


Bild 137. Nebenschlußmotor.

also zur Schwächung des magnetischen Feldes im Motor M, wodurch man die normale Tourenzahl auf 15 % vermindern kann.

Uenderung der Drehrichtung des Ankers kann auch bei Nebenschlußmotoren nur erzielt werden, wenn man entweder im Elektromagnet

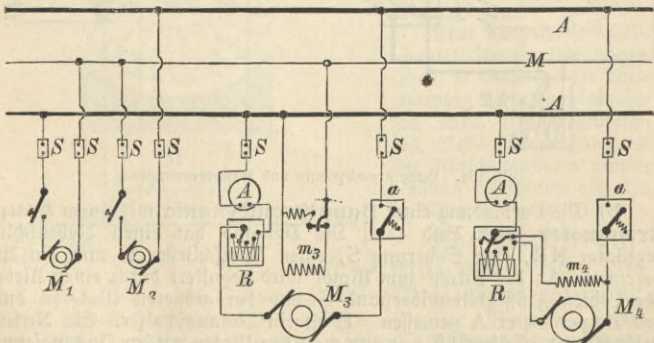


Bild 138. Nebenschlußmotor im Dreileitersystem.

allein oder im Anker allein die Stromrichtung und also die magnetische Erregung ändert.

Beim **Dreileitersystem**, Bild 138, werden kleinere Motore M_1 und M_2 , ebenso wie die Beleuchtung möglichst gleichmäßig auf beide Kreise verteilt. Die größeren Motoren M_3 , M_4 dagegen werden an die beiden Außenleiter AA (den positiven und negativen), die Magnetwicklungen m_3 , m_4 jedoch vielfach an eine von beiden Hälften angeschlossen. Hieraus ergibt sich, daß drei Zuleitungen erforderlich sind (m_4), von denen die mittlere (der Null- oder Mittelleiter) mit kleinerem Kupferquerschnitt (etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der beiden äußeren) ausgeführt wird.

d) Der **Doppelschluß-, Verbund- oder Compoundmotor** besitzt die Eigenschaft, daß durch entsprechende Wahl des Wickelungsverhältnisses eine selbstthätige, in verlangten Grenzen sich bewegendende Veränderung der Umdrehungszahl bei veränderlicher Belastung zu erzielen ist. Er wird daher bevorzugt, wenn es sich um Aufzüge, Kranen und andere Maschinen handelt, wofür eine möglichst große Anlaufzugkraft und gleichmäßige Geschwindigkeit erforderlich sind.

Wenn in Bild 139 der Umschalter U geschlossen wird, so teilt sich der Strom am Punkt n in die Nebenschlußwicklung N und in die Hauptschlußwicklung H, fließt in H durch den Anker A nach dem Anlaufwiderstand AW, und in N zur Schiene S_1 und S_2 und zur Leitung L_1 . Der Strom tritt somit in voller Stärke in den Nebenschluß ein und wird nur für den Hauptschluß reguliert.

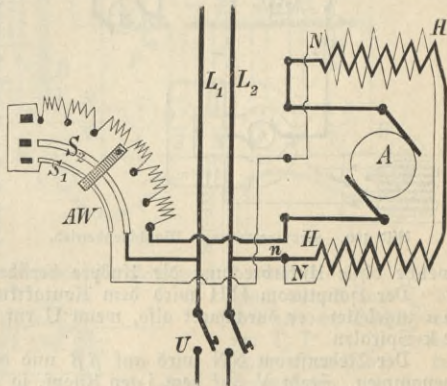


Bild 139. Verbundmotor.

44. Verteilungstafel für reinen Maschinenbetrieb. An einer Verteilungs- oder Schalttafel sind alle Apparate angebracht, welche zur Messung, Regulierung und Verteilung des Stromes dienen.

Von der Dynamo kommen, Bild 140, zwei Hauptkabel $S S_1$. Beide sind durch Sicherungen + und - geschützt. In der Leitung S liegt das Amperemeter A. Der Voltmeter V liegt zwischen den Hauptleitungen. Die Dynamo ist eine Nebenschlußdynamomaschine und wird ihre Erregung durch einen Regulator verändert. An die Sammelschienen sind die Leitungen zum Licht und zu den Motoren angeschlossen.

Um den Voltmeter nicht öfter ablesen zu müssen, bringt man an demselben Kontakte an, durch welche der Strom zu einer elektrischen Glocke oder bunten Signallampe geleitet wird, sobald die Spannung

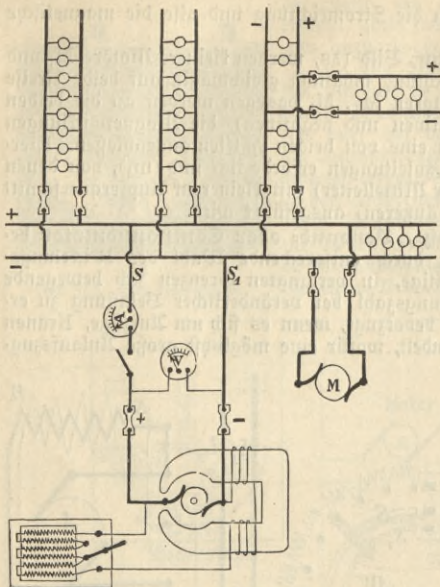


Bild 140. Stromverteilung. Maschinenbetrieb.

welche ohne Unterbrechung die Knöpfe berühren.

Der Hauptstrom HH wird dem Kontaktknopf 0 und der Schiene $\alpha\alpha$ zugeleitet; er durchquert also, wenn U auf dem k -ten Knopf steht, $2k$ Spiralen.

Der Nebenstrom NN wird auf $\beta\beta$ und dem Kontaktknopf 0 abgenommen. Steht V auf dem i -ten Knopf, so umklammert der Nebenschluß $2i$ Spiralen der Hauptleitung.

b) Der Nebenstrom fließt zum Steckkontakt I. Nimmt man den Stecker S aus dem Ruhekontakt W an der Wand heraus und steckt ihn in I fest, so wird der Nebenstrom zum Tisch geleitet, Bild 142, und kann dort an verschiedenen Stellen T, T' ... abgenommen werden. Die Tischtafel enthält ein Präzisionsamperemeter und ein Präzisionsvoltmeter, welches letzteres Spannungen von 0 bis 15 Volt, 0 bis 150 Volt, 0 bis 250 Volt (entsprechend seinen drei Wicklungen) mittels des Umschalters E zeigen kann. Außerdem enthält diese Tischtafel neben dem Stromzuführungskontakt R einen oder mehrere Abnehmungskontakte Z nebst den zugehörigen Stromauschaltern. Der Hauptstrom durchfließt, Bild 141, die Schienen $\alpha\alpha$ und $\beta\beta$, auf bb sind drei Unterbrechungen: bei P, beim Steckkontakt II und bei Q. Soll der Hauptstrom im Verteilungswiderstand fließen, so muß der Ausschalter Q geschlossen (die Glühlampe brennt und das Voltmeter zeigt die Gesamtspannung), der

über die zulässige Grenze steigt oder unter dieselbe sinkt (§ 22). Mittels eines kleinen Schalters wird das Voltmeter nur zeitweise eingeschaltet.

45. Verteilungstafel für einen Lehrsaal in München, beschrieben von J. Kleiber.

a) Der Verteilungswiderstand, Bild 141 oben links. Zwei Marmorleisten AA und BB sind durch zwei Eisenschienen XX und YY festgehalten, dazwischen sind 72 Nickelindrahtspiralen zwischen zwei Reihen von Kontaktknöpfen aus gespannt. Auf jeder Marmorleiste befindet sich frei eine Lauffschiene aus Kupfer $\alpha\alpha$ und $\beta\beta$ und darauf verschiebbar die Kontaktbügel U und V,

Steckkontakt II durch einen Bügel überbrückt und P niedergedrückt werden.

c) Direkte Benutzung des Hauptstroms. a) Mit Vorschaltwiderstand. Steckt man S in II, so fließt der Hauptstrom nach Schlie-

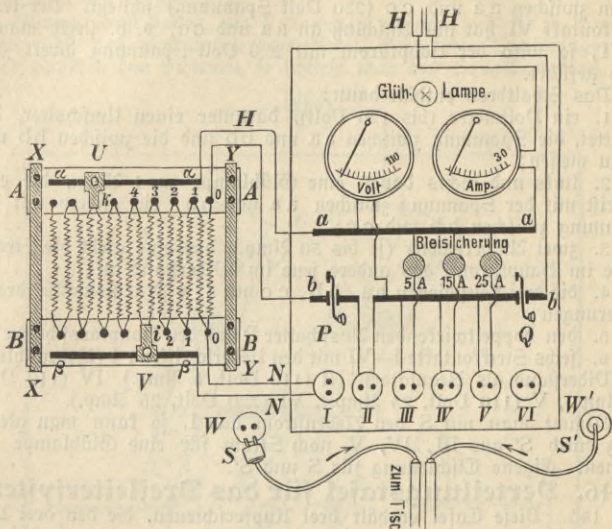


Bild 141. Laboratoriums-Verteilungstafel. Starkstrom.

fung von P und Q direkt zu den Tischkontakten T, T'.... In diesem Falle durchfließt der Hauptstrom 2 k Spiralen des Verteilungswiderstandes und dieser wirkt als Vorschaltwiderstand.

β) Ohne Vorschaltwiderstand. Man führt S nach III und leitet so den Hauptstrom ohne Widerstand zum Tisch. Ebenso wirken die Kontakte IV und V, nur mit dem Unterschied, daß zu III eine Bleisicherung von

5 Amp., zu IV eine solche von 15 Amp. und zu V eine solche von 25 Amp. gehört.

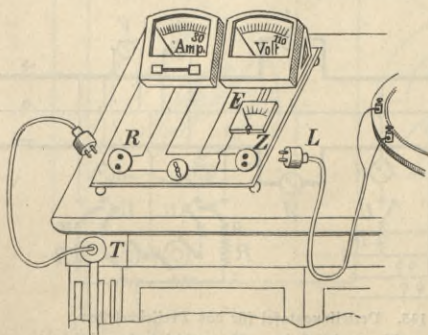


Bild 142. Tischtafel.

d) Beim Dreileitersystem kommt unter bb, Bild 141, noch eine dritte Schiene cc; der Hebel P ist dann als Doppelhebel konstruiert, der beim Aufwärtsdrücken den Strom zwischen aa und bb (110 Volt Spannung) in den Widerstand liefert, beim Abwärtsdrücken aber den Strom zwischen a a und c c (220 Volt Spannung) schließt. Der letzte Steckkontakt VI hat nur Anschluß an aa und cc, d. h. steckt man S in VI, so wird der Hauptstrom mit 220 Volt Spannung direkt zum Tisch geführt.

Das Schaltbrett enthält dann:

1. ein Voltmeter (bis 120 Volt), darunter einen Umschalter, der gestattet, die Spannung zwischen aa und bb und die zwischen bb und cc zu messen;

2. links und rechts davon eine Glühlampe zu 1 Amp., die eine gespeist mit der Spannung zwischen aa und bb, die andere mit der Spannung zwischen bb und cc;

3. zwei Amperemeter (je bis 30 Amp.), das eine giebt die Stromstärke im Hauptstrom, das andere jene im Widerstand an;

4. die drei Leitschienen aa, bb, cc mit 3 · 6 Präzisions Silberdraht-Sicherungen;

5. den doppelwirkenden Ausschalter P und den Hauptauschalter Q;

6. sechs Steckkontakte I—VI mit den Uberschriften: I (Nebenschluß), II (Widerstand als Regulator), III (110 Volt, 5 Amp.), IV (110 Volt, 15 Amp.), V (110 Volt, 25 Amp.), VI (220 Volt, 25 Amp.).

Nimmt man mit S den Nebenstrom aus I, so kann man gleichzeitig durch S' aus III, IV, V noch Strom für eine Glühlampe abnehmen. Eigene Tischleitung für S und S'.

46. Verteilungstafel für das Dreileitersystem,

Bild 143. Diese Tafel enthält drei Kupferschienen, die den drei Verteilungsleitungen entsprechen und an die Maschinengruppen angeschlossen sind, und drei

andere Schienen, die mit den Speiseleitungen verbunden sind. Zwei Amperemeter AA zeigen die Stromstärken in den Außenleitern an; ein Amperemeter im Mittelleiter ist nicht unent-

behrlich, weil man weiß, daß er in jedem Augenblick den Unterschied der Ablesungen in den Außenleitern anzeigen würde. Die Voltmeter V V geben die Spannungen der zwei Brücken an, und die Amperemeter a a, die von den Dynamomaschinen gelieferten und die von den Leitungen verzehrten Stromstärken. Der Hauptstromkreis jeder Dynamo enthält einen Unter-

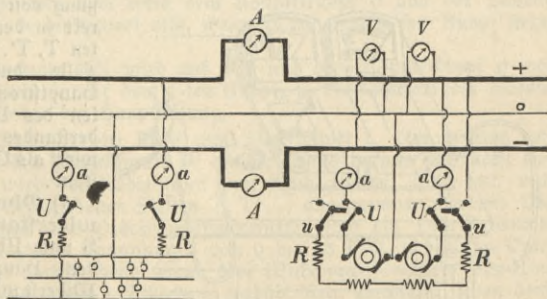


Bild 143. Verteilungstafel für das Dreileitersystem.

man weiß, daß er in jedem Augenblick den Unterschied der Ablesungen in den Außenleitern anzeigen würde. Die Voltmeter V V geben die Spannungen der zwei Brücken an, und die Amperemeter a a, die von den Dynamomaschinen gelieferten und die von den Leitungen verzehrten Stromstärken. Der Hauptstromkreis jeder Dynamo enthält einen Unter-

brecher U und der Erregerkreis einen Unterbrecher u; diese Unterbrecher sind so angeordnet, daß man den Hauptstromkreis vor dem Erregerkreis schließen kann. Dieser Erregerkreis enthält noch einen Rheostaten R. Jede Speiseleitung ist gleicherweise mit einem Unterbrecher U und einem Rheostaten R versehen.

Man beginnt damit, die Dynamo zu erregen und sie in Gang zu setzen. Ist ihre elektromotorische Kraft gleich dem Spannungsunterschied zwischen den Schienen, so schließt man den Hauptstromkreis.

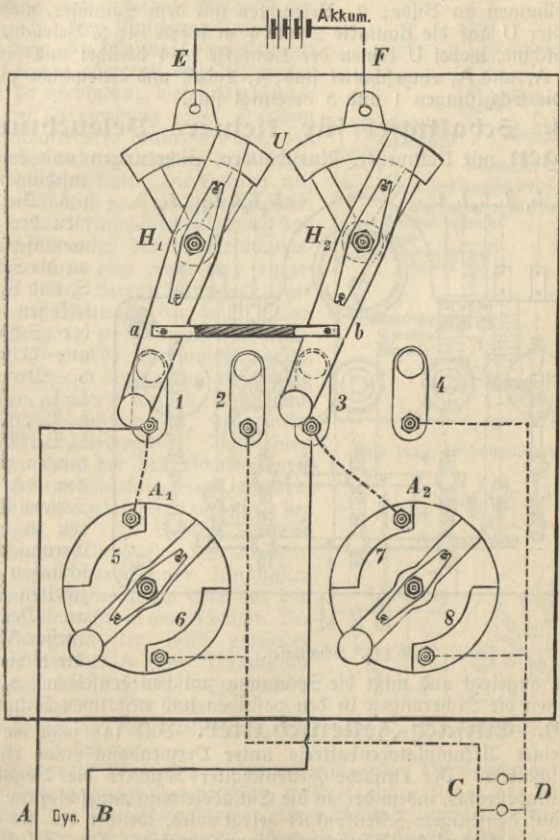


Bild 144. Verteilungstafel.

47. Einfache Verteilungstafel mit Akkumulator, Bild 144. Außer den Hauptschaltbrettern im Maschinenhause Weiser, Schaltungsbuch.

bei Ab- und Zunahme der Batteriespannung erforderliche Verschiebung des Schalthebels kann von Hand oder durch selbstthätig wirkende Apparate erfolgen.

Die von der Maschine ausgehende Leitung erhält einen automatischen Ausschalter, welcher beim Aufhören des Maschinenstroms selbstthätig die Leitung unterbricht und hierdurch einer Entladung der Akkumulatoren durch die Maschine hindurch vorbeugt. Die Anordnung einer Sicherung wird nur in kleineren, häufig einer Wartung entbehrenden Anlagen erforderlich. Der Maschinen-Umschalter dient dazu, die Maschine entweder mit den Lampen oder mit den Akkumulatoren zu verbinden; dieser Umschalter muß bei Verwendung eines einfachen Zellschalters so konstruiert sein, daß der Hebel nicht gleichzeitig beide Kontakte berühren kann. Die Leitung enthält gewöhnlich noch ein Amperemeter.

In die Akkumulatorenleitung sind der Amperemeter, der Stromrichtungsanzeiger und eine Sicherung eingeschaltet. Der Stromrichtungsanzeiger dient zur Kontrolle der beim Laden und Entladen wechselnden Stromrichtung. Der erste Strommesser zeigt, wenn während des Ladens gleichzeitig Lampen gebrannt werden, den gesamten Maschinenstrom an, der zweite den Akkumulatorenstrom. Bei kleinen Anlagen kann der Zellschalter durch einen Stromregulator ersetzt werden.

Bild 146 zeigt die Anordnung der Leitungen für eine kleinere Batterie (30 bis 100 Ampere). Der Amperemesser wird durch einen Umschalter auf den Maschinenstrom oder auf den Akkumulatorenstrom umgeschaltet. Der Maschinenumschalter wird entweder auf den Kontakt A zum Akkumulator oder auf den Kontakt L zur Lichtleitung angelegt. Der Voltmeter mißt hier nur die in der Lichtleitung vorhandene Spannung.

Bild 147. Wenn die aufeinanderfolgenden Verbindungen der Akkumulatorenelemente unmittelbar nebeneinander liegen, so muß beim Verstellen des Schleifkontakts von einem Kontakt zum andern der Schleifkontakt beide Stücke für einen Augenblick gleichzeitig berühren. Damit nun durch den Schleifkontakt nicht ein Strom von abnormer Stärke fließt, verbindet man zwei Schleifkontakte starr mit einander, isoliert sie aber von einander und verbindet sie durch einen Widerstand. K ist die

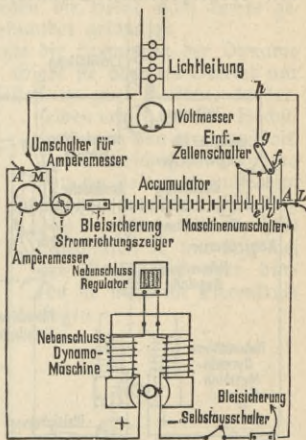


Bild 146. Einfachzellschalter.

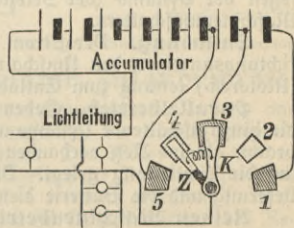


Bild 147. Zellschalterkonstruktion.

Hauptkurbel, Z der zweite Schleifkontakt, der sich mit K zugleich bewegt. Der Zwischenwiderstand ist als eine Spirale gezeichnet. Die mit der Batterie verbundenen Kontaktstücke 1, 3, 5 sind schraffiert, 2 und 4 sind isolierte Metallstücke.

50. Doppelzellenschalter, Bild 148. Die Schalttafel enthält, den Doppelzellenschalter ausgenommen, dieselben Apparate wie in den vorhergehenden Schalttafeln. Die Ladung einer Akkumulatorenbatterie in einer Reihe ist nur dann angängig, wenn die Spannung der Dynamomaschine um 40 % erhöht werden kann.

Ladung. Man stellt den Maschinenumschalter auf Ladung und den Ladehebel d des Zellenhalters auf die äußerste Regulierungszelle, so daß die ganze Batterie eingeschaltet ist und legt den Selbstauschalter ein. Nun reguliert man die Stromstärke auf den vorgeschriebenen Betrag mittels des Nebenschlußregulators. Der negative Strom fließt durch den Selbstauschalter, durch den Maschinenhebel und den Ladehebel zur negativen Platte, der positive Strom nimmt seinen Weg über den Amperemesser, den Stromrichtungsanzeiger und die Sicherung zur ersten positiven Platte und durch die ganze Batterie.

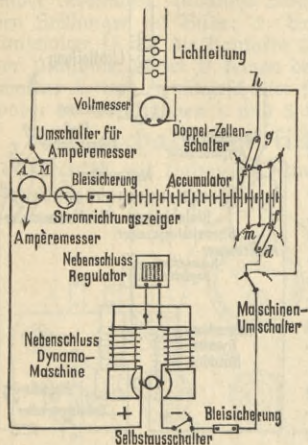


Bild 148. Doppelzellenschalter.

Beenden der Ladung. Stillsetzen der Dynamo (der Selbstauschalter fällt aus) und Öffnen des Maschinenumschalters.

Entladung. Der Strom fließt durch die Sicherung, den Stromrichtungsanzeiger, den Umschalter für den Strommesser, durch die Licht-(Motoren-)leitung zum Entladehebel g.

Parallelbetrieb. Geben die Akkumulatoren schon Strom, so wird die hinzuzuschaltende Dynamo auf eine einige Volt höhere Spannung gebracht, als im Netz vorhanden ist. Dann wird der Maschinenumschalter auf die Lichtleitung gelegt. Die Maschine übernimmt jetzt die Stromlieferung und die Batterie dient nur zur Reserve und Ausgleichung.

Reinen Maschinenbetrieb hat man dann, wenn man den Maschinenumschalter auf die Lichtleitung und den Umschalter für den Amperemesser auf die Maschinenleitung umlegt. Die Regulierung der Spannung erfolgt dann nur durch den Nebenschlußregulator der Dynamomaschine.

Ist die Batterie im Betrieb und soll die Maschine hinzugeschaltet werden, so mißt man die herrschende Netzspannung und bringt die der Maschine auf 2 bis 4 Volt höher.

51. Laden der Akkumulatorenbatterie in zwei Hälften. Bild 149. Die Schalttafel enthält die Nebenschlußmaschine

N mit dem Nebenschlußregulator NR, den Selbstausschalter a, die Amperemesser A_1, A_2, A_3 , die Sicherungen s_1, s_2, s_3 , den Stromrichtungsanzeiger r, die Rheostaten R_1, R_2 , das Voltmeter V, den Einfach-Zellenschalter Z und den Serien- oder Reihenschalter S.

Der Reihenschalter dient dazu, die Batteriehälften in eine Reihe oder in zwei parallele Reihen zu schalten. Er besteht aus zwei Metallhebeln und zwei Kontakten. In der gezeichneten Stellung sind die Batteriehälften parallel geschaltet. Werden die Hebel nach rechts gedreht, so sind die Batteriehälften hintereinander geschaltet.

Bei einer Anlage für 110 Volt müßte die Spannung der Dynamo auf 160 Volt gesteigert werden können. Giebt sie aber im Betrieb nur ca. 110 Volt, so zerlegt man die 60 Zellen in zwei Hälften, 30 derselben erfordern eine Höchstspannung von etwa 80 Volt.

Der Ueberschuß der Dynamo von 30 Volt muß nun beim Laden vernichtet werden, dies geschieht durch die Rheostaten R_1 und R_2 . Bei der Entladung aber dürfen sie nicht im Stromkreis liegen.

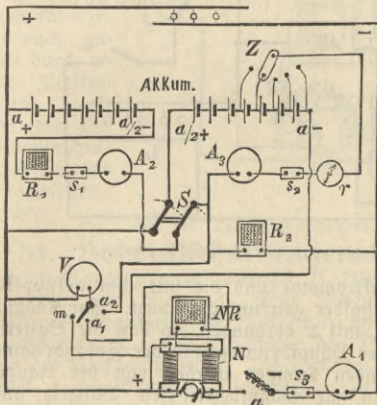


Bild 149. Laden in zwei Hälften.

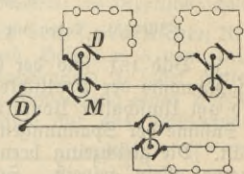


Bild 150. Gleichstromtransformator.

52. Gleichstromtransformator, Zusatzdynamomaschine, Bild 150. Ein Gleichstromtransformator besteht aus einem Elektromotor und einer Dynamomaschine, die direkt gekuppelt sind, bzw. eine gemeinsame Welle besitzen. Der Motor wird in den Hauptstromkreis eingeschaltet und die mitgekuppelte Dynamo speist die Empfänger. Wird die primäre Stromstärke konstant gehalten, so wird es auch die sekundäre sein. Dazu wird von der Dampfmaschine der Regulator entfernt; der Dampfdruck und die angetriebene Dynamo stellen sich nach den Bedürfnissen der Verteilungskreise ein.

Die Dynamo des Gleichstromtransformators wird bisweilen als Zusatzdynamo zum Laden von Akkumulatoren verwendet.

53. Laden mit Zusatzdynamo, Bild 151. a) Die Zusatzdynamo wird mit der ladenden Maschine hintereinander in den Ladestromkreis eingeschaltet, so wie man zwei galvanische Elemente hintereinander schaltet. Dadurch addiert sich für den Ladestromkreis die durch die Zusatzdynamo erzeugte Spannung zu der der ladenden

Dynamomaschine. Die Anferwicklung der Zusatzdynamo ist der zum Laden der Batterie erforderlichen Höchststromstärke bemessen. Durch Hinzufügung der Zusatzdynamo wird die Größe der Dynamomaschine und meist auch die des Zellschalters vermindert.

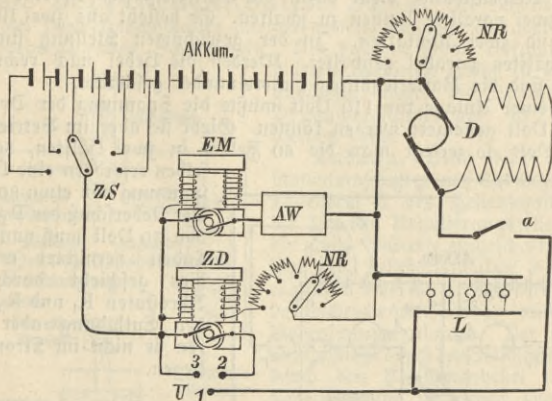


Bild 151. Laden mit Zusatzdynamo und Einfachzellschalter.

In Bild 151 sind der Elektromotor und die mit ihm gekuppelte Zusatzdynamo der Deutlichkeit halber getrennt gezeichnet. Zur Ladung wird am Umschalter Kontakt 1 mit 2 verbunden, so daß die Batterie die Summe der Spannungen der Hauptdynamo und der Zusatzdynamo erhält. Die gleichzeitig brennenden Lampen werden von der Hauptdynamo allein gespeist. Sollen zur Hauptbetriebszeit Batterie und Dynamomaschine zusammen Strom abgeben, so wird die Zusatzdynamo dadurch ausgeschaltet, daß man beim Umschalter Kontakt 1 mit 3 verbindet und gleichzeitig den Elektromotor abstellt. Wenn schließlich die Batterie allein die Speisung der Lampe übernehmen soll, so öffnet man den Ausschalter a und schaltet damit die Hauptdynamo aus.

b) Soll die Regulierung der Lampenspannung auch während der Ladung vom Zellschalter aus erfolgen, so ist ein Doppelzellschalter, Bild 152, mit entsprechend mehr Zellen erforderlich. An die Stelle des Umschalters, Bild 151, tritt der Ausschalter a_2 . Zur Ladung sind a_1 und a_2 geschlossen. Während Batterie und Maschine beide Strom abgeben, ist a_2 offen und a_1 geschlossen. Soll die Batterie allein die Lampen speisen, so wird die Hauptdynamo durch Öffnen von a_1 ausgeschaltet. Die Lampenspannung wird stets mit dem Entladehebel des Zellschalters reguliert.

Bei Beginn der Ladung der Batterie wird zuerst der Elektromotor in Gang gesetzt und dann die mit ihm gekuppelte Zusatzdynamo in den Ladestromkreis eingeschaltet. Man reguliert so, daß die Zusatzdynamo zunächst nur einen entsprechend geringen Zuwachs zu der von der Hauptdynamo erzeugten Spannung liefert, und erhöht ihn allmählich

in dem Maße, wie mit fortschreitender Ladung die Klemmenspannung der Batterie wächst. Infolgedessen braucht die Hauptdynamo während der ganzen Dauer der Ladung stets nur eine und dieselbe Klemmenspannung zu liefern, deren Betrag durch die Betriebsspannung der Anlage gegeben ist; den Mehrbetrag erzeugt die Zusatzdynamo. Diese kann indes auch, anstatt durch einen Elektromotor, direkt von der Betriebsmaschine durch Riemen angetrieben werden.

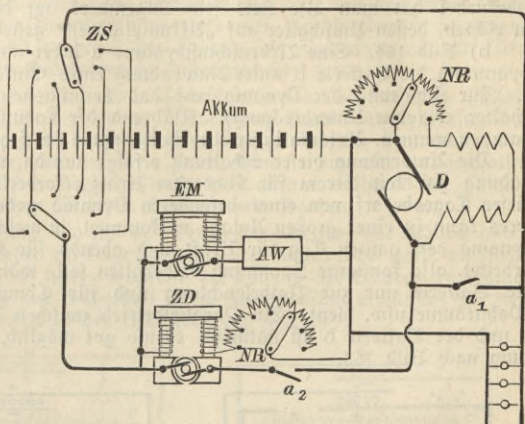


Bild 152. Laden mit Zusatzdynamomaschine und Doppelzellenschalter.

54. Normalschaltungen nach dem „praktischen Maschinen-Konstrukteur“ von W. H. Uhland, Heft 3 u. 5 vom Jahrgang 1901. a) Bild 153. Eine Nebenschlußdynamo a ladet mittels erhöhbarer Spannung die Batterie b unter Anwendung eines Doppelzellenschalters c. Zur Schaltung der Dynamo auf das Leitungsnetz dient der Umschalthebel d. Die Entladekurbel e des Doppelzellenschalters c ist unausschaltbar an das Leitungsnetz angeschlossen, so daß bei einer Störung an der Dynamo die Batterie den Betrieb allein übernimmt und während der Ladung ebenfalls Strom abgeben kann. Ein automatischer Minimalauschalter f verhindert, daß sich die Batterie auf die Dynamo entladen kann, welcher Liebelstand beim Abfallen des Dynamoriemens eintreten könnte. Ist die Stromstärke der Batterie kleiner als ein Drittel derjenigen der Dynamo, so wird an Stelle eines Minimalauschalters ein automatischer Maximalauschalter zum Schutze der Batterie angewendet und bei g eingeschaltet.

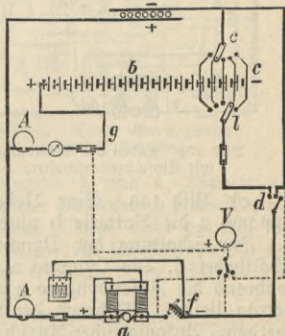


Bild 153. Laden des Akkumulators.

Diese Schaltung ist in solchen Fällen anwendbar, in denen die Dynamomaschine am Tage die Batterie laden kann und sehr wenig Lampen in dunklen Räumen vorhanden sind. Diese wenigen Lampen werden während der Ladung von der Batterie gespeist, zu welchem

Zwecke mit der Entladefurbel e des Doppelzellenschalters c soviel Zellen abgeschaltet werden müssen, daß die Batterie die normale Lichtspannung, z. B. 110 Volt, abgibt. Während der Drehung der Entladefurbel hat man also stets sein Augenmerk auf das Voltmeter V zu richten, dessen Umschalter auf „Akkumulatoren“ gestellt wird.

b) Bild 154. Eine Nebenschlußdynamo a ladet mittels erhöhbarer Spannung die Batterie b unter Anwendung eines Einfachzellenschalters c. Zur Schaltung der Dynamo auf das Leitungsnetz dient der Umschalter d (ohne Unterbrechung). Während der Ladung können keine Lampen brennen. Automatischer Ausschalter f wie bei Schaltung Bild 153.

Die Anwendung dieser Schaltung erfolgt nur da, wo während der Ladung gar kein Strom für Licht oder Kraft erforderlich ist oder wo dieser Tagesbedarf von einer besonderen Dynamo gedeckt wird. Letzteres kann in einer großen Anlage vorkommen, in welcher eine Primärdynamo den ganzen Tag für Kraft und abends für Licht und Kraft arbeitet, also konstante Spannung beibehalten soll, während am Abend die Batterie nur zur Nothbeleuchtung und für Comptoirs, Treppen, Wohnräume usw. dient. Ein Parallelbetrieb zwischen der Ladedyynamo a und der Batterie b ist natürlich ebenso gut möglich, wie bei Schaltung nach Bild 153.

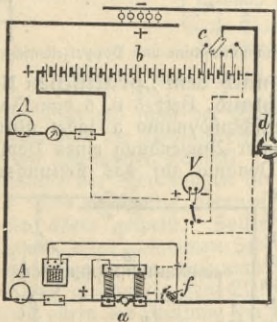


Bild 154. Laden des Akkumulators mit Einfachzellenschalter.

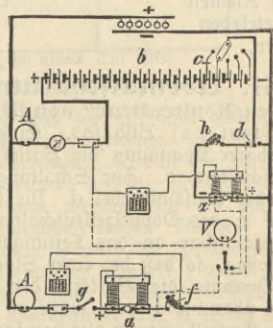


Bild 155. Laden mittels Zusatzdynamo.

c) Bild 155. Eine Nebenschlußdynamo a ladet mittels Zusatzdynamo z die Batterie b unter Anwendung eines Einfachzellenschalters c. Zur Schaltung der Dynamo z auf die Batterie b dient der Umschalthebel d. Die Dynamo a arbeitet mit konstanter Betriebsspannung, während die Zusatzdynamo z den für die Ladung erforderlichen Mehrbetrag liefert. Während der Ladung kann die Dynamo a vollbelastet werden. Automatischer Ausschalter f wie bei Schaltung Bild 153, automatischer Ausschalter h entsprechend für die Zusatzdynamo z. Hebel g dient zum Ausschalten der Dynamo a.

Ausgedehnte Anlagen in Färbereien, Bleichereien, Brauereien, Zuckerfabriken, Mälzereien etc. haben gewöhnlich eine ziemlich Menge Lampen, die in dunklen Räumen installiert sind und mitunter Tag und

Nacht brennen müssen. In solchen Fällen würde dann während der Ladung der Batterie letztere diese Lampen speisen müssen, sodaß der Fall eintreten könnte, daß man der Batterie mehr Strom entnimmt, als hinein geladen wird. Die Schaltung nach Bild 155 verhindert dieses, indem bei ihr die Hauptmaschine stets mit gleichbleibender Spannung arbeiten kann und während der Ladung die Zusatzdynamo zur Lieferung der höheren Ladepannung hinzugeschaltet wird.

d) Bild 156. Eine Nebenschlußdynamo a ladet mittels Zusatzdynamo z die Batterie b unter Anwendung eines Doppelzellenschalters c. Die Dynamo a ist durch Hebel g ausschaltbar, die Dynamo z wird nur mittels ihres automatischen Ausschalters h ein- und ausgeschaltet. Durch die Wahl des Doppelzellenschalters c kann während der Ladung die Batterie b einen Teil des Stromes mit abgeben.

Diese Schaltung, die sich von der vorhergehenden nur dadurch unterscheidet, daß hierbei ein Doppelzellenschalter angewendet wird, empfiehlt sich in Anlagen, bei denen während der Ladung der Batterie in einigen dunklen Räumen zur Sicherheit Akkumulatorenlicht erwünscht ist, wie es auf Kohlenzehen in den Schächten der Fall ist.

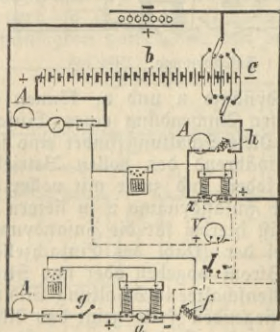


Bild 156. Laden mittels Zusatzdynamo.

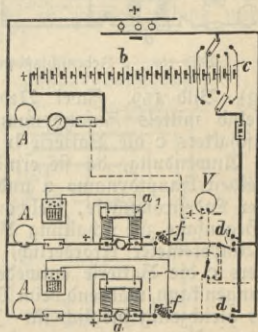


Bild 157. Laden mittels zweier Nebenschlußdynamo.

e) Bild 157. Zwei Nebenschlußdynamo a und a_1 können abwechselnd mittels erhöhbarer Spannung unter Anwendung eines Doppelzellenschalters c die Batterie b laden, auch können beide parallel auf das Leitungsnetz arbeiten, und drittens kann ein Parallelbetrieb zwischen beiden Dynamos und der Batterie erfolgen. Im übrigen entspricht diese Anordnung der Schaltung Bild 153.

Hier kann für die Batterie ein automatischer Maximalschalter vorgesehen werden, sobald die Stromstärke derselben kleiner als $\frac{1}{3}$ der kleinsten Dynamo ist. Die angegebenen automatischen Minimalauschalter müssen aber unter allen Umständen vorgesehen werden, da sie verhindern, daß eine Dynamo auf die andere Strom abgibt, wenn eine stromlos geworden ist, etwa durch Abfallen des Treibriemens.

f) Bild 158. Zwei Nebenschlußdynamo a und a_1 können abwechselnd mittels Zusatzdynamo z unter Anwendung eines Doppelzellschalters c die Batterie b laden, auch ist ein Parallelbetrieb wie bei Schaltung Bild 157 möglich. Im übrigen entspricht diese Anordnung der Schaltung Bild 156.

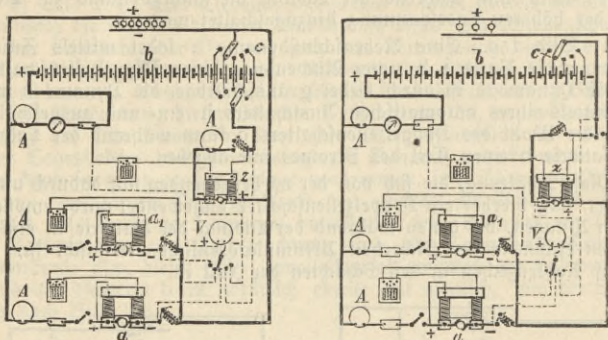


Bild 158. 2 Nebenschlußdynamo und 1 Zusatzdynamo. Bild 159.

g) Bild 159. Zwei Nebenschlußdynamo a und a_1 können abwechselnd mittels Zusatzdynamo z unter Anwendung eines Einfachzellschalters c die Batterie b laden. Diese Schaltung findet eine sehr große Anwendung, da sie ermöglicht, während des vollen Betriebes der beiden Hauptdynamo a und a_1 zu laden und zwar mit voller zulässiger Ladestromstärke, welche von der Zusatzdynamo z zu liefern ist. Im Gegensatz zur Schaltung Bild 158 ist hierbei für die Zusatzdynamo kein Amperemeter erforderlich, weil bei der Wahl des Einfachzellschalters c die Batterie entweder nur Strom abgeben oder nur Strom empfangen kann, während beim Doppelzellschalter in Schaltung Bild 158 beides gleichzeitig möglich ist. Im vorliegenden Falle zeigt das Akkumulatoren-Amperemeter entweder Ladung oder Entladung an, während es in Schaltung Bild 158 die Differenz beider anzeigt, so daß ein Amperemeter für die Zusatzdynamo empfehlenswert ist. Der Antrieb der Zusatzdynamo erfolgt vorteilhaft mittels direkt gekuppelten Motors, da hierdurch an Platz gespart und außerdem Riementransmission überflüssig wird. Der Motor erhält seinen Strom von einer der beiden Hauptdynamos und benötigt etwas mehr Energie, als die normale Ladenergie der Batterie beträgt. Die Schaltung Bild 159 entspricht im übrigen der Schaltung Bild 155, bei welcher jedoch nur eine Hauptdynamo vorhanden ist.

h) Bild 160. Eine Nebenschlußdynamo a ladet unter Anwendung eines Einfachzellschalters c die Batterie b in zwei Reihen (Hälften). Zu diesem Zwecke braucht die Dynamo nicht für erhöhbare Spannung gebaut zu sein, denn zur Ladung jeder Batteriehälfte ist nur die halbe Ladenspannung der ganzen Batterie erforderlich. Sollen beide Hälften der Batterie zu gleicher Zeit geladen werden, wie dies meist der Fall

sein wird, so muß natürlich die Dynamo die doppelte Ladestromstärke abgeben können, indem bei der Ladung die beiden Batteriehälften zu einander parallel geschaltet sind. Dies wird durch den Reihenschalter *d* bewirkt, sobald derselbe sich in der gezeichneten Stellung befindet. Wird dieser Reihenschalter (auch Mehrfachumschalter genannt) nach links geschaltet, wobei sich die beiden Hebel um die unteren Punkte drehen, so werden beide Batteriehälften mit ihren inneren entgegengesetzten Polen verbunden, also hintereinander geschaltet, so daß sie eine Batteriereihe bilden und dann mit der Dynamo parallel arbeiten können. (§ 51.)

Für die Ladung ist das Einschalten eines Vorschaltwiderstandes *e* und eines Regulierwiderstandes *e*₁, beide zum Kurzschließen für Entladung eingerichtet, notwendig. Ferner erhält die Dynamo *a* zu ihrem Schutze gegen Rückwirkungen der Batterie einen automatischen Minimalausschalter *f*.

Diese Schaltung wird vorzugsweise da angewendet, wo sich eine alte Dynamo vorfindet, die nicht für höhere Spannungen gebaut ist, oder wo die Dynamo fortgesetzt mit konstanter Spannung arbeiten muß und die Aufstellung einer Zusatzdynamo aus besonderen Gründen nicht angängig ist. Da diese Anordnung eine sehr aufmerksame Bedienung erfordert, so ist sie für Neuanlagen nicht zu empfehlen und nur der Vollständigkeit halber hier mit angeführt.*)

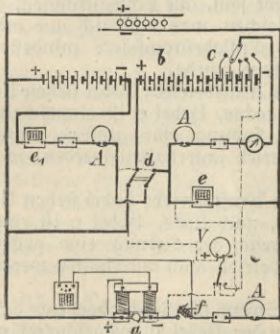


Bild 160. Laden in zwei Hälften.

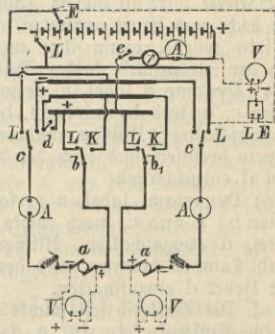


Bild 161. Zwei Nebenschlußdynamo.

i) Bild 161. Zwei Nebenschlußdynamos *a* und *a*₁ dienen zum Betrieb einer größeren Licht- und Kraftanlage. Hierbei ist die positive Sammelschiene der Hauptschalttafel in zwei Teile zerlegt, über welchen die gemeinschaftliche negative Sammelschiene angeordnet ist. Die obere positive Sammelschiene enthält die Anschlüsse für Kraft, die untere diejenigen für Licht. Die Zuleitung jeder Dynamo ist in jedem Pole umschaltbar und zwar kann jeder negative Pol durch Umschalter *c* und *c*₁ entweder auf Ladung oder auf negative Sammelschiene und jeder positive Pol durch Umschalter *b* und *b*₁ entweder auf die positive Licht- oder auf die positive Kraftschiene geschaltet werden. Außerdem ist ein

*) Ausgeführt wurde diese Schaltung u. a. von der El.-Aft.-Ges. vorm. Schudert & Co. für die Nähmaschinenfabrik von U. Knoch in Saalfeld a. S.

Schalthebel d vorgesehen, welcher beim Einschalten die beiden positiven Sammelschienen miteinander verbindet, sobald ein gegenseitiger Betrieb der Dynamos auf Licht und Kraft erfolgen soll. Die Batterie ist mit einem Doppelschalter für Ladung (L) und Entladung (E), sowie mit einem Schalthebel e versehen. Jede Dynamo besitzt ihr eignes Voltmeter und Amperemeter, während für die Batterie ein Voltmeter mit Voltmeterumschalter für Ladung und Entladung angewendet ist.

Mit dieser Einrichtung sind folgende Betriebsarten möglich:

1) Dynamo a arbeitet nur auf Licht, Dynamo a_1 nur auf Kraft; dabei steht der Umschalter c nach rechts, Umschalter c_1 nach links, Umschalter b nach links und Umschalter b_1 nach rechts. Der Schalthebel d ist ausgeschaltet. Wird der Hebel e eingeschaltet, so arbeitet die Batterie mit der Dynamo a parallel auf Licht. Das Akkumulatoren-Voltmeter zeigt Entladespannung, die Kurbel des Voltmeterumschalters steht auf E .

2) Dynamo a arbeitet nur auf Kraft, Dynamo a_1 nur auf Licht; dabei stehen Umschalter c nach rechts, c_1 nach links, b nach rechts, b_1 nach links. Hebel d ist ausgeschaltet. Wird der Hebel e eingeschaltet, so arbeitet die Batterie mit der Dynamo a_1 parallel auf Licht.

3) Beide Dynamo arbeiten gegenseitig auf Licht und Kraft unter gleichzeitiger Entladung der Batterie; hierbei stehen die Umschalter entweder wie unter 1) oder 2) angegeben, Hebel e und d sind eingeschaltet. Die Batterie wird in diesem Falle bestrebt sein, alle Schwankungen, die durch Licht und Kraft auftreten, auszugleichen, was natürlich nur möglich sein würde, wenn ihre maximale Entladestromstärke mindestens gleich der Stromstärke beider Dynamos sein würde.

4) Dynamo a ladet, a_1 versorgt den Kraftbetrieb; dabei stehen Umschalter c , c_1 und b nach links, b_1 nach rechts, Hebel e ist eingeschaltet, d ausgeschaltet. Müssen während der Ladung eine größere Anzahl Lampen brennen und auch der Kraftbetrieb unterhalten werden, so ist Hebel d einzuschalten.

5) Dynamo a_1 ladet, a versorgt den Kraftbetrieb; dabei stehen Umschalter b , c und c_1 nach rechts und b_1 nach links, Hebel e ist eingeschaltet, d ausgeschaltet. Müssen während der Ladung eine größere Anzahl Lampen brennen, und der Kraftbetrieb auch unterhalten werden, so ist Hebel d einzuschalten.

6) Die Batterie soll nachts allein Strom für Licht abgeben; dabei sind die Umschalter b , b_1 , c , c_1 sowie der Hebel d ausgeschaltet und nur Hebel e eingeschaltet; die Entladekurbel E schaltet soviel Zellen ab, daß die Entladespannung der Batterie gleich der normalen Lichtspannung ist. Soll die Batterie auch Strom für Kraft abgeben, so ist der Hebel d einzuschalten. —

Eine größere Anlage, bei welcher dieses Schema zu Grunde gelegt ist, wurde u. a. von Schumanns Electricitätswerk, Kommandit-Gesellschaft in Leipzig-Plagwitz, in der Maschinenfabrik von Karl Krause in Leipzig ausgeführt, wobei jedoch vier Dynamo und zwei Batterien zur Anwendung gekommen sind.

k) Bild 162. Dreileiterschaltung. Zwei Nebenschlußdynamo a und a_1 arbeiten mit zwei Batterien b und b_1 auf drei Sammelschienen $+$, 0 und $-$. Die Umschalter c und c_1 bewirken den Anschluß entweder an die Ladekurbeln L und L_1 , oder an die entsprechenden Sammel-

schienen + und -. Die automatischen Minimalausschalter f und f_1 verhüten das Entladen der Batterien auf die Dynamos. Die Hebel g und g_1 dienen zum Abschalten der Akkumulatoren, welche beiderseits mit Doppelzellenschalter versehen sind. Jede Dynamo besitzt ein festangeschlossenes Voltmeter, ebenso ist für jede Batterie ein Voltmeter mit Umschaltern zum Messen der Lade- resp. Entladespannung angeordnet.

Der Betrieb ist folgender:

1) Die Dynamo arbeiten allein auf die Sammelschienen; dabei sind die automatischen Ausschalter f und f_1 eingeschaltet und die Umschalter c und c_1 stehen nach innen, während die Hebel g und g_1 ausgeschaltet sind.

2) Die Akkumulatoren arbeiten allein auf die Sammelschienen; dabei sind die Hebel g und g_1 eingeschaltet und die Umschalter c und c_1 stehen auf Mittelstellung (ausgeschaltet).

3) Parallelbetrieb zwischen Dynamo und Akkumulatoren; hierbei stehen die Umschalter wie bei 1 und Hebel g und g_1 sind eingeschaltet.

4) Die Dynamo laden; dabei stehen die Umschalter c und c_1 nach außen, g und g_1 sind eingeschaltet, während der Ladung brennende Lampen erhalten Strom von den Entladefurbeln E und E_1 . Jede Hälfte dieses Schemas entspricht im allgemeinen der Schaltung Bild 153. Zwischen den äußeren Sammelschienen (+ und -) ist doppelte Maschinenspannung vorhanden, so daß man Kraftstromkreise zwischen Außen- und Mittelleiter schalten kann. Alles weitere ist aus dem Schema ersichtlich.

Als Beispiel für diese Schaltung sei das von der Aktien-Gesellschaft Thüringer Akkumulatoren- und Electricitätswerke Saalfeld a. S. ausgeführte Electricitätswerk Stüzerbach bei Ilmenau angeführt, bei welchem jede Netzhälfte mit 2 Dynamo eingerichtet ist.

55. Centrale mit Nebenschlußdynamo, 2 · 66 Zellen, 2 Zusatzdynamo und 1 Ausgleichdynamo.

Bild 163. A Handgriffe beim Betrieb mit der Nebenschlußmaschine allein ohne Ausgleichdynamo und ohne Zusatzdynamo.

a) Anfangsstellung:

Nebenschlußregulator N offen, Umschalter U offen, Ausschalter l + und l - geschlossen, Umschalter f + und f - auf Entladung, Ausschalter n + und n - geschlossen, Regulatoren g , d + und d - offen, Einschaltwiderstand h offen, Umschalter u offen, Ladehebel k auf Sella 66, Entladehebel entsprechend der Spannung.

b) Einschalten:

Regulator N wird geschlossen und die Maschine erregt, bis die Spannung gleich der Batteriespannung am Ladehebel ist.

Umschalter U geschlossen und Ladestromstärke mit Regulator N reguliert. Geladene Zellen mit Ladehebel abschalten.

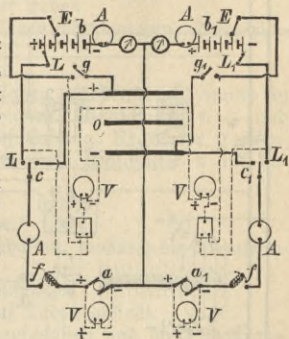


Bild 162. Dreileiter-schaltung.

Betriebsspannung mit Entladehebeln und Betriebsdynamo regulieren. Durch Entladehebel darf nicht geladen werden.

c) Ausschalten:

Ladestrom wird auf 0 herabreguliert, Ausschalter $n+$ und $n-$ geöffnet, Umschalter U geöffnet, Nebenschlußmaschine abgestellt.

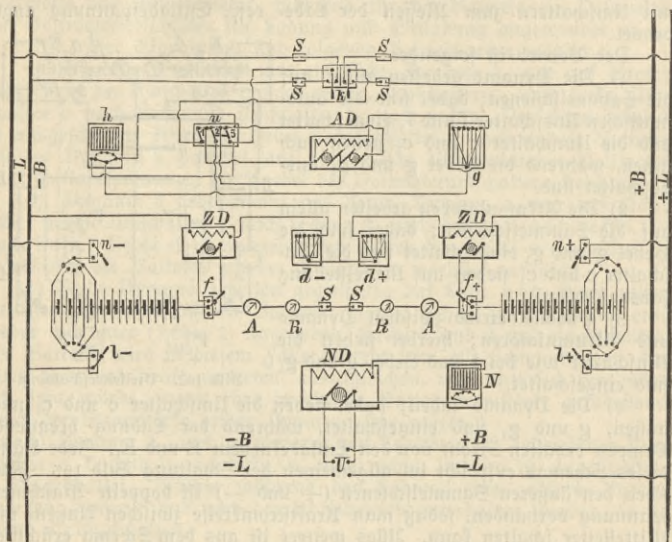


Bild 163. Centrale mit Nebenschlußdynamo, 2 · 66 Zellen, 2 Zusatzdynamo und 1 Ausgleichdynamo.

B. Handgriffe beim Betrieb mit der Nebenschlußmaschine und Ausgleichdynamo ohne Zusatzdynamo.

a) Anfangsstellung wie bei A.

b) Einschalten:

Die Zellenhalterladehebel werden auf gleiche Zelle gestellt, wie die Entladehebel und dann erst Ausschalter k auf Ladung gestellt, dann wird der Ladehebel auf Zelle 66 gestellt.

Hebel 1 am Umschalter u geschlossen.

Einschaltwiderstand h langsam bis auf Kurzschluß eingeschaltet, worauf die Ausgleichmaschine anläuft.

Die Hebel 2 und 3 des Umschalters u geschlossen.

Die Ausgleichmaschine ist auf Ladung eingeschaltet.

Die Nebenschlußmaschine wird durch Schließen von N erregt.

Ist die Dynamospannung gleich der Batteriespannung, am Ladehebel gemessen, so wird Umschalter U auf Ladung gestellt.

Die Regulierung des Ladestroms geschieht mit N .

Geladene Zellen werden abgeschaltet.

[reguliert.

Die Betriebsspannung wird mit den Entladehebeln und Betriebsdynamo

c) Ausschalten:

Die Nebenschlußdynamo wird wie in A ausgeschaltet.

Der Einschalthebel h wird geöffnet.

Die Hebel 2 und 3 des Umschalters u werden geöffnet.

Zum Schluß wird Hebel 1 von u geöffnet.

Soll der Umschalter k umgestellt werden, so müssen die Lade- und Entladehebel der Zellenhalter übereinander stehen.

C. Handgriffe beim Betrieb mit Nebenschlußdynamo, Ausgleichdynamo und Zusatzdynamo:

a) Anfangsstellung:

Regulator N offen, Umschalter U geschlossen, Nebenschlußdynamo in Betrieb, Ausschalter 1 + und 1 - geschlossen, Ausschalter n + und n - offen, Umschalter f + und f - auf Ladung, Regulator g offen, Einschaltwiderstand h offen, Umschalter u offen, Umschalter k auf Ladung, Regulator d + und d - offen.

b) Einschalten:

Hebel 1 von u und Regulator g schließen.

Widerstand h bis Kurzschluß langsam einschalten, wodurch die Ausgleichdynamo anläuft.

Hierauf werden Hebel 2 und 3 von u geschlossen.

Die Umschalter f + und f - werden auf Laden gestellt.

Die Regulatoren d + und d - werden geschlossen und die Ladestromstärke damit reguliert.

c) Ausschalten der Zusatz-

dynamo:

Ladestrom und Spannung der Zusatzdynamo auf 0 reguliert durch die Regulatoren d + und d -, sowie durch die Entladehebel der Zellenhalter.

Umschalter f + und f - werden auf Entladung gestellt.

Regulatoren d + und d - werden geöffnet.

56. Laden mit einer Verbundmaschine.

Um ein Ampolarisieren der Dynamo zu verhindern, zweigt man bei Anwendung von Verbundmaschinen mit der Ladeleitung von den Bürsten ab, Bild 164 und 165. Brennen nun während der Ladung keine Lampen, so ist bei dieser Schaltungsart die dicke Wicklung der Magnete nicht vom Strom durchflossen und die dünne Wicklung erregt allein den Magnetismus und

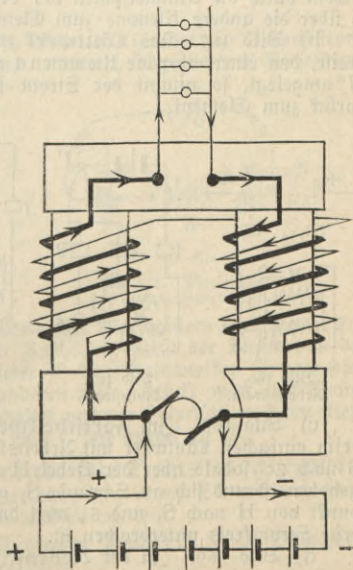


Bild 164. Laden mit Verbundmaschine

e) Bild 170. Das Relais (Vorgespannt) hat die Aufgabe, die Ortsbatterie O zu schließen, so oft der Anker A angezogen wird. Verwendet man Arbeitsstrom, so wird bei m der Ortsstrom geschlossen und n muß dann eine Isolierschraube sein. Wird Ruhestrom durch M gesendet, so schließt A den Ortsstrom, wenn es sich an n anlegt, n ist in diesem Falle Kontaktschraube.

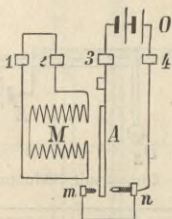


Bild 170. Relais.

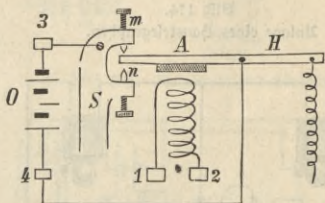


Bild 171. Relais.

f) Bild 171 zeigt eine zweite Form des Relais. Durch 1 und 2 tritt der Linienstrom ein und schließt durch Anziehung des Ankers den Ortsstrom. Ist der Linienstrom Arbeitsstrom, so ist n Kontaktschraube und m Isolationschraube, ist der Linienstrom Ruhestrom, so ist m Kontaktschraube.

58. Der Morsetaster, Bild 172, schaltet auf Arbeitsstrom, wenn man die Poldrähte an 2 und 3 anlegt, dagegen auf Ruhestrom, wenn man sie mit 1 und 3 verbindet.

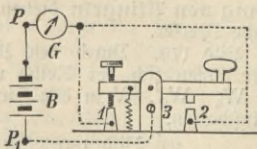


Bild 172. Morsetaster.

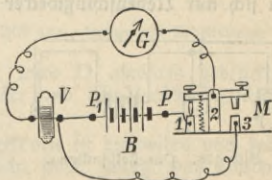


Bild 173. Morsetaster und Polarisationsstrom.

Bild 173 zeigt, wie man mittels des Morsetasters den Polarisationsstrom nachweist. Nach der Zeichnung fließt der Strom von der Polklemme P_1 durch das Voltmeter V, das Galvanoskop G nach dem Hebel und über 1 nach dem anderen Pol. Drückt man den Taster nieder, so ist die Batterie ausgeschaltet und der Polarisationsstrom fließt vom Voltmeter durch G, von 2 nach 3 und zurück zu V.

59. Schaltungsschemata für Haustelegraphie.

a) Bild 174. Anlage mit 2 Druckknöpfen, einem Element und einer Klingel. Die eine Leitung könnte Erdleitung sein.

b) Bild 175. Anlage mit einem Drücker, zwei Elementen und zwei Klingeln, die zugleich ertönen.

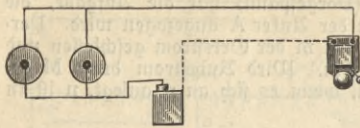


Bild 174.
Anlage eines Haus-Telegraphen.

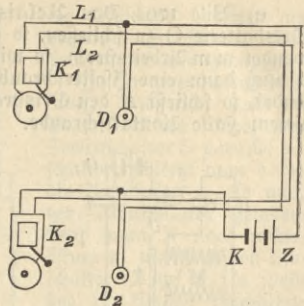


Bild 176. Anlage mit Rückantwort.

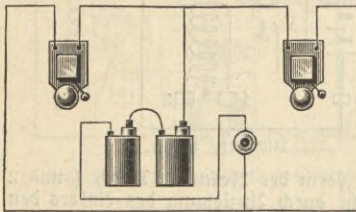


Bild 175. Anlage mit zwei Läutewerken.

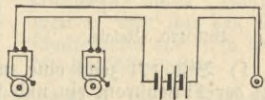


Bild 177. Reihenschaltung.

c) Bild 176. **Gegenseitige Verständigung** zwischen entfernten Räumen. Drückt man auf D_1 , so ertönt K_2 und umgekehrt.

d) Bild 177. **Zu hintereinander geschalteten Läutewerken** lassen sich nur Nebenschlußwecker verwenden.

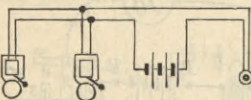


Bild 178. Parallelschaltung.

e) Bild 178. Zur **Parallelschaltung von Klingeln** dienen gewöhnliche Wecker.

f) Bild 179. Durch den **Um- schalter** lassen sich der Reihe nach Wecker W_3 , W_2 , W in den Strom- freis einschalten.

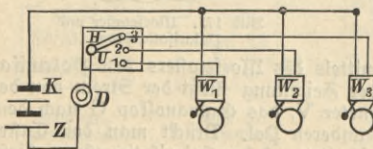


Bild 179. Umschalter.

g) Bild 180. In der **Anlage für ein Haus** mit mehreren Stockwerken geht eine Steigleitung von der Batterie aus durch alle Stockwerke. Von dieser Steigleitung zweigt die eine Leitung zum Drücker und zum Wecker ab (2, 3), die an- dere geht vom Drücker zum Wecker, ist aber mit einer Leitung von der Hausthüre aus verbunden.

Drückt man auf d_1 , so fließt der Strom von d_1 nach 1, durch den Wecker nach 3, zum Zink und von da zu 4 und d_1 .

Drückt man auf D_1 , so fließt der Strom von 2 nach D_1 zum Wecker, nach 3, zum Zink, zum Kupfer und wieder nach 2.

h) Bild 181. Im Wecker mit Ruhestrom wird bei geschlossenem Drücker D der Anker von dem durch

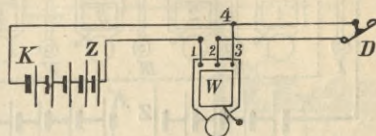


Bild 181. Ruhestrom und Läutewerk.

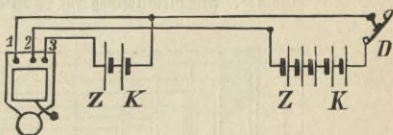


Bild 182. Ruhestrom mit Orts- u. Einienbatterie.

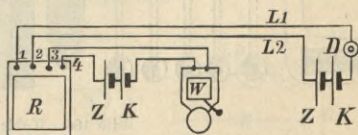


Bild 183. Relais mit Arbeitsstrom.

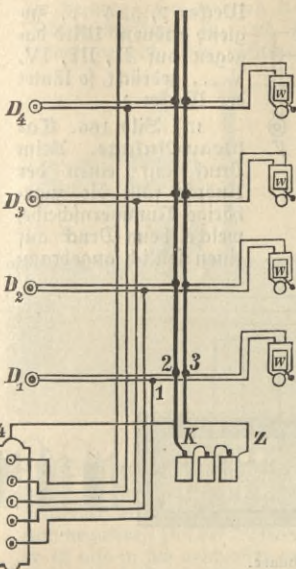


Bild 180. Hausanlage.

1 und 2 fließenden Strom angezogen; wird D abwärts gedrückt, so fließt der Strom von 1 über den Anker und die Berührungsschraube zum Anker nach 3 und 4 zurück zu K.

i) Bild 182 und 183. Der Einienstrom ist bisweilen noch kräftig genug, den Anker anzuziehen, aber nicht stark genug, das Läuten zu unterhalten; diese Arbeit wird dann beim Zurückschnellen des Ankers infolge der Unterbrechung des Einienstroms der Ortsbatterie übertragen.

k) Bild 184. Wird der Strom durch den Druckknopf geschlossen, so tritt beim Fortschellwecker der zweite Stromkreis ein.

l) Bild 185. In der Signalvorrichtung für Fabriken ist die Batterie in zwei Reihen parallel geschaltet, weil eine größere Strommenge erforderlich ist, damit, wenn man auf den Knopf I drückt, die

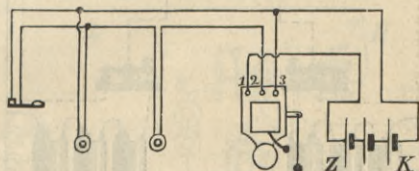


Bild 184. Fortschellwecker.

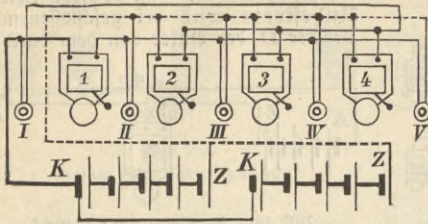


Bild 185. Signaleinrichtung für Fabriken.

Wecker 2, 3, 4 ... zugleich ertönen. Wird dagegen auf II, III, IV, V ... gedrückt, so läutet der Wecker 1.

m) Bild 186. Tableau-Anlage. Beim Druck auf einen der Knöpfe fällt die zugehörige Nummernscheibe, welche beim Druck auf einen seitlich angebrach-

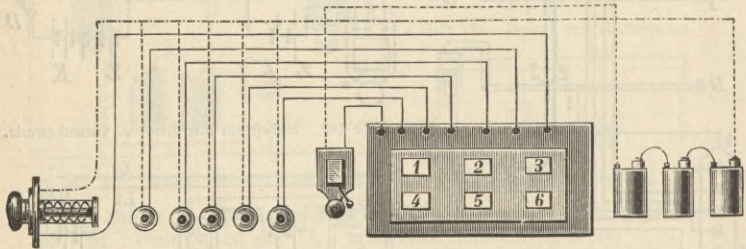


Bild 186. Tableau-Anlage.

ten Knopf in ihre Ruhestellung zurückkehrt.

n) Bild 187. Korrespondenz mit Morsetastern.. Mittels der Taster werden Glockensignale von bestimmter Dauer gegeben. Die kürzeren Signale entsprechen den Punkten der Morse-schrift, die längeren den Strichen.

60. Zwei durch Leitungen verbundene Telegraphen-Stationen. a) Stromlauf. Bild 188. Drückt man in Station I den Knopf K des Tasters nieder, so fließt der positive Strom durch den Taster,

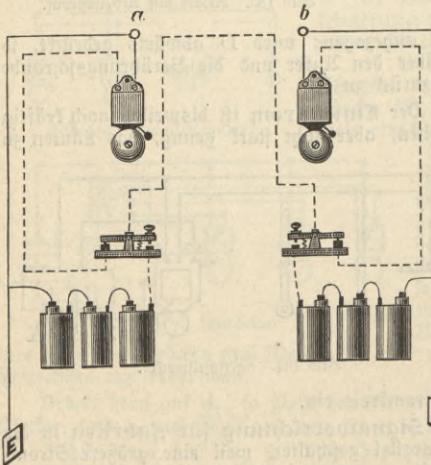


Bild 187. Korrespondenz mit Morsetastern.

die Leitung, zum anderen Kontakt des Tasters T_1 , zum Schreiber oder Zeichenempfänger M_1 und zur Erde. Nimmt man nun an, wie dies früher geschah, der positive Strom fließe von der Erdplatte P_1 durch

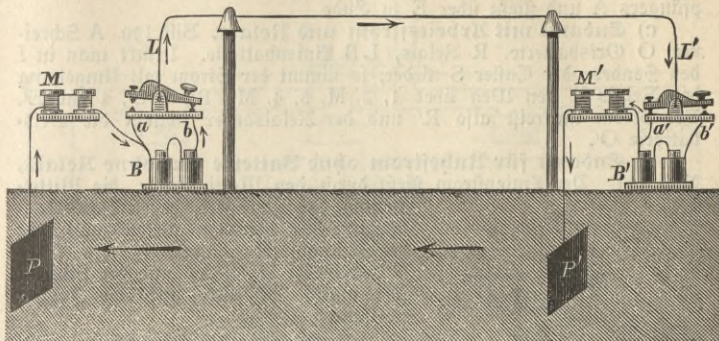


Bild 188. Zwei Telegraphenstationen.

die Erde zur Erdplatte P , so steigt er von dieser auf zum Schreiber M und kehrt zurück zum negativen Pol der Batterie; er ist also in sich geschlossen und setzt die beiden Schreiber in Thätigkeit.

Findet eine Störung in der Leitung statt, so erkennt dies der gebende Telegraphist an der Unthätigkeit seines Schreibers.

b) Endant für Arbeitsstrom ohne Relais. Bild 189 zeigt die Vorgänge im Endant

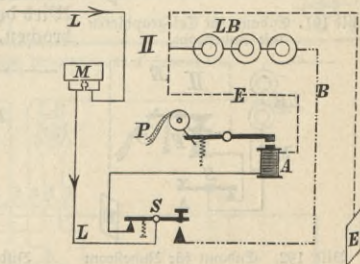


Bild 189. Endant für Arbeitsstrom.

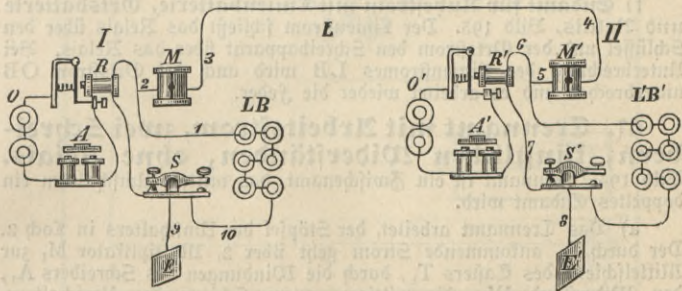


Bild 190. Telegraphieren mit Arbeitsstrom und Relais.

(Station II) noch einmal. In den Linienstrom ist ein Multiplikator M eingeschaltet, dessen Nadel bei jedem Stromstoß ausschlägt. Der im Schlüssel S ankommende Linienstrom fließt um die Spulen des Empfängers A und fließt über E zu Ende.

c) Endamt mit Arbeitsstrom und Relais, Bild 190. A Schreiber, O Ortsbatterie, R Relais, LB Linienbatterie. Drückt man in I den Sender oder Taster S nieder, so nimmt der Strom mit Umgehung des Relais R den Weg über 1, 2, M, 3, 4, M', R', 7, S', 8 und E'. Der Strom umkreist also R' und der Relaisanker schließt die Ortsbatterie O'.

d) Endamt für Ruhestrom ohne Batterie und ohne Relais, Bild 191. Der Linienstrom fließt durch den Multiplikator, die Mittel-flemme des Schlüssels, dessen Vorderkontakt um den Elektromagneten zur Erde; bei Stromunterbrechung reißt die Feder F den Hebel H nieder und der Schreibstift macht Eindrücke auf den Papierstreifen.

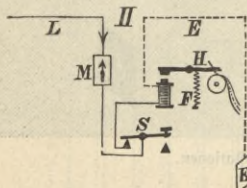


Bild 191. Endamt für Telegraphieren mit Ruhestrom.

e) Endamt für Ruhestrom mit Linienbatterie, Bild 192. Alle Linienbatterien sind hintereinander geschaltet. Wird der Strom durch den Schlüssel unterbrochen, so arbeitet wieder die Feder F.

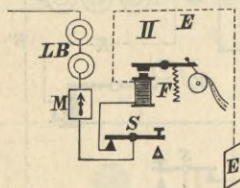


Bild 192. Endamt für Ruhestrom mit Linienbatterie und ohne Relais.

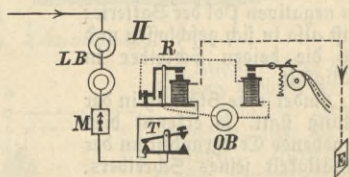


Bild 193. Endamt mit Linienbatterie bei Ruhestrom, Ortsbatterie und Relais.

f) Endamt für Ruhestrom mit Linienbatterie, Ortsbatterie und Relais, Bild 193. Der Linienstrom schließt das Relais über den Schlüssel und der Ortsstrom den Schreibapparat über das Relais. Bei Unterbrechung des Linienstromes LB wird auch der Ortsstrom OB unterbrochen und es arbeitet wieder die Feder.

61. Trennamt mit Arbeitsstrom, zwei Schreibern, künstlichen Widerständen, ohne Relais. Bild 194. Trennamt ist ein Zwischenamt, das mittels Umschalttern ein doppeltes Endamt wird.

a) Das Trennamt arbeitet, der Stößel des Umschalters in Loch 2. Der durch L_1 ankommende Strom geht über 2, Multiplikator M_1 zur Mittelschiene des Tasters T_1 , durch die Windungen des Schreibers A_1 , den Widerstand W_1 , die mittlere untere Schiene des Umschalters, Stößel 2, über 1 zur Erde.

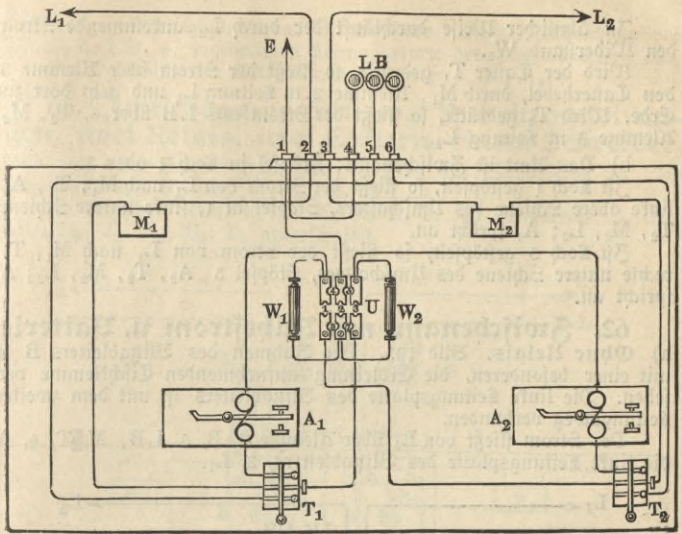


Bild 194. Trennamt mit Arbeitsstrom, 2 Schreibern.

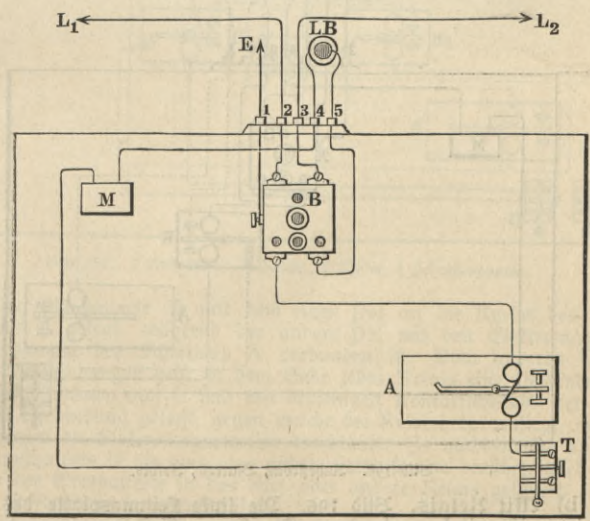


Bild 195. Zwischenamt mit Ruhestrom und Batterie.

In ähnlicher Weise durchläuft der durch L_2 ankommende Strom den Widerstand W_2 .

Wird der Taster T_1 gedrückt, so fließt der Strom über Klemme 5, den Tasterhebel, durch M_1 , Klemme 2 in Leitung L_1 und geht dort zur Erde. Wird T_2 gedrückt, so fließt der Strom aus LB über 6, T_2 , M_2 , Klemme 3 in Leitung L_2 .

b) Das Amt ist Zwischenamt; Stöpsel in Loch 1 oder 3.

Ist Loch 1 gestöpselt, so fließt der Strom von L_1 nach M_1 , T_1 , A_1 , linke obere Schiene des Umschalters, Stöpsel in 1, linke untere Schiene, T_2 , M_2 , L_2 ; A_1 spricht an.

Ist Loch 3 gestöpselt, so fließt der Strom von L_1 nach M_1 , T_1 , rechte untere Schiene des Umschalters, Stöpsel 3, A_2 , T_2 , M_2 , L_2 ; A_2 spricht an.

62. Zwischenamt mit Ruhestrom u. Batterie.

a) Ohne Relais. Bild 195. Der Rahmen des Blitzableiters B ist mit einer besonderen, die Erdleitung aufnehmenden Tischklemme versehen. Die linke Leitungsplatte des Blitzableiters ist mit dem zweiten Leitungsweg verbunden.

Der Strom fließt von L_2 über Klemme 3, B, 5, LB, M , T , 4, A, die linke Leitungsplatte des Blitzableiters, 2, L_1 .

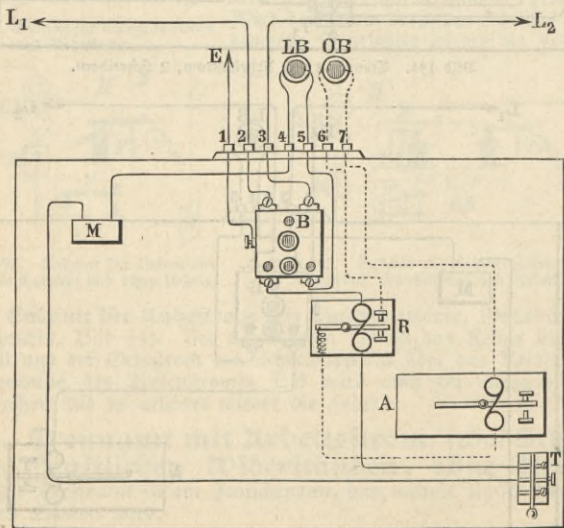


Bild 196. Ruhestrom, Batterie, Relais.

b) Mit Relais. Bild 196. Die linke Leitungsplatte des Blitzableiters ist mit L_1 verbunden. Der Strom fließt von L_1 nach 2, der

linksseitigen Leitungsplatte des Blitzableiters, nach R, Ruheschiene von T, M, 4, LB, 5, rechtsseitigen Leitungsplatte des Blitzableiters, 3, L₂. Die Poldrähete der Ortsbatterie führen zu 6, R, A, 7.

63. Zwischenamt mit zwei Ruhestromleitungen, zwei Relais, zwei Tastern, einem Schreiber, Bild 197. Der Strom fließt von L₂ über den Blitzableiter B₁, die Leinwandbatterie LB₁, M₁, T₁, R₁, B₁ zu L₁.

In derselben Weise ist das Relais R₂ in den Stromkreis L₄, B₂, LB₂, M₂, T₂, R₂, B₂, L₃ eingeschaltet.

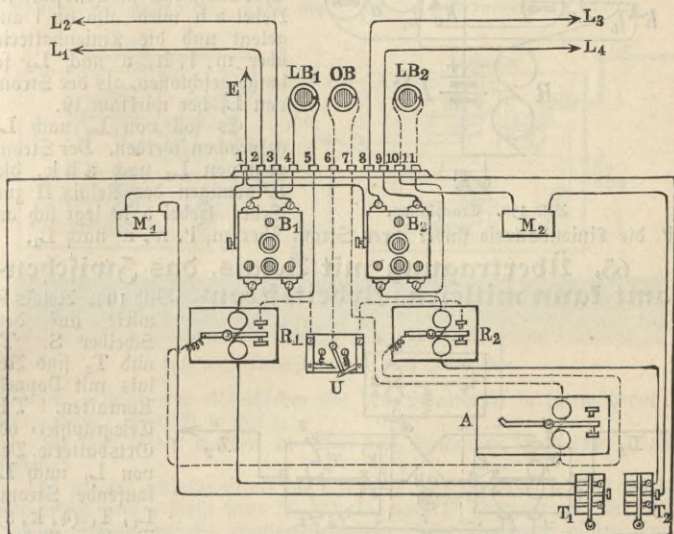


Bild 197. 2 Ruheströme, 2 Relais, 2 Tastern, 1 Schreibapparat.

Die Ortsbatterie ist mit dem einen Pol an die Kurbel des Umschalters U gelegt, während der andere Pol mit den Elektromagnetwindungen des Schreibers A verbunden ist. Vom anderen Ende dieser Umwindungen geht zu dem Ende jedes Relais eine Verbindung. Die Seitenschiene von U sind mit derjenigen Kontaktschraube der Relais in Verbindung gesetzt, gegen welche der Relaishebel anliegt, wenn kein Strom die Elektromagnetrollen durchläuft. Je nachdem die Kurbel des Umschalters U die eine oder andere Seitenschiene berührt, wird der Strom der Ortsbatterie in das eine oder andere Relais geschickt. Im Bilde ist R₂ in L₃L₄ eingeschaltet.

Bei Stromunterbrechung legt sich der Hebel von R₂ an den mit U

verbundenen Kontakt; hierdurch wird der Strom von OB um A geschlossen und die auf dem Relais R_2 ankommenden Zeichen von A wiedergegeben.

Wird die Kurbel nach links gedreht, so wird R_1 mit U verbunden.

64. Translation oder Übertragung mit Relais. Arbeitsstrom. Bild 198.

Es soll von L_1 nach L_2 gesprochen werden. Der von L_1 kommende Strom fließt durch $a' h' k'$ des Relais II nach den Windungen der Relais I, zur Erde und zurück zur Sendstation; Hebel $a h$ wird also an I angelegt und die Linienbatterie über m, l, h, a nach L_2 so lange geschlossen, als der Strom von L_1 her wirksam ist.

Es soll von L_2 nach L_1 gesprochen werden. Der Strom geht von L_2 nach $a h k$, die Windungen des Relais II zur Erde; Hebel $a' h'$ legt sich an

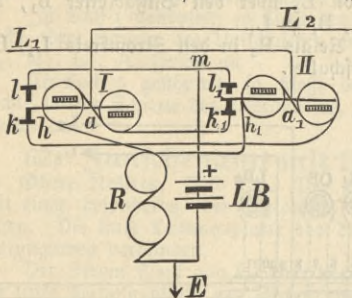


Bild 198. Translation.

l', die Linienbatterie findet ihren Strom über m, l', h', a' nach L_1 .

65. Übertragung mit Relais, das Zwischenamt kann mitlezen. Arbeitsstrom. Bild 199.

Relais R wirkt auf den Scheiber S. T_1 und T_2 sind Relais mit Doppelkontakten. TB Telegraphier- od. Ortsbatterie. Der von L_1 nach L_2 laufende Strom: $L_1, T_1 (4, k, 3), T_2 (2, \text{Elektromagnet}, 1), E$ Erde usw. In T_2 erfolgt Anferanzug und Kontakt gegen l'; infolge davon Stromlauf der TB nach L_1 in folgender Richtung: TB, +, R (1, 2), $T_2 (5, l', 4), L_2$ usw.

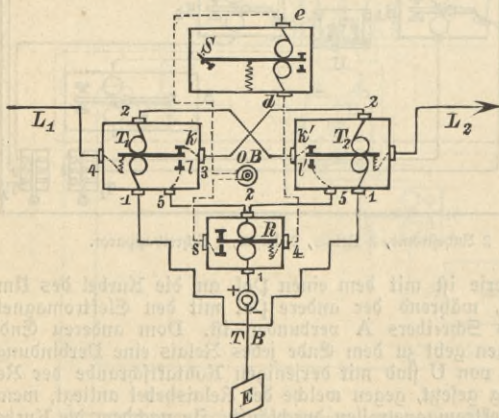


Bild 199. Zwischenamt.

66. Übertragung mit Schreibapparat. Arbeitsstrom. Bild 200.

Der von L_1 kommende Strom fließt über

Auf der Uebertragungsstation wirkt also der von L_1 kommende Strom auf R_2 , dieses schließt OB_2 und dessen Strom bringt S_2 in Kontakt zwischen 1 und 1 und so wird TB, das nach rechts arbeitet, geschlossen. Der Strom von TB circuliert somit durch 2 nach S_2 , hier über 2, 1, Schreibhebel zu 1, zur U-Schiene, M_2 , L_2 und zur rechtsliegenden Station.

Der aus L_1 kommende Strom geht also nur bis zur Uebertragungsstation und veranlaßt hier den Schluß von TB, welche nun ihren Strom nach rechts sendet.

β) Der von L_2 kommende Strom wirkt in gleicher Weise auf die linksseitige Station.

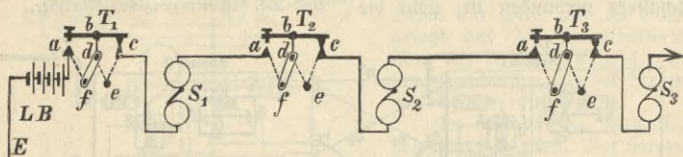


Bild 202. Übertragung mit Ruhestrom.

68. Übertragung mit Ruhestrom; Stationen in Reihe. Bild 202. Jede Station besitzt einen Umschalter, welcher bei Ruhe in der Stellung df liegt. Der Strom der Batterie LB fließt

also durch alle Posten. Will ein Posten übertragen, so stellt er den Hebel seines Umschalters nach de ; der Strom wird ihm dann geliefert durch den Anschlag a und die Linie durch den Anschlag b .

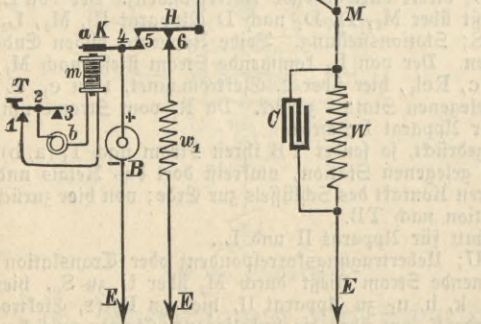


Bild 203. Duplex-Telegraphie, Brückenmethode.

69. Duplex-Telegraphie,

oder gleichzeitige Beförderung zweier Depeschen durch denselben Leitungsdraht nach entgegengesetzten Richtungen.

a) Brückenmethode mit Morse-System. Bild 203. Im Ruhezustand stellt der Weg $NH6w_1E$ und im Arbeitszustand $NH5BE$ den

unverzweigten Leiter dar, der sich in N in die beiden Seiten NO und NM teilt; in den Brückendraht ist das Relais R eingeschaltet; die beiden übrigen Zweige sind die Luftleitung OL samt der entfernten Station und der Stromweg MWE. Stromlauf im einseitigen Geber: T wird gedrückt, Hilfsbatterie b geschlossen, m magnetisiert, Anker a bei K angezogen, bei 5 Kontakt hergestellt; der Strom der Linienbatterie B teilt sich bei N, der eine Zweigstrom geht über OL, der andere in der eigenen Station zurück. In der Empfangsstation tritt bei O wieder Stromteilung ein, ebenso bei M und N, ein Teil fließt um das Relais R, welches also Zeichen bewirkt.

b) **Differentialmethode.** Bild 204. Das Relais besitzt eine doppelte, völlig gleiche, aber entgegengesetzte Wickelung. Drückt man T, so teilt sich der vom Kupferpol der Batterie B ausgehende und über die 3 und 2 des Taster T nach dem Knotenpunkt 4 gelangende Gesamtstrom in 2 gleiche Zweige, von welchen der eine das Windungssystem des Relais der Empfangsstation durchläuft und über den Taster zur Erdplatte gelangt.

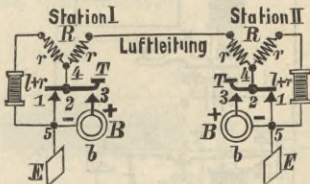


Bild 204. Duplertelegraphie, Differentialmethode.

Sprechen beide Stationen gleichzeitig, so ist die Luftleitung stromlos, es arbeiten die Windungssysteme im lokalen Stromkreis; man erhält im eignen Relais dieselbe Stromstärke, welche durch die Batterie der sprechenden Station im Relais der empfangenden erzeugt wird.

70. Quadruplertelegraphie. Bild 205. T_1 Stromumkehrungstaster, der durch einen Elektromagnet, die Lokalbatterie e_1 und den einfachen Taster K_1 automatisch bewegt wird; er kehrt die Richtung des Linienstroms um, indem er die Pole der Batterie E_1 wechselt; durch eine entsprechende Einstellung der Kontaktfedern s_1, s_2 erfolgt die Stromumkehrung, ohne daß die Leitung unterbrochen wird. Der zweite Geber T_2 ist durch den Draht ba so mit T_1 verbunden, daß, sobald K_2 bewegt wird, die zwei- bis dreifach stärkere Batterie E_2 die Batterie E_1 verstärkt. Relais R_1 ist polarisiert; es antwortet nur auf die Bewegungen von K_1 der gebenden Station und bewirkt das Ansprechen des Klopfers S_1 , der in den Stromkreis der Lokalbatterie L_1 eingeschaltet ist; Relais R_2 ist nicht polarisiert; seine Abreißfeder wird nur durch den Strom von E_1, E_2 angezogen und folgt nur den Bewegungen von K_2, T_2 . Relais R_1, R_2 sind nacheinander in den Brückendraht eingeschaltet, ein Zweig des ankommenden Stromes erzeugt in ihnen die beabsichtigten Zeichen; die Brücke muß daher stromfrei gemacht werden. Die Regulierungen werden durch die Widerstandsrollen B vorgenommen. — Um die Lücken zwischen den Magnetismen im Relais R_2 bei Stromumkehrung abzukürzen, ist in die Brücke der Widerstand X_1 eingeschaltet; X_1 liegt im Nebenschluß des Kondensators C_1 von beträchtlicher Kapazität; zwischen der unteren Belegung des Kondensators und der Brücke ist der Hilfselektromagnet r einge-

72. Induktorium.

Bild 207. Der Strom der Batterie E fließt von $+$ nach P , Regulatorschraube R , Hammer H , durch die dickdrahtigen Windungen AA über P' zurück zum Zink. Der Kondensator C ist zwischen der Hammerfeder und der Schraube R eingeschaltet.

73. Selbstinduktion.

a) Bild 208. In den Stromkreis der Rolle R mit vielen Windungen schaltet man in den Nebenschluß ein Galvanometer G und einen Widerstand W . Bei Stromschluß durch den Schlüssel S wird die Galvanometernadel abgelenkt. Die Nadel wird nun gesperrt und S geöffnet. Beim zweiten Stromschluß wird die Nadel noch weiter abgelenkt.

b) J. C. Müller weist die Selbstinduktion mit dem Differentialgalvanometer DG nach, Bild 209. R_1 ist ein Widerstand mit Selbstinduktion (Rolle), R_2 ein Widerstand ohne Selbstinduktion, beide haben denselben Ohm-

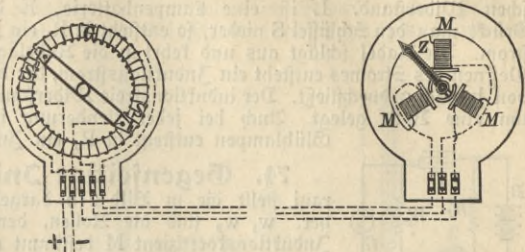


Bild 206. Schreibtelegraphie.

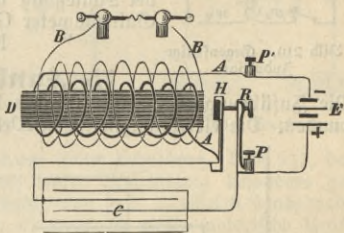


Bild 207. Induktorium.

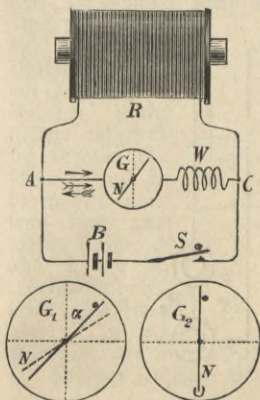


Bild 208. Selbstinduktion.

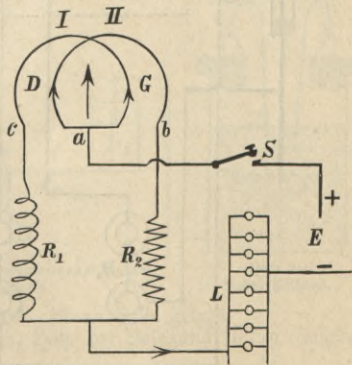


Bild 209. Selbstinduktion.

sehen Widerstand. L ist eine Lampenbatterie, E die Stromquelle. Drückt man den Schlüssel S nieder, so entsteht in R_1 ein Selbstinduktionsstrom. Die Nadel schlägt aus und kehrt in die Ruhelage zurück. Beim Öffnen des Stromes entsteht ein Induktionsstrom, der die beiden Spulen von b nach c durchfließt. Der induktionsfreie Widerstand R_2 wird bifilar um eine Rolle gelegt. Auch bei jeder Uenderung in der Zahl der Glühlampen entsteht in R_1 ein Induktionsstrom.

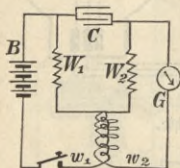


Bild 210. Gegenseitige Induktion.

74. Gegenseitige Induktion. Pirani stellt die in Bild 210 dargestellte Schaltung her. w_1 w_2 sind die Rollen, deren gegenseitiger Induktionskoeffizient M bestimmt werden soll. W_1 W_2 sind Widerstände, C ein Kondensator. Wenn bei Schließung der Batterie B kein Ausschlag am Galvanometer G vorhanden ist, so ist

$$M = W_1 \cdot W_2 \cdot C.$$

75. Funkentelegraphie. a) Bild 211. Die Zuführungsdrähte des Fritters F werden mit einem Element verbunden. Die elektromagnetischen Wellen eines Induktoriums oder einer

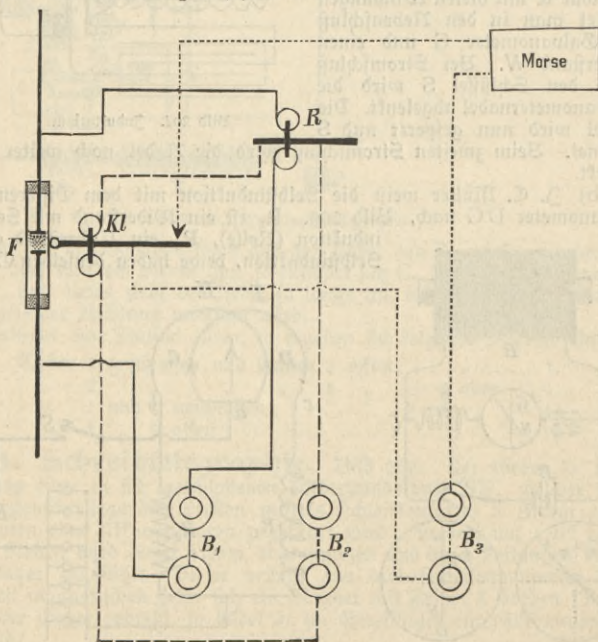


Bild 211. Funkentelegraphie.

Leydner Flasche treffen den Fritter. Kl ist der Klöppel oder Hammer, der den Fritter anschlägt; R ein Relais im Stromkreis des Fritters, das den Strom zum Klöppel schließt, der den Strom zum Morse einschaltet.

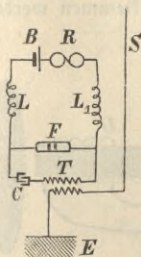


Bild 212.
Marconi Funken-
telegraphie.

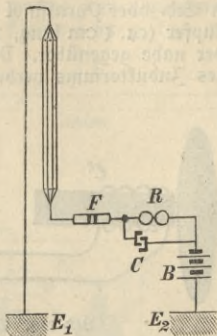


Bild 215. Geber.

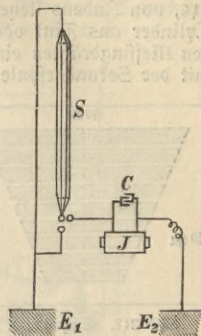


Bild 214. Empfänger.

b) In neuerer Zeit hat Marconi seine Schaltung, Bild 212, dadurch verbessert, daß er den Fritter unter Anwendung besonders gewickelter Transformatoren T vollständig von dem vertikalen Sendedraht S isoliert. Durch den Kondensator C wird die elektromotorische Kraft der Schwingungen vergrößert.

c) Slaby-Arco. Bild 215 und 214. Der Sendedraht S ist nicht isoliert, sondern mit der Erde verbunden. Statt einzelner Sende- und Empfangsdrähte werden zur Verminderung der Selbstinduktion häufig flache oder cylindrische Drahtnetze verwendet.

d) Geberanordnung für die Demonstration der funkentelegraphie nach Czudnowski Bild 215. Die beiden Polkugeln (aus Zink) der Funkenstrecke F' sind durch die

Drähte d_1 und d_2 mit den äußeren Belegen zweier isoliert aufgestellter Leydnerflaschen L_1 und L_2 verbunden, andererseits durch zwei andere Drähte d_3 und d_4 mit der

Sekundärspule eines Induktors.

L ist ein Luftdraht, das innere Belege von L_2 ist an Erde gelegt.

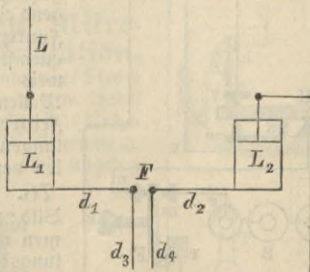


Bild 215. Funkentelegraphie nach
Czudnowski.

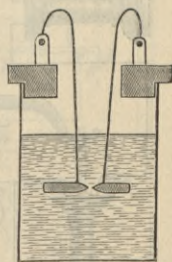


Bild 216.
Geber Rubens.

Leydner flaschen: Höhe 26 cm, Höhe der Belegung 20 cm, äußerer

Durchmesser 11 cm, Glasdicke 3 mm, Polkugeln 1 cm Durchmesser, Funkenstärke 2 bis 10 mm, Funkenlänge des Induktoriums 4 cm.

e) Im Geber (Radiator, Vibrator, Oscillator) oder Sender, Bild 216, von Rubens stehen in Erd- oder Paraffinöl zwei kleine zugespitzte Cylinder aus Zink oder Kupfer (ca. 1 cm lang, 2 mm dick) auf federnden Messingdrähten einander nahe gegenüber. Die Polklemmen werden mit der Sekundärspule eines Induktoriums verbunden.

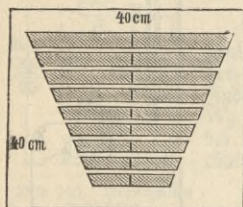


Bild 217. Empfänger.

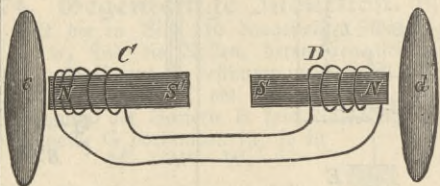


Bild 218. Telephone.

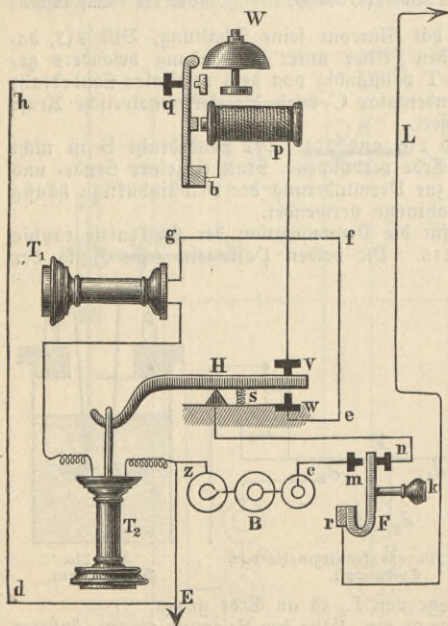


Bild 219. Telephon und Weckerstation.

f) Zum Nachweis der Resonanz eignet sich der Empfänger (Resonator), Bild 217, an dem auf einer Glas tafel in abnehmender Länge Stanniolstreifen in etwa 1 cm Entfernung von einander aufge kittet sind; ein schmaler Längsschnitt halbiert alle Streifen. Dem Sender gegenüber gehalten, springen bei irgend einem Streifen paar Funken über. Das bequemste Mittel zum Nachweis der elektrischen Wellen bietet aber der fritter, da er sowohl bei langen als kurzen Wellen verwendbar ist.

76. Telephone.

Bild 218. Ihre Polklemmen werden durch Leitungsdrähte verbunden.

77. Telephon u. Weckerstation.

Zwei Batterien. Bild 219. T_1 ist das Sprechtelefon, T_2 das am

Hebel H hängende Hörtelephon. Drückt man auf die Feder F bis zum Kontakt m, so fließt der Strom der Batterie von c über m, r, L zur zweiten Station über n, H, v, p, b, q, h, d zur Erde; der Wecker ertönt. Die Hörtelefone werden nun abgenommen. Die durch Sprechen in T_1 erzeugten Ströme fließen über g, f, e, w, H, n, F, r, L.

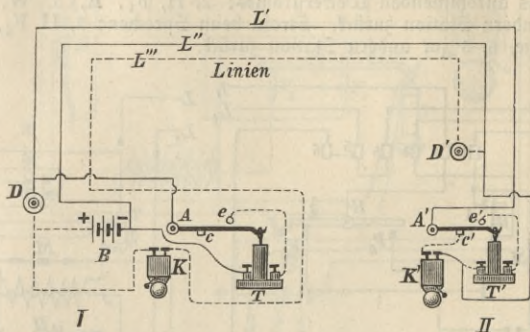


Bild 220. Telefon und Weckerstation.

78. **Telephon- und Weckerstationen.** Eine Batterie. Bild 220. Drückt man auf den Drücker D in Station I, so fließt der Strom der Batterie B vom Kupfer über D, L', K', e', A', L'' zur Zelle.

79. **Telephon und Mikrophon.** Bild 221. Beide werden so in eine Batterie eingeschaltet, daß der Strom beide in Reihe durchfließt.

80. **Telephon-, Mikrophon- u. Weckerstation.** Bild 222. Ein ankommender Strom geht über Klemme 2 zum Hebel H, Feder F₁, Drücker D, Ruhekontakt R, Wecker W, Klemme 3. Das Telephon wird abgehört.

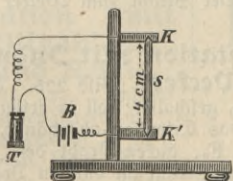


Bild 221. Telephon u. Mikrophon.

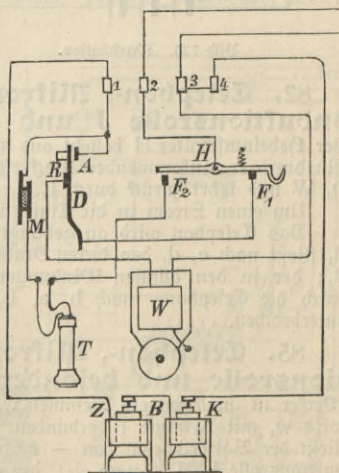


Bild 222. Telephon, Mikrophon u. Weckerstation.

ben; der Strom fließt von Klemme 2 über H , F_2 , T , M , Klemme 1, Z , K , Klemme 4, 3 nach der andern Station.

81. Telephon-, Mikrophon- und Weckerstation.

Bild 223. Der Wecker ist in einem andern Ort als in der Station. Lauf eines ankommenden Weckerstromes: 2, H , F_1 , R , 5, W , 4, 5, L_1 zur andern Station zurück. Strom beim Sprechen: 2, H , F_2 , T , M , 1, Batterie, 6, 5 zur andern Station zurück.

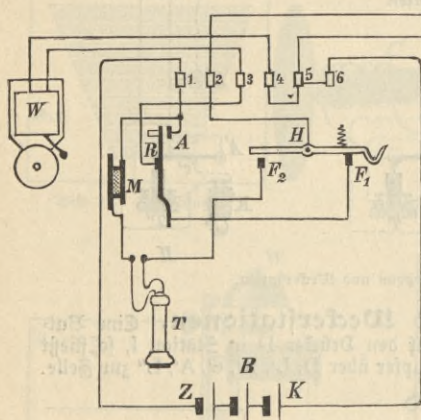


Bild 223. Wandstation.

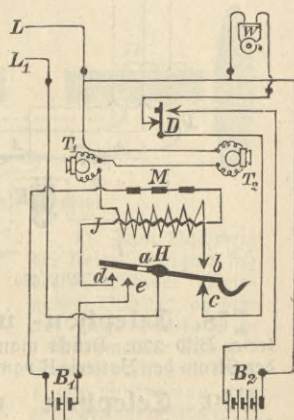


Bild 224. Wandstation.

82. Telephon-, Mikrophon-Weckerstation mit Induktionsrolle J und Batterieanruf.

Bild 224. Der Hebelumschalter H besteht aus zwei von einander isolierten Teilen. Ein durch L_1 ankommender Weckerstrom fließt nach a , c , den Drücker D , W und kehrt zurück durch L .

Um einen Strom in die Linie zu senden, drückt man auf D .

Das Telephon wird ausgehängt: der Strom der Mikrophonbatterie B_1 fließt nach e , d , den dicken Draht der Induktionsrolle, M , zurück zu B_1 ; der in den dünnen Windungen der Rolle induzierte Strom kreist durch die Telephone, nach b , a , L_1 , L . Der Strom zum Wecker ist unterbrochen.

83. Telephon-, Mikrophonstation mit Induktionsrolle und besonderem Wecker.

Bild 225. Der Wecker ist an besondere Klemmen w_1 und w_2 geschaltet; soll er ertönen, wird w_1 mit Klemme 1 verbunden. Wird das Telephon abgehängt, so fließt der Batteriestrom von $-$ nach 2, H , F_2 , dicken Draht der Induktionsrolle I , M , 3 nach $+$; der induzierte Strom im dünnen Draht nach F_2 , H , 2, L_1 und andererseits durch T , R , 1, L zur andern Station.

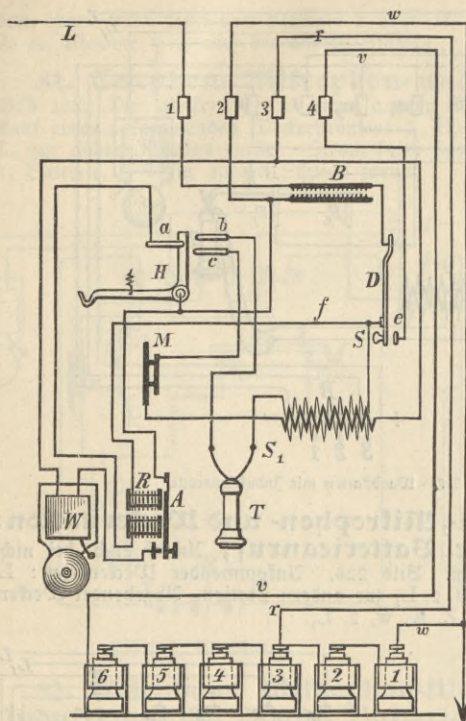


Bild 227. Wandstation.

nicht eingeschlossen.

87. Wandstation mit Induktoranruf für Haus- und Fernbetrieb. Bild 229. Abgehender Weckerstrom: L, obere Blitzplatte B, m, W, n, Anferwindungen des Induktors, Feder F, d, a, H, h, untere Blitzplatte nach E. Da die Anferwindungen eingeschaltet sind, dürfen sie nur geringen Widerstand besitzen.

Für Hausbetrieb fällt der Blitzableiter weg und h und m werden direkt an E und L angeschlossen.

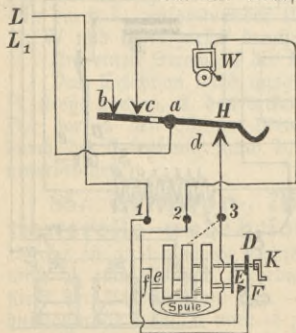


Bild 228. Induktoranruf.

schließt den Strom über R, W, 3, r, Element 3 bis 1, w, Klemme 2, A, R.

86. Station mit Induktoranruf.

Bild 228. Im Ruhezustand ist die Anfernpule durch die Feder f, die sich an die isolierte Verlängerung der Achse anlehnt, kurzgeschlossen über Klemme 3 und die Masse des Induktors; der ankommende Strom fließt deshalb von L nach b, c, W, 2, Feder F, Metallscheibe D, Induktormasse, 3, d, a, L₁.

Wird die Kurbel gedreht, so lehnt sich F an E an und nicht mehr an D, der erzeugte Strom fließt sonach durch das isolierte Ende e, f, F, E, 1, L und andererseits nach d, a, L₁. Der Lokalwecker ist in diesen Stromkreis

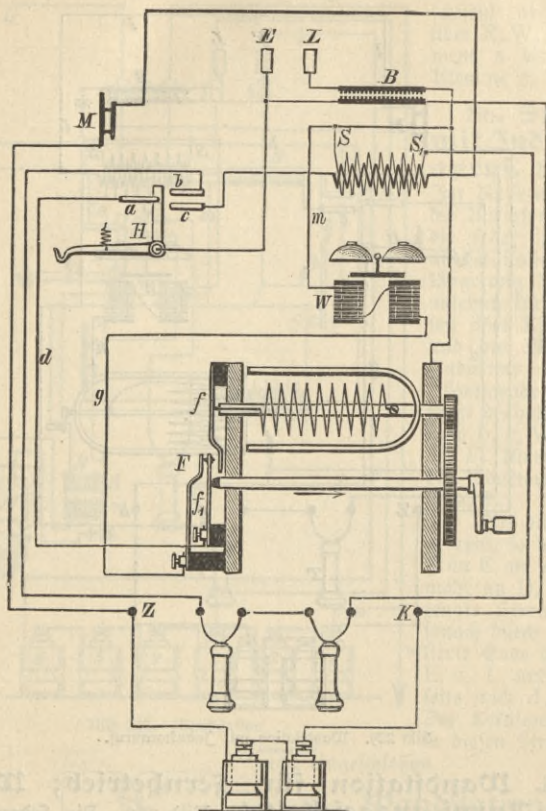


Bild 230. Wecker beim Anruf angeschaltet.

Polwender, Generalumschalter.) Sie können sowohl bei Anlagen (mit Batterieanruf, als auch beim Betrieb mit Magnetinduktoren Verwendung finden. Bei Verwendung einer gemeinsamen Anrufbatterie müssen zwei Drähte mehr, als Stationen vorhanden sein, an allen Sprechstellen vorbeigeführt und dort abzweigend werden, während bei Induktorbetrieb außer den Liniendrähten nur noch eine allgemeine Rückleitung erforderlich ist. Jeder Linienwähler der einzelnen Sprechstellen besitzt so viele Stöpsellöcher, als anzurufende Stellen vorhanden sind.

90. Linienwähler-Schaltung. Einseitige Anlage ohne Induktionsrolle. Bild 232. Die Station A kann mit den Seiten-

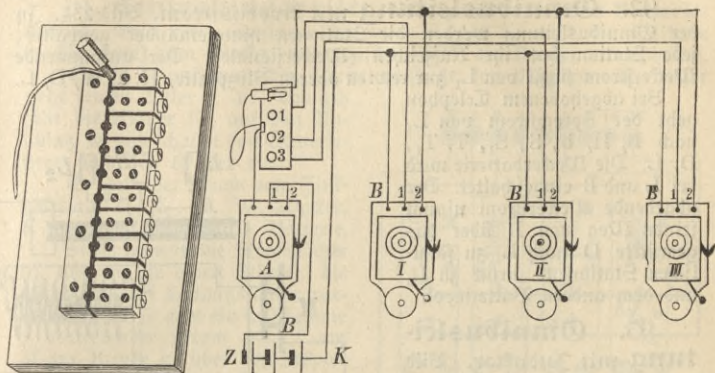


Bild 231. Einlinienwähler.

Bild 232. Einseitige Anlage ohne Induktionsrolle.

stationen verkehren, die Seitenstationen untereinander jedoch nicht. Der Stöpsel muß in der Ruhestellung stets im ersten Loch stecken, da sonst A von den übrigen Stationen nicht angerufen werden kann. Wird der Stöpsel in Loch 1 gesteckt, so kann mit Station I korrespondiert werden, in Loch 2 mit II, in Loch 3 mit III.

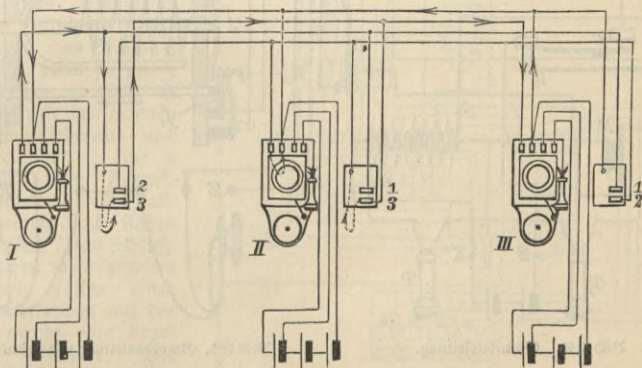


Bild 235. Linienwählerschaltung.

91. Linienwähler-Schaltung. Allgemeiner Verkehr mit drei Ruf- und Sprechbatterien. Bild 235. Verbindet Station I seinen Stöpsel mit Schiene 3, so sind Station I und III verbunden; verbindet I aber mit Schiene 2, so sind I und II verbunden. Soll aber I mit III verbunden sein, so muß II seinen Stöpsel herausgezogen haben.

92. Omnibusleitung mit Arbeitsstrom. Bild 234. In der Omnibusleitung werden die Stationen hintereinander geschaltet; jede Station hat ihr Rufzeichen (Wecker signale). Der ankommende Weckerstrom fließt von L_1 zur rechten oberen Blitzplatte, H , a , W , D , L .

Bei abgehobenem Telefon geht der Sprechstrom von L_1 nach B , H , b , S , S_1 , T , T_1 , D , L . Die Weckerbatterie wird bei L und B eingeschaltet. Der abgehende Weckerstrom nimmt seinen Weg von B über das gedrückte D nach L_1 zu sämtlichen Stationen, zurück zu L_1 und dem andern Batteriepol.

93. Omnibusleitung mit Induktor. Bild 235. Der Wecker der eigenen Station ist beim Anruf ausge-

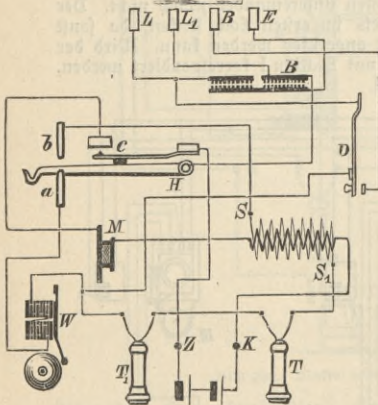


Bild 234. Omnibusleitung.

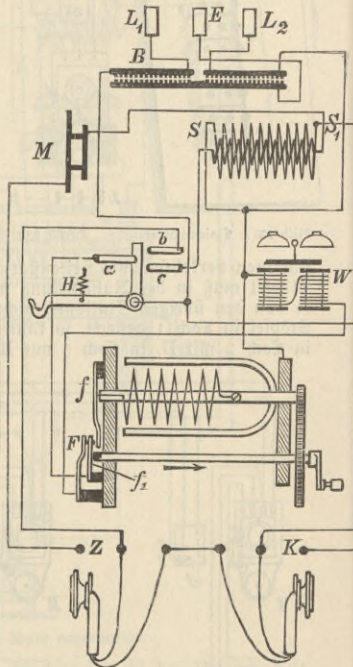


Bild 235. Omnibusleitung mit Induktor.

schaltet, die Induktoren im Ruhezustand kurzgeschlossen. Will man mehrere Stationen hintereinander verbinden, so verbindet man L_1 mit E und führt von E einen Draht zur Erde; L_2 verbindet man mit L_1 der nächsten Station; bei der letzten Station verbindet man L_2 mit E und führt von E einen Draht zur Erde.

Ein ankommender Weckerstrom geht von L_1 über B , H , a , f_1 , W nach der rechten oberen Blitzplatte zu L_2 .

94. Centralumschalter, Klappenschrank mit Batterieanruf. Bild 256. Zwischen Klemmen Z und K wird die Batterie (2 Elemente) zum Wecker, und zwischen WW der Wecker eingeschaltet.

Ein in 4 ankommender Strom umfließt den Magneten M, dieser zieht seinen Anker a an, dadurch fällt die Klappe K_1 auf den Ausschlag w und schaltet den Batteriestrom und den Wecker ein.

Es geht der Strom vom Zinkpol nach Z, K_1 , w, W, Wecker, K und zum Kohlepol od. Batterie.

Steckt man in die Stößellocher m_1 und m_3 je einen Stößel, die unter sich mit Leitungsschnur verbunden sind, so geht ein in Klemme 1 eintretender Strom von 1 um M zur Klinke k_1 über den Stößel durch die Verbindungsschnur zum zweiten Stößel, zur Klinke k_1 , um um M zur Klemme 3.

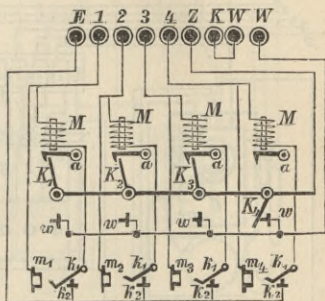


Bild 256. Centralumschalter, Batterieanruf.

95. Centralumschalter mit Induktoranruf. Bild 237.

Von der Klemme T hängt ein Stößel herunter. Ruft Station 2 an, so steckt die Centralstation diesen Stößel in das Stößelloch der fallscheibe 2 und fragt, was Station 2 will. Will sie mit 6 sprechen, so zieht die Centrale den eigenen Stößel heraus und verbindet 2 mit 6 durch den Doppelpstößel, wobei die fallscheiben hoch stehen müssen. Das Schlusszeichen wird gegeben durch fallen einer der Klappen auf der Centrale oder durch den Wecker. Die Doppelpstößel werden hierauf entfernt und die gefallene Klappe hoch gehoben.

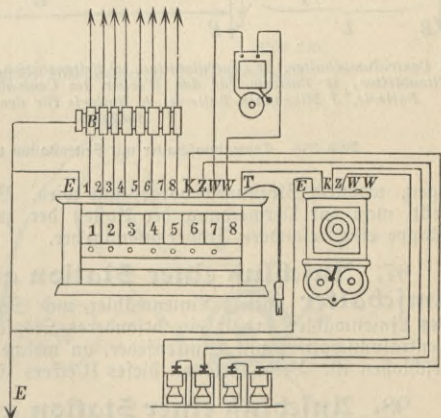
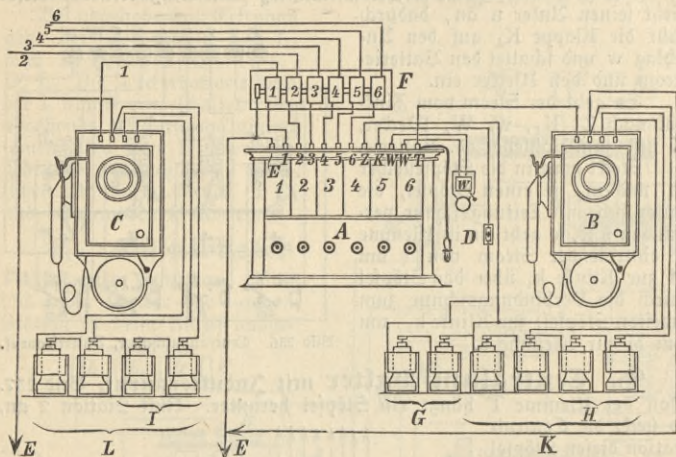


Bild 237. Centralumschalter mit Induktoranruf.

96. Centralumschalter mit Seitenstation und Batterieanruf. Bild 258. Die Verbindungen sind dieselben wie in der vorhergehenden Bilde. Da aber bei geringer Klappenanzahl (bis zu 8 Stück) in den meisten Fällen sich der Nebelstand geltend machte, daß

bei einem Anruf infolge der an der gemeinsamen Rückleitung im Innern derselben stattfindenden Stromverzweigung mehrere Klappen fallen, empfiehlt es sich, solche Anlagen mit Doppelleitungen (Schleifen) anzulegen.



A Centralumschalter, B Centralstation, C Seitenstation, D Ausschalter, F Plattenblitzableiter, G Batterie für den Wecker des Centralumschalters, H Mikrophon-Batterie, J Mikrophon-Batterie, K Batterie für den Anruf, L Batterie zum Anläuten.

Bild 238. Centralumschalter mit Seitenstation und Batterieanruf.

legen, wodurch Störungen vorgebeugt wird. Bei großen Entfernungen stellt man zur Vermeidung der Kosten der zweiten Leitung für jede Klappe eine besondere Erdverbindung her.

97. Anschluß einer Station an einen Centralumschalter mittels Linienwähler und Separatleitung. Bild 239. Der Linienwähler erhält ein besonderes Stöpselloch zum Anschluß des Centralumschalters mit Klinkenfeder, an welche ein Schalmewecker angeschlossen ist. Beim ertönen dieses Weckers ist die Klinke zu stöpseln.

98. Anschluß einer Station an einen Centralumschalter und eine weitere Stelle mittels Linienwähler und zwei Separatleitungen. Bild 240. Der Linienwähler erhält zwei Stöpsellocher mit Klinkenfedern und besondere Wecker von verschiedenem Klange.

99. Wechselstrom in zwei hintereinandergeschalteten Ankerspulen. Bild 241. Der Anfang der einen Spule A ist mit dem Anfang der anderen Spule B verbunden, während

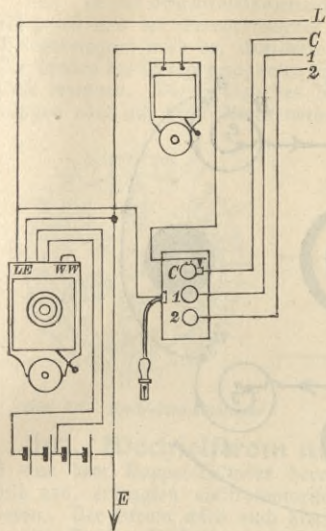


Bild 239.

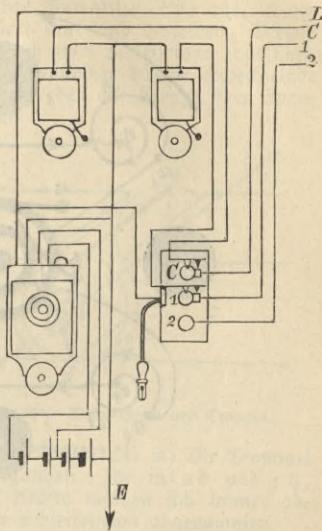


Bild 240.

Anschluß mittels Kriewenwähler an Centralumschalter.

die Enden zu zwei auf der Achse O neben einander befindlichen Schleifringen f_1 und f_2 geführt sind.

100. Wechselstrom aus vier Polen u. vier hintereinander geschalteten Ankerispulen.

Bild 242. Die Spulen sind alle in gleichem Sinne gewickelt, d. h. es sind verbunden Ende e_1 mit e_2 , Anfang a_1 mit a_2 , ferner e_3 mit e_4 , während a_1 und a_4 zu den Schleifringen geführt sind.

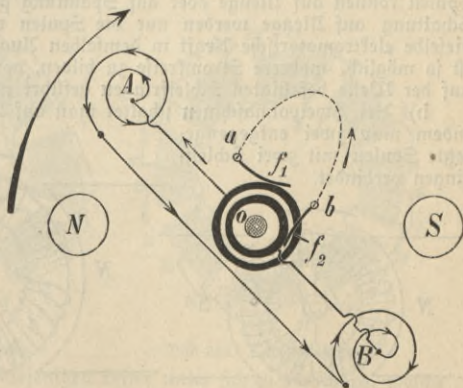


Bild 241. Wechselstrom in 2 Ankerispulen.

Während a_1 und a_4 zu den Schleifringen geführt sind.

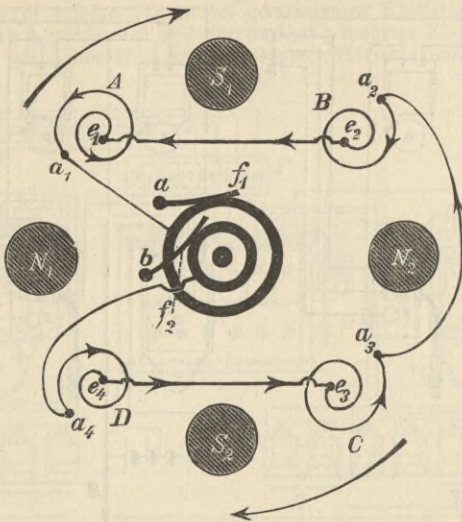


Bild 242. Wechselstrom in 4 Ankerspulen.

101. Wechselstrom und Ring. a) Die induzierten Spulen können auf Menge oder auf Spannung geschaltet werden. Bei Schaltung auf Menge werden nur die Spulen verbunden, die immer dieselbe elektromotorische Kraft in demselben Augenblick darstellen. Es ist so möglich, mehrere Stromkreise zu bilden, von denen jeder zu zwei auf der Welle befestigten Schleifringen geführt wird.

b) Bei Zweipolmaschinen schaltet man auf Menge nach Bild 243, indem man zwei entgegengesetzte Spulen mit zwei Schleifringen verbindet.

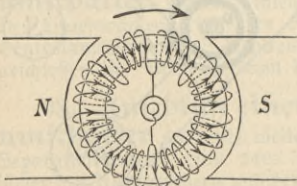


Bild 243.

Wechselstrom und Ring.

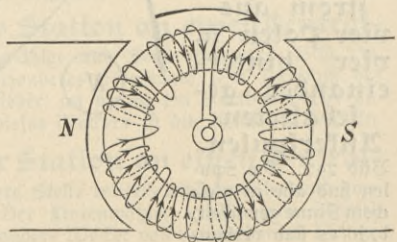


Bild 244.

c) Bei Zweipolmaschinen schaltet man auf Spannung nach Bild 244, indem man zwei benachbarte Spulen zu den Schleifringen führt.

d) In der Wechselstrommaschine Gramme, Bild 245, ist der Ring fest und der Erregermagnet rotiert innerhalb desselben. Diesem Erregermagnet wird der Gleichstrom durch zwei Schleifringe zugeführt. Die Spulen des Erregermagneten sind so verbunden, daß sie abwechselnde Pole erzeugen. Die Spulen des Rings werden auf Menge oder Spannungen oder auf beide Arten verbunden.

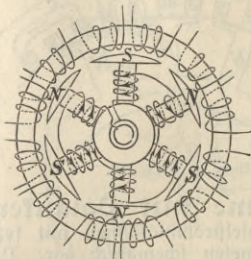


Bild 245. Wechselstrommaschine.

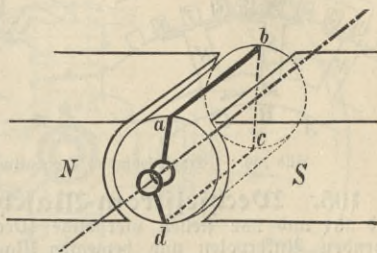


Bild 246. Wechselstrom und Trommel.

102. Wechselstrom und Trommel. a) Die Trommel ist aus dem Doppel-T-Anker hervorgegangen. Die in ab und cd, Bild 246, erzeugten elektromotorischen Kräfte werden sich immer addieren. Der Strom wird auch hier von Schleifringen abgenommen.

b) In den Vielpolmaschinen kann man zwei Wicklungsarten anwenden, die Wellen- oder Serienwicklung und die Schleifen- oder Parallelwicklung. Beide Arten sind in Bildern 237 und 238 für eine achtpolige Wechselstrommaschine dargestellt.

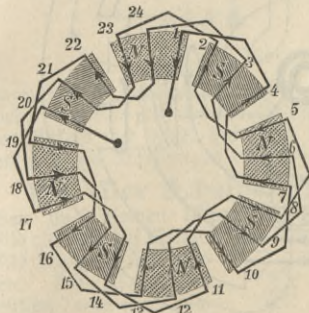


Bild 247. Wellenwicklung.

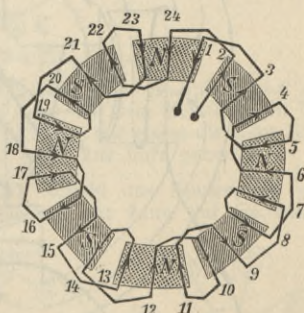


Bild 248. Schleifenwicklung.

Für Spannung sind diejenigen Leiter unter sich zu verbinden, welche in demselben Augenblick der Sitz gleichgerichteter elektromotorischer Kräfte sind. Auf Menge sind zu diejenigen Spulen zu schalten, deren elektromotorische Kraft gleich und in allen Lagen des Ankers entgegengesetzt sind.

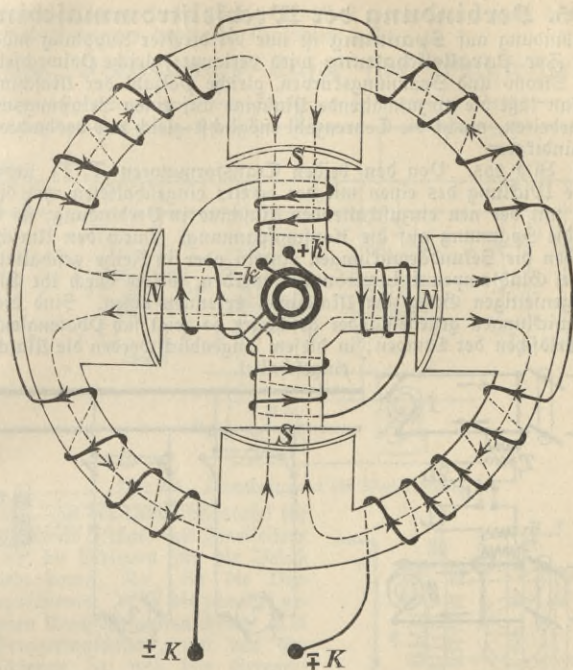


Bild 252. Polanker.

namige Pole auf einander folgen. Die Wicklung des Ankers liegt entweder auf den radialen Vorsprüngen oder auf dem kreisförmigen Teil des Ankers und dieser hat dann Ähnlichkeit mit einem Gramme-Ring, nur sind die Abteilungen abwechselnd rechts und links gewickelt.

107. Der Scheibenanker besteht aus Spulen, die zwischen zwei Reihen Magnetpolen rotieren. Er kann auf Spannung, Bild 253, oder auf Menge, Bild 254, geschaltet werden. Die Magnetpole besitzen entweder abwechselnd Nord- und Südmagnetismus oder auf einer Seitenreihe Nord- und auf der anderen Südmagnetismus.

Die Wicklung der induzierten Spulen ist entweder Wellen- oder Schleifenwicklung.

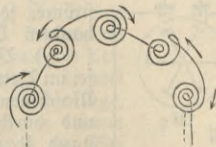


Bild 253. Scheibenanker, Spannung.

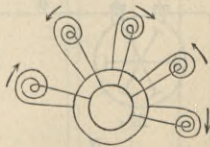


Bild 254. Scheibenanker, Menge.

105. Verbindung der Wechselstrommaschinen.

a) Verbindung auf Spannung ist nur bei direkter Kupplung möglich.

b) Zur Parallelschaltung wird verlangt: gleiche Polwechselzahl, gleiche Strom- und Spannungskurven, gleiche Polzahl der Maschinen.

Man läßt die einzuschaltende Maschine auf einen Belastungswiderstand arbeiten, macht die Tourenzahl möglichst gleich und beobachtet den Phasenindikator.

a) Bild 255. Von den beiden Transformatoren T_1 T_2 steht die primäre Wicklung des einen mit der bereits eingeschalteten und die des andern mit der neu einzuschaltenden Maschine in Verbindung; sie reduzieren die Spannung auf die Konsumspannung. Durch den Umschalter U werden die Sekundärwicklungen einzeln oder in Reihe geschaltet und mit zwei Glühlampen LL verbunden werden, welche durch ihr Glühen den gegenseitigen Gang der Maschinen erkennen lassen. Sind die Sekundärwicklungen gegeneinander geschaltet, so zeigt sich Phasengleichheit durch Erlöschen der Lampen; in diesem Augenblick werden die Maschinen eingeschaltet.

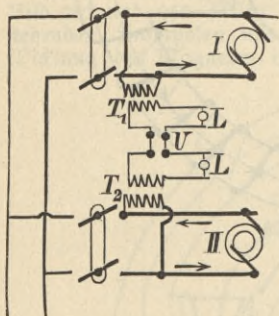


Bild 255. Parallelschaltung, Phasenindikator.

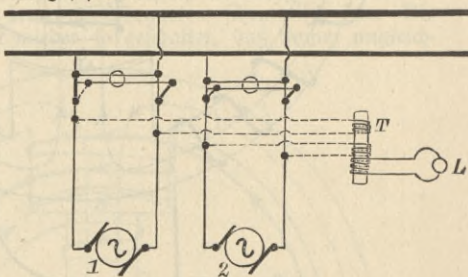


Bild 256. Parallelschaltung.

β) Bild 256. Der Transformator T hat drei Wicklungen; die eine ist mit der Maschine im Dienst verbunden, die andere mit der einzuschaltenden Maschine und die dritte mit einer Glühlampe. Die beiden ersten Kreise sind so angeordnet, daß die erzeugten magnetischen Kraftströme sich verstärken oder schwächen. Verstärken sich die Kraftströme, so ist Synchronismus vorhanden. Die Lampe glüht lebhaft.

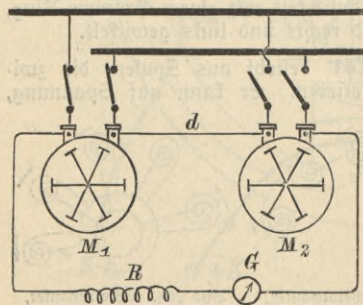


Bild 257. Parallelschaltung.

γ) Bild 257. Maschine M_1 sei im Betrieb; man verbindet beide Maschinen durch einen Draht d und durch einen großen Widerstand R mit einem Galvanoskop W . Ist die Selbstinduktion des Widerstandes R und des Galvanometers G gegen die der Maschinen

zu vernachlässigen, so ist Phasengleichheit vorhanden, wenn die Nadel des Galvanometers durch ein Maximum geht.

106. Verteilungs-Tafel für Wechselströme.

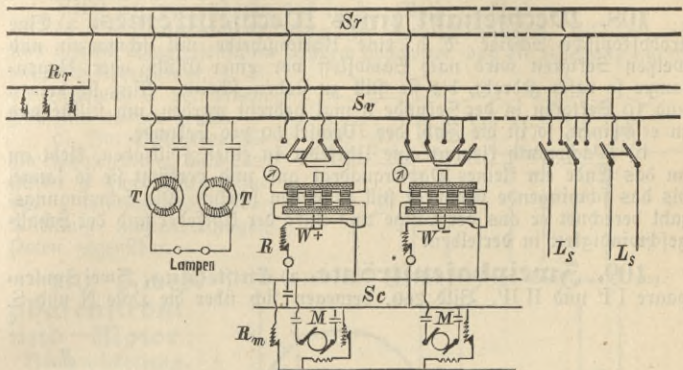


Bild 258. Verteilungstafel für Wechselströme.

Bild 258. In der Verteilungstafel für hochgespannte Ströme mit Zweileitern sind S_r die Schienen für die Belastungsrheostaten, R_r , S_v die Verteilungsschienen, W die parallel geschalteten Wechselstrommaschinen, M die Erregermaschinen, mit den Erregerschienen S_c und den Erregerwiderständen R_m , T Phasenindikator-Transformatoren mit den Phasenlampen. Eine der Speiseleitungen L_s ist von den Schienen der Belastungsrheostaten abzweigt, was gestattet, die Verteilungsschienen zur Reinigung zu isolieren.

107. Wechselstrom-Bogenlampe. Bild 259. Sie ist eine Nebenschlußlampe mit konstantem Brennpunkt; aa' Erregerwicklung, bb Kerne, h magnetischer Rückfluß; cc zwei in sich geschlossene massive Eisenringe, mit dem Winkelhebel d in einem Stück gegossen; k Gewichte zur Regulierung der Stellung von c ; e Drehpunkt; durch die Zugstange f wird das um i drehbare Laufwerk bewegt,

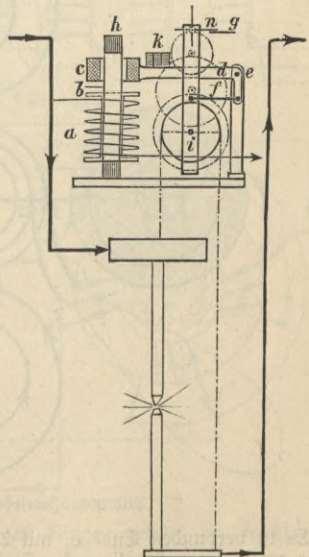


Bild 259. Wechselstrom-Bogenlampe.

so daß das Flügelrad n mehr oder weniger auf der Anschlagzunge aufliegt. Bei Stromschluß wird c schwebend gehalten.

Diese Lampe beruht auf dem Effekt Elihu Thomson, wornach ein Wechselstrom von hoher Wechselzahl den indizierten Leiter abstößt.

108. Wechselzahl eines Wechselstromes. a) Eine stroboskopische Scheibe, d. h. eine Kartonscheibe mit schwarzen und weißen Sektoren wird nach Samojloff vor einer Glüh- oder Bogenlampe so rasch gedreht, bis sie still zu stehen scheint. Muß sie bei 10 und 10 Sektoren in der Sekunde 5 mal gedreht werden, um stillstehend zu erscheinen, so ist die Zahl der Wechsel 50 pro Sekunde.

b) Wachsmuth klemmt eine Uhrfeder in einen Feilkloben, klebt an das Ende ein kleines Papierquadrat auf und verkürzt sie so lange, bis das schwingende Quadrat still zu stehen scheint. Die Schwingungszahl berechnet er aus der Länge und Dicke der Uhrfeder und der Schallgeschwindigkeit in derselben.

109. Zweiphasenströme. a) Entstehung. Zwei Spulenpaare I' und II' , Bild 260, bewegen sich über die Pole N und S .

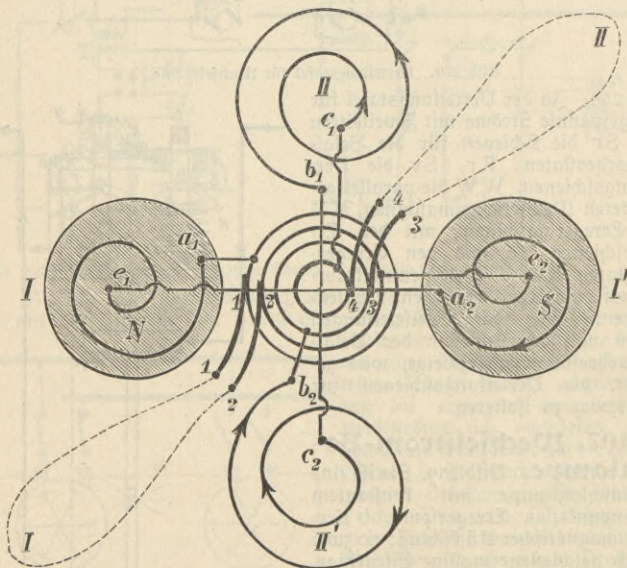


Bild 260. Zweiphasenströme. Scheibenanker.

Es ist verbunden Ende e_1 mit Anfang a_2 und Anfang b_1 mit Ende c_2 je zweier gegenüberliegender Spulen, während die freien Enden a_1, c_2, c_1 und b_2 zu vier von einander isolierten Schleifringen geführt sind,

auf welchen Federn schleifen. Der im Spulenpaar entstehende Wechselstrom wird durch die Federn 11 und 22 nach außen geleitet, während die Federn 33 und 44 zur Ableitung des im Spulenpaar II II' erregten Wechselstromes dienen.

Beide Ströme sind um 90° in der Phase verschoben.

b) Die **Trommelwicklung** für Zweiphasenstrom, Bild 261, ist aus der für Einphasenstrom dadurch abgeleitet, daß die Wicklung immer ein Loch überspringt, z. B. die Wicklung 2 von einem Pol zum andern reicht.

c) Im **Polanker** für Zweiphasenstrom, Bild 262, stehen je zwei Ankerzähne mit zusammenhängender Wicklung ungleichnamigen Polen gegenüber.

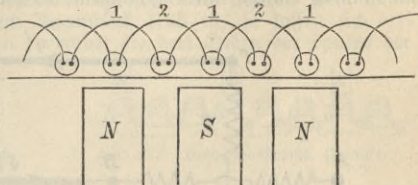


Bild 261. Zweiphasenstrom, Trommelwicklung.

110. Zwei- phasenstrom und Motor; Ringwicklung.

Bild 263.

Der Gramme-Ring ist mit vier Spulen bewickelt, von welchen je zwei gegenüberliegende hinter-

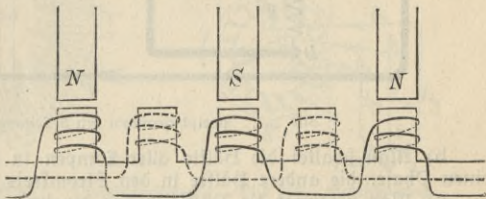


Bild 262. Zweiphasenstrom, Polanker.

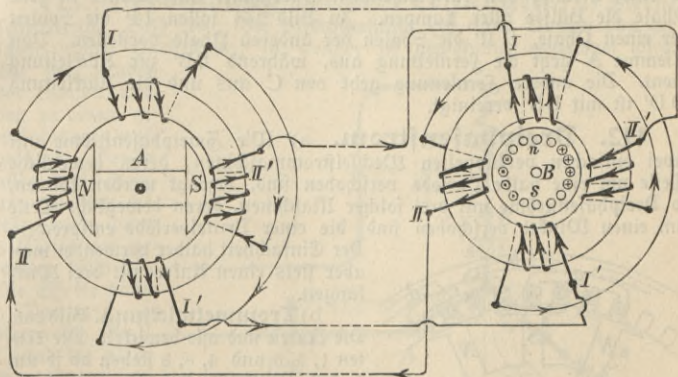


Bild 263. Zweiphasen-Dynamo und Motor.

einander geschaltet sind. Innerhalb des Ringes rotiert ein kräftiger Magnet.

Der Motor B besitzt gleichfalls zwei rechtwinklig zu einander stehende

Spulenpaare. In denselben ist ein Kurzschlussanker eingesetzt. Er ist ein aus Blechscheiben zusammengesetzter Ring, dessen Umfang eine Anzahl Kupferstäbe enthält, die an ihren Enden beiderseits in Messing- oder Kupferscheiben eingelötet und so miteinander verbunden sind. (Nr. 120.)

III. Zweiphasenstrom mit vier und drei Leitungen. a) Man schaltet die Lampen nur in die eine Phase, dann hat man es einfach mit einphasigem Wechselstrom zu thun.

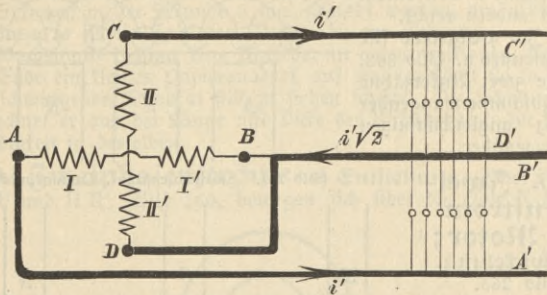


Bild 264. Zweiphasenstrom mit 5 Leitungen.

b) Man schaltet die Hälfte aller Lampen in den Stromkreis der einen Phase, die andere Hälfte in den Stromkreis der anderen Phase.

c) Man vereinigt die Rückleitungen der beiden Phasen, Bild 264, zu einer Leitung von entsprechendem Querschnitt und schaltet in jede Phase die Hälfte aller Lampen. In Bild 264 sollen II' die Spulen der einen Phase, II die Spulen der anderen Phase vorstellen. Von Klemme A geht die Fernleitung aus, während BB' zur Rückleitung dient. Die andere Fernleitung geht von C aus und die Rückleitung DD' ist mit BB' vereinigt.

112. Dreiphasenstrom. a) Wie Zweiphasenströme mit zwei einfachen verkuppelten Wechselstrommaschinen, deren bewegliche Teile um eine halbe Periode verschoben sind, erzeugt werden können, so Dreiphasenströme mit drei solcher Maschinen, deren bewegliche Teile um einen Winkel verschoben sind, die einer Drittelperiode entsprechen.

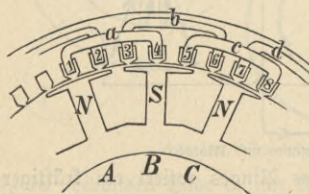


Bild 265. Dreiphasenströme, Trommelwicklung.

Der Einfachheit halber verwendet man aber stets einen Anker mit drei Wicklungen.

b) **Trommelwicklung.** Bild 255. Die Nuten sind alle bewickelt. Die Nuten 1, 3, 5 und 4, 6, 8 stehen ab je um $\frac{1}{3}$ des Winkels, den die Mittellinie eines Pols in einer Periode durchläuft, darum verbindet man die Spulen a, d...; b, e...; c, f... und erhält drei Stromkreise, deren Ströme um

120° gegeneinander verschoben sind. Bild 266 stellt einen Anker für Dreiphasenströme mit Wellenwicklung dar.

c) Der Polanker, Bild 267, für Dreiphasenstrom, hat dreimal so viel Zähne als induzierende Pole vorhanden sind. Auch hier sind drei von einander unabhängige Stromkreise vorhanden.

d) Ringwicklung. Der Ring besitzt drei Spulen, von denen jede um einen Winkel von 120° von der andern entfernt ist.

Da die Summe der Momentanwerte der drei Phasen jeder Dreiphasenstrommaschine in jedem Augenblick Null ist, so lassen sich drei Rückleitungen ersparen. Man verbindet die drei Enden der Spulen der Maschine.

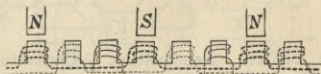
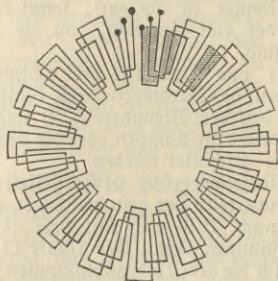


Bild 267. Dreiphasenströme, Polanker.

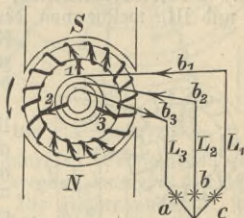


Bild 266. Wellenwicklung. Dreiphasenströme. Bild 268. Sternschaltung.

115. Verbindung der drei Leitungen. a) Sternschaltung. Bild 268. Die Sternschaltung hat ihren Namen von der schematischen Darstellung, in welcher sie gewöhnlich gezeichnet wird.

Die drei Enden der Spulen werden zu einem gemeinsamen Punkt geführt. Der in allen drei Zweigen geleistete Effekt wird durch 3 Wattmeter gemessen, Bild 269. Die Effekte dieser 3 Wattmeter addieren sich. A, B, C sind die Klammern der Sternschaltung, O der gemeinsame Verbindungspunkt der Enden und

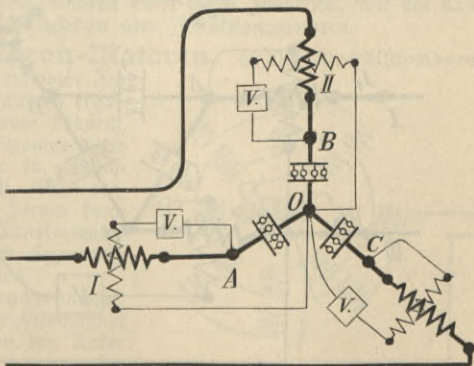


Bild 269. Sternschaltung. 3 Wattmeter.

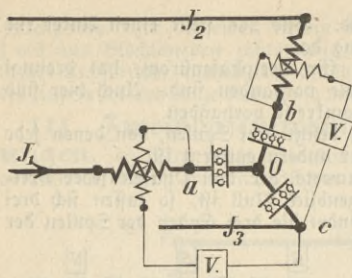


Bild 270. Sternschaltung. 2 Wattmeter.

Angaben der Wattmeter zu subtrahieren sind.

b) **Dreieckschaltung.** Bild 271 und 272. Die drei Leitungen I, II und III, welche von den Klemmen des Stromerzeugers kommen, führen zu den drei Klemmen A, B und C, zwischen welche die Lampen oder die Spulen des Motors geschaltet werden.

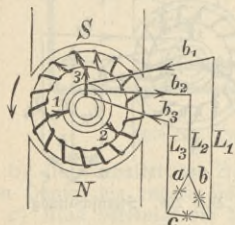


Bild 271. Dreieckschaltung.

Der Mittelwert aus den Effekten der Momentanwerte ist der gesuchte Effekt, welcher sich nach Bild 272 mit drei Wattmetern bestimmen läßt. Der Punkt O, in welchem sich die drei Nebenschlußspulen vereinigen, ist zur Erde abgeleitet, damit unter A, B und C absolute Werte der Spannungen verstanden werden können.

Auch mit zwei Wattmetern läßt sich der Mittelwert bestimmen.

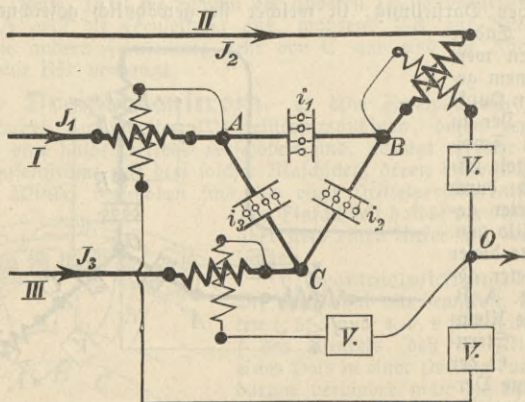


Bild 272. Dreieckschaltung.

I, II, III die drei Wattmeter mit ihren Spulen.

Der Mittelwert des Effekts in den drei Zweigen kann nach Bild 270 mit zwei Wattmetern bestimmt werden. Bestehen die Zweige aO, bO, cO aus Induktionswiderständen, z. B. den Spulen eines Motors, so ist der Maximalwert von J gegen den Maximalwert der Spannung aO um einen Winkel verschoben, der kleiner ist als 90° , somit kann der Fall eintreten, daß die An-

114. Anker mit Ringwicklung und Sternschaltung. Bild 273. Zur Beleuchtung sind bei mehrphasigen Strömen Periodenzahlen von 40 und mehr zu erzielen. Da die Tourenzahl nicht übermäßig gesteigert werden kann, so ist die Polzahl zu vermehren. Die Ankerwindungen können auf den Vorsprüngen liegen oder auf dem Ringeisen. Die Sternschaltung erfordert für die gleiche Klemmenspannung weniger Windungen, als die Dreieckschaltung. Da die radialen Vorsprünge nur den Zweck haben, den magnetischen Widerstand zu verringern, so kann man ihre radiale Länge wesentlich verkleinern, und man erhält dann nur noch Nuten und Zähne.

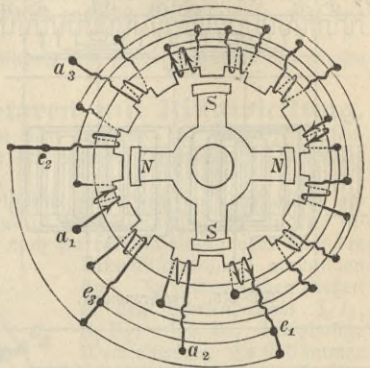


Bild 273. Zwölfpolanker.

115. Die Wechselstrom-Motoren lassen zwei Bauarten zu. Die eine ist mit der Bauart der Wechselstromerzeuger identisch und erfordert zur magnetischen Erregung entweder Gleichstrom oder Stromwender am Aufstellungsorte. Die Umdrehungszahl solcher Motoren steht in einem bestimmten Verhältnis zur Anzahl der Polwechsel des zugeführten Wechselstromes. Solche Motoren sind daher **synchron** (gleichzeitig) und dürfen beim Betriebe nicht außer Tritt kommen.

Bei der zweiten Bauart wird der Wechselstrom nur dem feststehenden Feldmagneten, dem Ständer, zugeführt; der Anker dagegen erhält keine Stromzuführung, sondern wirkt durch Induktion, wie ein Transformator; sie sind **asynchron** oder Induktionsmotoren.

116. Synchron-Motoren. a) Die Wechselstromdynamo und der Wechselstrommotor Zypernowski mit Polankern erhalten den Erregerstrom dadurch, daß ein Teil des Stromes durch einen Gleichrichter in Gleichstrom umgewandelt, Bild 274. Dieser abgeleitete Strom kann auch durch einen Transformator auf eine geringere Spannung umgewandelt werden.

b) In dem Synchronmotor, Bild 275, besitzt der Feldmagnet Polstücke, die gegen den Anker hin sich sehr verbreitern und sich nahe kommen. Die Ankerwin-

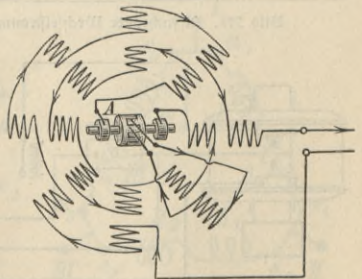


Bild 274. Synchronmotor.

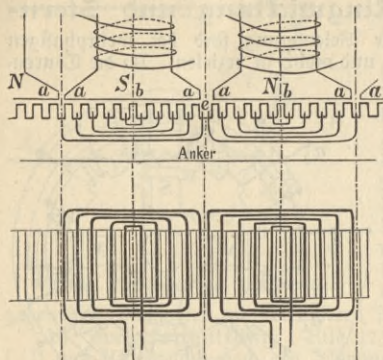


Bild 275. Synchronmotor.

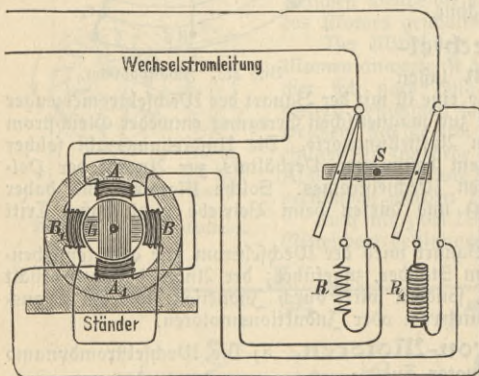


Bild 276. Asynchroner Wechselstrommotor.

dungen sind flach zwischen die Ringzähne gewunden. Jede Spule umfaßt 9 Zähne; diese Spulen sind hintereinander geschaltet.

Die Gleichstromerregmaschine sitzt auf derselben Welle.

117. Asynchrone Wechselstrom-Motoren.

a) Tesla bringt einen einphasigen Wechselstrom-Motor mittels einer Kunstphase zum Angehen, Bild 276. Der Motor hat die vier Pole AA_1 , BB_1 und den Läufer L . In den einen Zweig der Zuleitung ist der induktionsfreie Widerstand R und in den andern die Drosselspule R_1 eingeschaltet. Wenn der Motor im Gange ist, wird R_1 ausgeschaltet.

b) Eine Kunstphase zum Anlaufen eines Einphasenmotors erhält man auch durch einen Kondensator, Bild 277. Der Anker ist dann mit einer regelmäßigen Wicklung (Phasenanker) versehen. Soll

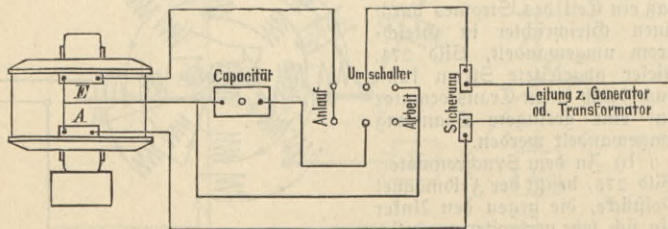


Bild 277. Selbstanlaufender Phasenmotor.

die Drehrichtung des Motors geändert werden, so werden die beiden Zuleitungen in den bei E befindlichen Klemmen vertauscht.

Man läßt mit Hilfe der Anlaufvorrichtung den Motor unbelastet anlaufen, stellt dann den Umschalter auf Arbeit und legt nunmehr die Last auf. Beim Anhalten nimmt man zunächst die Belastung weg und unterbricht dann den Strom.

Als Kapazität eignet sich besonders eine Zersetzungszelle mit großer Oberfläche.

118. Drehstrom-Motoren mit Ringwicklung.

a) **Zweipolige Wicklung.** In dem Bild 263 zu den Dreiphasenströmen sind auf den Ringen nur drei Spulen dargestellt; in Wirklichkeit werden 6 Spulen genommen.

In den Bildern 278 bis 281 sind zwei derartige Wicklungen gezeichnet. Sie unterscheiden sich nur in der Verbindung der Enden, indem nämlich die Enden entweder nach der Sternschaltung oder nach der

Dreieckschaltung verbunden sind. In beiden Fällen fließen in den Spulenpaaren $I_1 I_2$, $II_1 II_2$, $III_1 III_2$ dreiphasige Wechselströme. Es sind immer zwei gegenüberliegende Spulen-

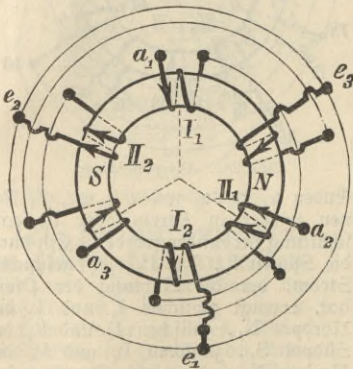


Bild 278. Zweipolige Wicklung für Drehstrommotor.



Bild 279. Sternschaltung.

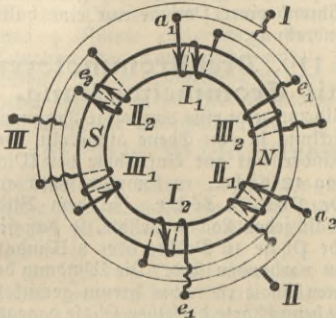


Bild 280. Zweipol. Wicklung für Drehstrommotor.

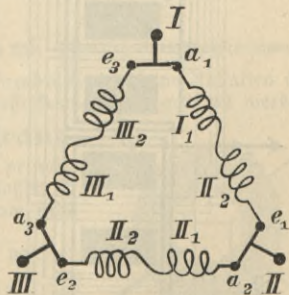


Bild 281. Dreieckschaltung.

paare so verbunden, daß ein durch beide hindurchgeschickter Strom zwischen ihnen einen Magnetpol erzeugt.

b) **Vierpolige Wicklung.** Denkt man sich eine der vorigen Wicklungen auf den halben Ring zusammengeschoben, so kann man die andere Ringhälfte in derselben Weise bewickeln und die Windungen der einzelnen Phasen der beiden Ringhälften hintereinander schalten, wie dies in Bild 282 geschehen ist; die übrig gebliebenen Anfänge und

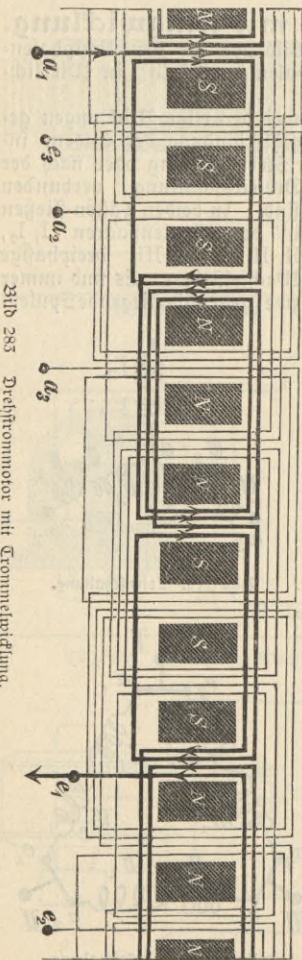


Bild 283

Drehstrommotor mit Trommelwicklung.

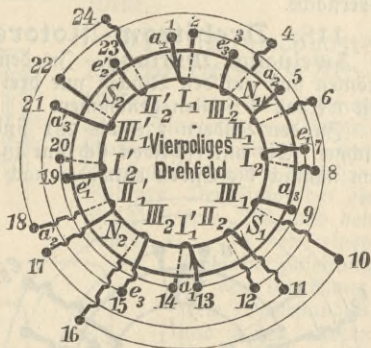


Bild 282. Vierpolwicklung.

Enden a_1, a_2, a_3 und e'_1, e'_2, e'_3 können wieder in Stern- oder Dreieckschaltung verbunden werden. Ein durch die Spulen I_1, I_2, I'_1, I'_2 geschickter Strom, der die Richtung der Pfeile hat, erzeugt zwischen I_1 und I_2 den Nordpol N_1 , zwischen I_2 und I'_2 den Südpol S_1 , zwischen I'_1 und I'_2 den Nordpol N_2 und zwischen I'_2 und I_1 den Südpol S_2 . Das magnetische Feld macht während einer Periode nur eine halbe Umdrehung.

119. Drehstrommotoren mit Trommelwicklung.

Bild 283 zeigt eine vierpolige Trommelwicklung in eine Ebene aufgerollt. Der Ständer hat zur Aufnahme der Wicklung 12 Löcher, es kommen somit auf jede Phase 4 Löcher. In dem Bilde erhält jedes Loch 4 Drähte, so daß für jede Phase 16 Drähte oder 8 Windungen vorhanden sind. Die Windung der einen Phase ist rechts herum gewickelt, die benachbarte derselben Phase dagegen links herum.

Setzt man die Wicklung auf 18 LÖcher fort, so entsteht ein sechs-
poliger Ständer, bei 24 LÖchern könnte man einen achtpoligen Ständer
wickeln.

120. Wicklung des Läufers. a) Kurzschlusswicklung.

1. Man verbindet alle Stäbe auf beiden Seiten durch ein Kupferband
mit einander (s. Nr. 110): Eichhornkäfig. 2. Man verbindet auf jeder
Seite diejenigen Stäbe, welche gleich oder nahezu gleich induziert sind,
Bild 284. 3. Man verbindet die gleich oder nahezu gleich induzierten
Stäbe hintereinander und schließt dann kurz.

b) Die **Phasenwicklung** wird als Ring- oder Trommelwicklung
ausgeführt und zwar genau wie die Wicklung des Ständers.

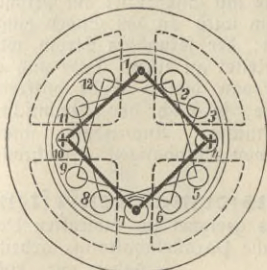


Bild 284. Wicklung des Läufers.

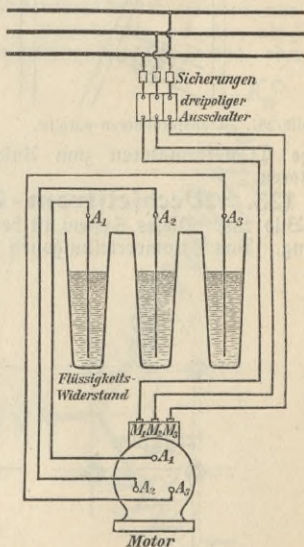


Bild 285. Schaltung eines Drehstrommotors,

121. Drehstrommotor m. Flüssigkeitsanlasser.

Bild 285. Zur Herstellung der
flüssigkeit ist $\frac{1}{2}$ bis 1 kg Soda in
20 Liter Wasser zu lösen. Beim
Einschalten ist zunächst der drei-
polige Ausschalter des feststehen-
den Motorteils zu schließen, dann
sind die Platten im Laufe von
etwa $\frac{1}{2}$ Minute entsprechend der
Zunahme der Tourenzahl einzu-
senken. In der Endstellung ist der
Hebel kräftig in die Metallkontakte
einzudrücken. Beim Anhalten soll
der dreipolige Ausschalter vor dem
flüssigkeitsanlasser geöffnet werden.

122. Der Wechselstromtrans-
formator besitzt zwei Spulen, die primäre,
welche vom eingeleiteten Strom durchflossen ist,
und die sekundäre, in welcher ein Strom indu-
ziert wird, Bild 286.

a) In den Transformatoren mit geschlos-
senem magnetischem Kreise umgeben in den
Kerntransformatoren die Windungen der pri-
mären und sekundären Spulen das Eisen, währ-

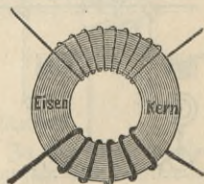


Bild 286. Ringtransformator.

rend bei den Manteltransformatoren das Eisen die Kupferwicklungen umgiebt.

b) Die Transformatoren mit dem Verhältnis 1:1 werden in Reihen geschaltet, d. h. die primären Spulen werden hintereinander von demselben Strom durchflossen.

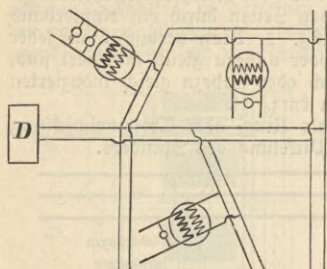


Bild 287. Transformatoren parallel.

c) In parallel geschalteten Transformatoren, Bild 277, sind die primären Spulen von parallelen Zweigströmen durchflossen.

d) **Einspülige** Transformatoren bestehen aus einer einzigen Spule mit Eisenkern; der primäre Strom wird an den Enden eingeleitet; der sekundäre Strom wird abgeleitet an einem Ende und an eine von diesem Ende entfernte Stelle, je nach der gewünschten Spannung. Anwendung finden

solche Transformatoren zum Anlassen von einphasigen asynchronen Motoren.

123. Wechselstrom-Transformatorensystem.

a) Bild 288. Dieses System ist besonders geeignet zur indirekten Verteilung. Das Stromverteilungsnetz (einfache Parallelschaltung) arbeitet

dabei mit 2000 bis 12 000 Volt. Der Beleuchtungsbezirk wird vielfach nur mit einem Primärnetz versehen und in jedem Hause oder Häuserblock ein oder mehrere Transformatoren aufgestellt.

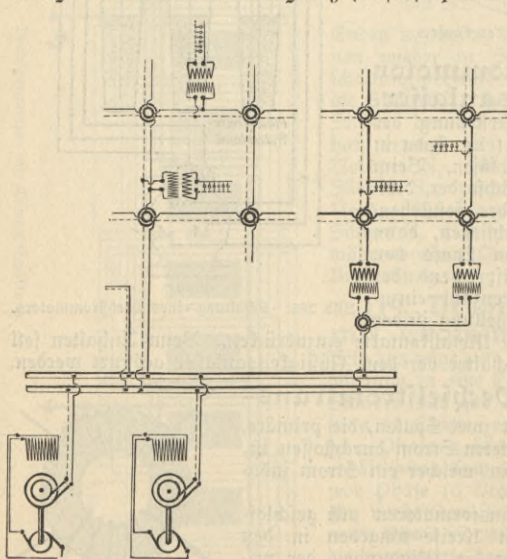


Bild 288. Transformatorensystem

Auf der rechten Seite des Bildes ist die Schaltung mit Transformatorenunterstationen und Sekundärnetz dargestellt. Anlagen dieser Art sind in Frankfurt a. M., Nürnberg.

b) Dolivo Dobrowolsky schaltet, Bild 289, um die Spannungen

in a und b möglichst konstant zu halten, die Hochvoltspulen der Transformatoren A und B parallel. Bei dieser Anordnung läßt sich die Belastung der Zweige a und b ganz beliebig und unabhängig vornehmen.

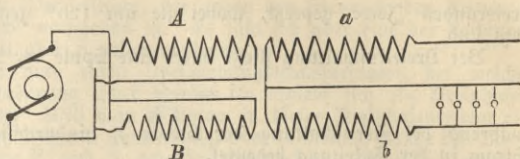


Bild 289. Schaltung von Dolivo Dobrowolsky.

121. Drehstromtransformatoren werden nur als Kerntransformatoren ausgeführt. a) Sowohl die primäre, als auch die sekundäre Wicklung kann als Dreieckschaltung, Bild 290, oder als

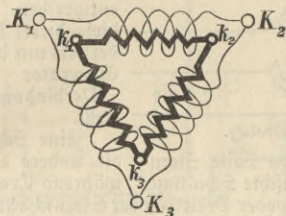


Bild 290 Drehstromtransformator, Dreieckschaltung.

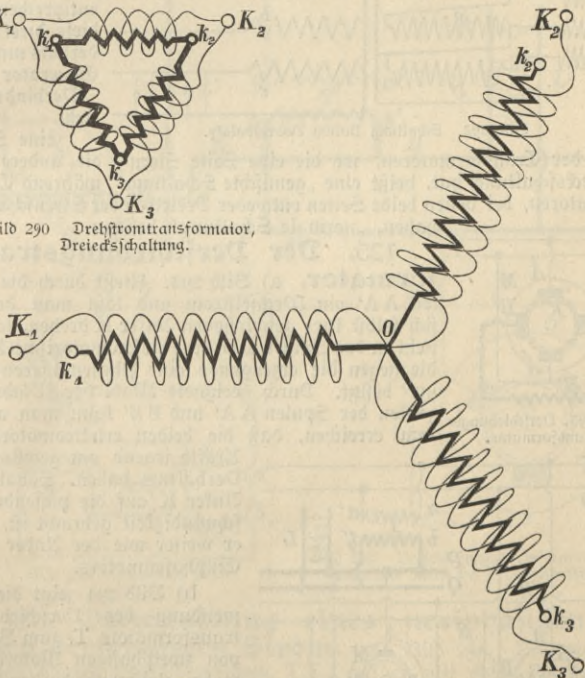


Bild 291. Drehstromtransformator, Sternschaltung.

Sternschaltung, Bild 291, ausgeführt werden. In der Regel wendet man Sternschaltung an, da bei dieser die Windungszahl eine kleinere ist. Die Kerne liegen entweder in einer Ebene oder werden sie an die

freisrunden Joche gepreßt, wobei sie um 120° gegeneinander versetzt sind.

Bei Dreieckschaltung fließt durch eine Spule der Strom

$$i = \frac{J}{\sqrt{3}},$$

während bei Sternschaltung der Strom J_1 hindurchfließt, wo J_1 den Strom in der Zuleitung bedeutet.

b) Dolivo Dobrowolsky schaltet, Bild 292, die Hochspannungsspulen A, B, C der Transformatoren parallel und die Niedervoltspulen derart, daß jede derselben an die volle Netzspannung angeschlossen wird. Einer etwa stärkeren Belastung von etwa c kann eine größere Strom-

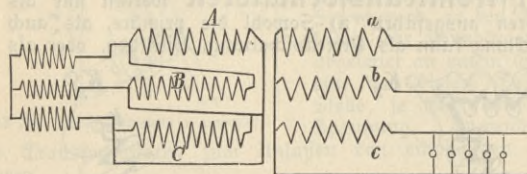


Bild 292. Schaltung Dolivo Dobrowolsky.

entnahme der zugehörigen Hochvoltspule C entsprechen, da diese direkt beiderseits mit dem Generator in Verbindung steht.

Eine Schaltung der Transformatoren, wo die eine Seite Stern-, die andere aber Dreieckschaltung hat, heißt eine „gemischte Schaltung“, während Transformatoren, bei denen beide Seiten entweder Dreieck- oder Sternschaltung haben, „normale Schaltung“ besitzen.

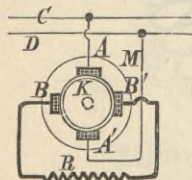


Bild 295. Verschiebungstransformator.

125. Der Verschiebungstransformator.

a) Bild 293. fließt durch die Spulen AA' ein Wechselstrom und läßt man den in sich selbst kurz geschlossenen Anker K drehen, so entsteht in den Spulen BB' eine elektromotorische Kraft, die gegen die erzeugende eine Phasendifferenz von 90° besitzt. Durch geeignete Wahl der Windungszahlen der Spulen AA' und BB' kann man außerdem erreichen, daß die beiden elektromotorischen

Kräfte irgend ein gewünschtes Verhältnis haben. Sobald der Anker K auf die passende Geschwindigkeit gebracht ist, läuft er weiter wie der Anker eines Einphasenmotors.

b) Bild 294 zeigt die Verwendung des Verschiebungstransformators T_f zum Betrieb von zweiphasigen Motoren M, wobei gleichzeitig in den sekundären Stromkreis des gewöhnlichen Transformators T noch Lampen L eingeschaltet sind. Die Leitungen P und Q stehen

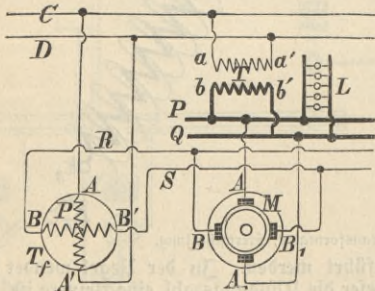


Bild 294. Verschiebungstransformator für Licht und Kraft in Zweiphasenstrom.

also einphasigen Wechselstrom, der gegen den Strom in den Leitungen R und S um 90° verschoben ist. Es läßt sich aber eine der Leitungen P und Q mit R oder S zusammenlegen.

c) Benützt man einen Verschiebungstransformator, bei welchem die Phasenveränderung 120° beträgt, so ergibt sich ein Dreiphasensystem, Bild 295. Will man Motoren in dieses Dreiphasensystem einschalten, so muß man die Verbindungen der Wicklung, welche den Strom von den Leitern P und S empfängt, umkehren, damit sich zwischen diesem Strome und dem der beiden andern ein Phasenunterschied von 120° ergibt.

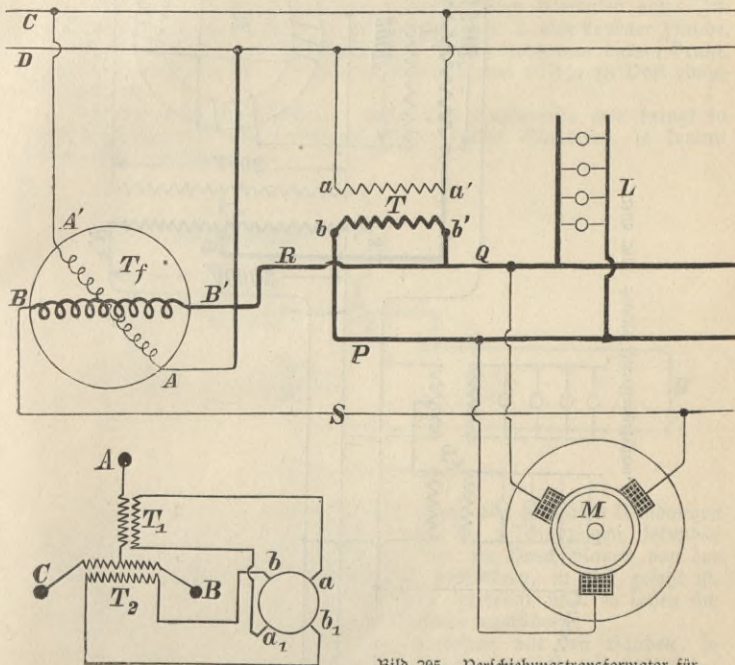


Bild 296. Schaltung Scott.

Bild 295. Verschiebungstransformator für Licht und Kraft im Dreiphasensystem.

126. Verwandlung eines zweiphasigen in einen dreiphasigen Strom.

a) Bild 296. Die primären Spulen zweier Transformatoren $T_1 T_2$ werden mit einer Zweiphasenstrommaschine $aa_1 bb_1$ verbunden. Die eine sekundäre Spule bekommt 100 Windungen und in ihrer Mitte wird eine Abzweigung mit 87 Windungen ($50\sqrt{3}$) angelegt als andere sekundäre Spule. Die drei freien

Enden A B C liefern dann elektromotorische Kräfte von 120° Phasenunterschied.

b) Bild 297 zeigt eine Anwendung des Scott'schen Verteilungssystems. Die zweiphasige Wechselstrommaschine M erzeugt in jeder

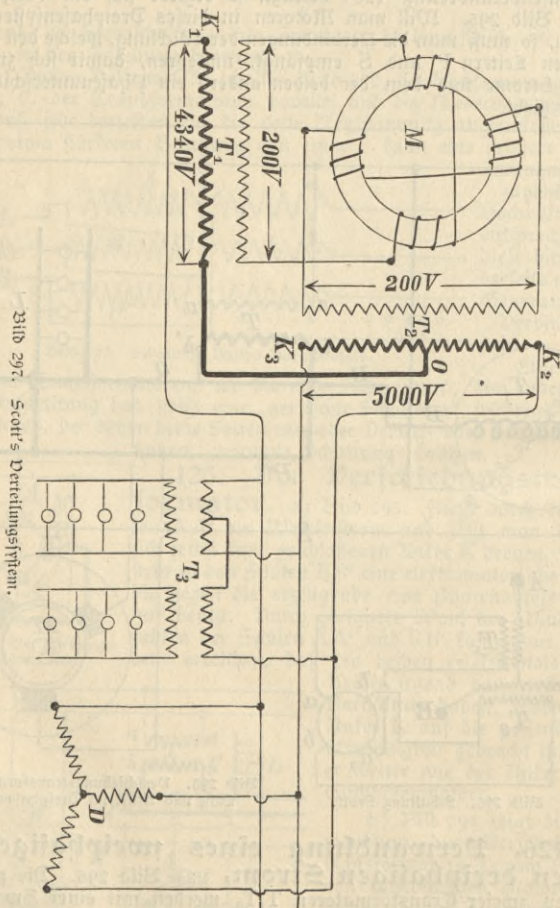


Bild 297. Scott's Verteilungssystem.

Phase eine Spannung von 200 Volt. Diese Spannung wird in die primären Wicklungen der Transformatoren T_1 und T_2 geleitet, wo dieselbe in T_2 auf 5000 Volt, in T_1 auf $\frac{5000}{2} \sqrt{3} = 4340$ Volt trans-

formiert wird. Die Klemmen K_1 , K_2 , K_3 sind mit der Fernleitung verbunden. Die hohe Spannung von 5000 Volt in den Fernleitungen wird durch den Transformator T_3 wieder in den gewöhnlichen niedrig gespannten zweiphasigen Wechselstrom verwandelt und zur Beleuchtung und zum Betriebe zweiphasiger Motoren verwendet, oder schickt man den Strom in Drehstrommotoren D.

127. Hochfrequenz- oder Tesla-Ströme. Hochfrequenzströme sind Wechselströme von 12000 bis 100000 Perioden. Eine Periode besteht aus zwei Wechsellern.

In Bild 298 sind k_1 und k_2 die sekundären Klemmen eines Induktoriums von mindestens 10 cm Funkenlänge, L eine Leydner Flasche, F die Funkenstrecke, B ein Kupferbügel aus 3 bis 4 mm dickem Draht, zwischen welchem bei a b eine Glühlampe von 10 bis 13 Volt eingeschaltet ist.

Ersetzt man den Bügel B durch eine Kupferrolle und bringt in die Höhlung eine mit verdünnter Luft gefüllte Glasbirne, so kommt das Gas zum Leuchten.

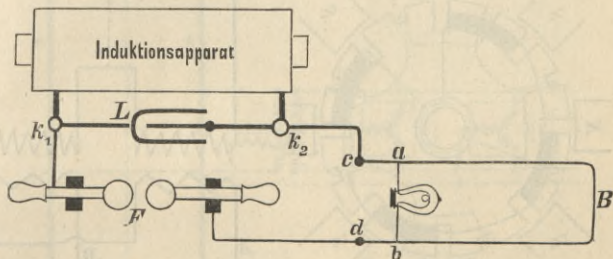


Bild 298. Hochfrequenzströme.

Verbindet man die Punkte c und d mit den primären Windungen eines Transformators, der primär aus 4 bis 5 Windungen, sekundär aus 200 Windungen besteht, und der, um ein Durchschlagen von der sekundären Wicklung zur primären zu verhindern, in Öl gesetzt ist, oder dessen Spulen durch einen Luftraum getrennt sind, so lassen sich mit diesem Transformator folgende Versuche ausführen:

a) berührt man die sekundären Klemmen mit den Händen, so empfindet man im Augenblick des Berührens nur ein leises Prickeln;

b) berührt man die eine Klemme des Transformators mit dem einen Ende einer elektrodenlosen Geißler-Röhre, während man das andere Ende in der Hand hält, so leuchtet die Röhre hell auf. Man kann auch die eine Klemme mit der Erde, die andere mit einer isolierten Metallplatte verbinden und das Rohr an irgend einer Stelle zwischen die Platte und den Transformator bringen. Oder man spannt unter sich verbundene Drähte auf, verbindet diese mit einer Klemme und legt die andere Klemme an Erde. Gegen das Netz gehaltene Röhren leuchten auf.

128. Monocyklisches System von Steinmetz.

a) Bild 299. Auf dem Anker einer Wechselstrommaschine ist eine Hilfswicklung angeordnet, die gegen die Hauptspule versetzt ist; das eine Ende derselben ist an die Mitte der Hauptwicklung angeschlossen, das andere Ende führt zu dem dritten Leitungsdraht. Diese dritte Wicklung hat jedoch nur ein Viertel der Windungen. Sie ist in die kleineren Nuten eingelagert. Die drei konzentrischen Ringe bedeuten die Schleifringe, an welche die Enden der Hauptwicklung und das eine Ende der Nebenwicklung geführt sind. Der Strom der Hilfswicklung kehrt über die beiden Hälften der Hauptwicklung zurück und hat daher außer der eigenen noch die Selbstinduktion der Hauptspulen zu überwinden.

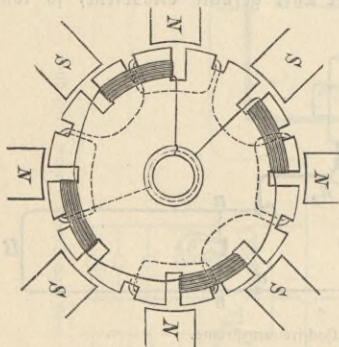


Bild 299.

Monocyklisches System.

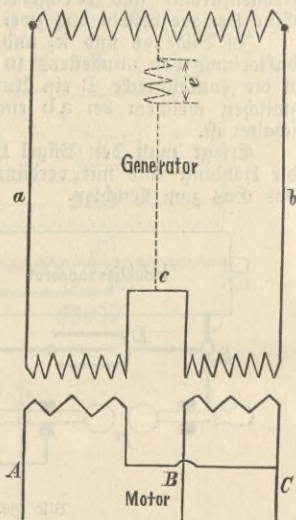


Bild 300.

b) Bild 300 zeigt die Verbindung des Generators mit dem Motor und den Transformatoren. Die Sekundärspule des zweiten Transformators ist umgekehrt geschaltet. Die Motorwindungen bestehen aus drei um 120° in der Phase gegeneinander verschobenen Wicklungen wie bei jedem gewöhnlichen Drehstrommotor.

129. Das Verteilungssystem der E.-A.-G. vorm.

Schuckert erhält man aus dem monocyklischen System, Bild 301, wenn man der Hilfswicklung B dieselbe Spannung giebt, wie sie der Scott'schen Schaltung zu Grunde liegt. Also B-Spannung gleich 0,867 A-Spannung. Es ergeben dann die Spannungen zwischen den drei freibleibenden Klemmen a b c ein gleichseitiges Dreieck, genau wie bei der Scott'schen Schaltung. Man hat also zwischen a b Einphasenstrom, zwischen a b c gewöhnlichen Dreiphasenstrom.

Die gesamte Beleuchtung wird von den stärkeren Leitungen a b mit gewöhnlichen Transformatoren C abgezweigt. Die Dreiphasen-

motoren werden in alle drei Leitungen a b c entweder mittels eines Dreiphasentransformators oder zweier Einphasentransformatoren in Scott'scher Schaltung D, bezw. E angeschlossen.

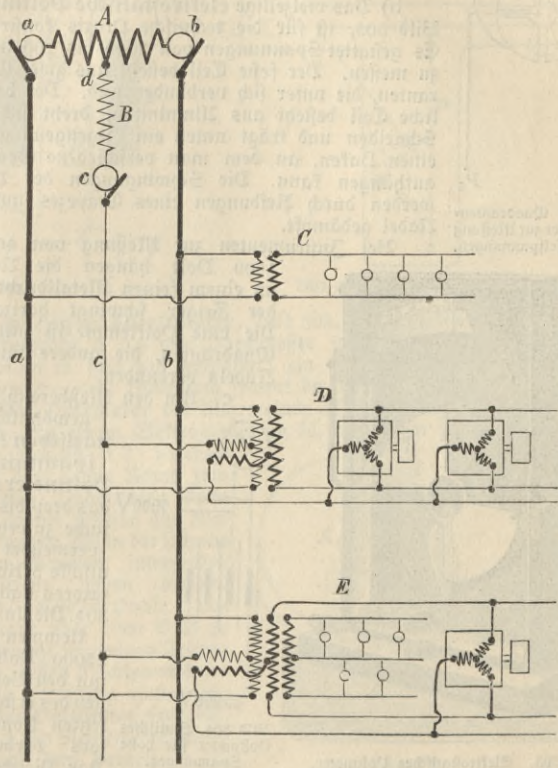


Bild 301. Verteilungssystem der E.-A.-G. vorm. Schuckert.

130. Spannungsmessungen an Wechselströmen.

a) Beim Quadrantenelektrometer ist die Doppelschaltung für die Messung von Wechselspannungen geeignet, Bild 302. Man verbindet ein gegenüberstehendes Quadrantenpaar und die Nadel mit dem anderen Punkte P_2 . Der Ausschlag ist in diesem Fall proportional dem Quadrat des zu messenden Spannungsunterschieds E .

Man legt nach erfolgter Messung an die Punkte P_1 und P_2 die Pole eines Normalelementes mit der Spannung E_1 und beobachtet den Ausschlag a_1 , dann ist

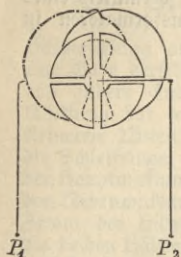


Bild 302. Quadrantenelektrometer zur Messung von Wechselspannungen.

$$E^2 = E_1^2 \cdot \frac{a}{a_1}; \quad E = \sqrt{E_1^2 \cdot \frac{a}{a_1}} = E_1 \cdot \sqrt{\frac{a}{a_1}}$$

b) Das vielzellige elektrostatistische Voltmeter, Bild 303, ist für die technische Praxis konstruiert. Es gestattet Spannungen von 2000 bis 20000 Volt zu messen. Der feste Teil besteht aus zwei Quadranten, die unter sich verbunden sind. Der bewegliche Teil besteht aus Aluminium, dreht sich auf Schneiden und trägt unten ein Gegengewicht und einen Haken, an dem man verschiedene Gewichte aufhängen kann. Die Schwingungen der Nadel werden durch Reibungen eines Trapezes auf der Nadel gedämpft.

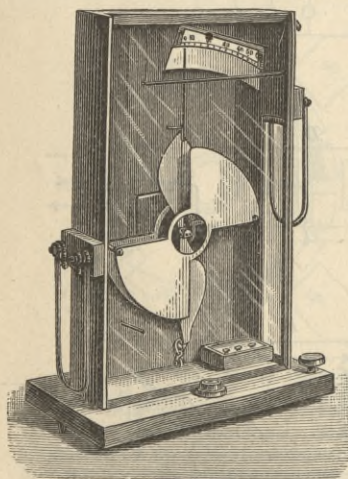


Bild 303. Elektrostatistisches Voltmeter.

Bei Instrumenten zur Messung von 40 bis 1600 Volt hängen die Nadeln an einem feinen Metalldraht und der Zeiger schwingt horizontal. Die eine Polklemme ist mit den Quadranten, die andere mit den Nadeln verbunden.

c) Um den Meßbereich eines gewöhnlichen

statistischen Hochspannungsvoltmeters um

das drei- bis vierfache zu erhöhen,

verwendet Benischke 3 Kondensatoren nach Bild

304. Die Anschlußklemmen für

25000 Volt sind mit den Belegungen des ersten und

letzten Kondensators verbunden.

Das Dielektrikum

der Kondensatoren besteht aus Mikanit-

oder Porzellanplatten.

d) Der Spannungszeiger, Bild 305

und 306, zieht ein dünnes Eisenstäbchen in die mit Kupferdraht gewickelte Spule hinein. Er erhält einen Vorschaltwiderstand aus biflar gewickeltem Manganindraht und wird wie alle Voltmeter in den Nebenschluß zur Leitung eingeschaltet.

e) Im Voltmeter Horn, Bild 307,

werden zwei Eisenringe R und R' in die

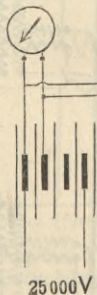


Bild 304. Statisches Voltmeter für hohe Spannungen.

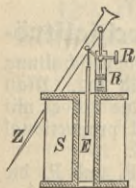


Bild 305.

Spannungszeiger.

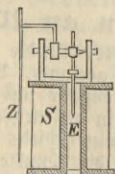


Bild 306.

Spule eingezogen, R' ist schwerer als R ; die Hebelarme ec und df drehen sich um e und f .

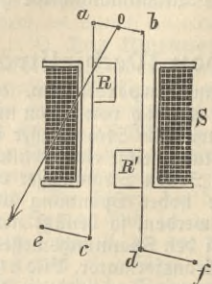


Bild 307. Voltmeter Horn.

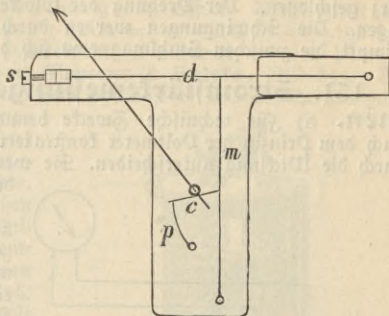


Bild 308. Hydrometervoltmeter.

f) Im Hydrometervoltmeter, Bild 308, besitzt der stromdurchflossene Platinsilberdraht d 0,6 mm Durchmesser und ca. 16 cm Länge; der Messingdraht m hält ihn gespannt; ein dünner faden läuft über die den Zeiger tragende Rolle und spannt die Platinfeder p .

g) Das Voltmeter der Allgemeinen Electricitätsgesellschaft besteht Bild 309, aus einem Elektromagneten M , auf dessen Polen die kupfernen Quadranten TT befestigt sind; in dem engen Raum zwischen diesen Quadranten kann sich eine leichte Scheibe aus Aluminium drehen. Die in der Scheibe und den Schienen induzierten Wechselströme haben dieselbe Form und dieselbe Phase. Um Spannungen über 1000 Volt zu messen, benützt man einen Transformator, dessen Hochspannungsspule sehr sorgfältig isoliert ist.

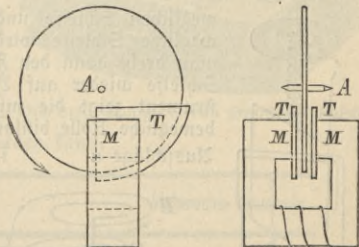


Bild 309. Voltmeter A. E. G.

h) Das Voltmeter Ferraris, konstruiert von Siemens & Halske, beruht auf dem Princip des Verschiebungstransformators, Bild 310. Eine leichte Glocke hb aus Aluminium ist drehbar zwischen zwei Elektromagnetsystemen ff_1 und dem dazu senkrecht stehenden ee_1 . Im Innern der Glocke ist der Eisenzylinder cc . Die Wicklungen der Pole ff_1 werden von

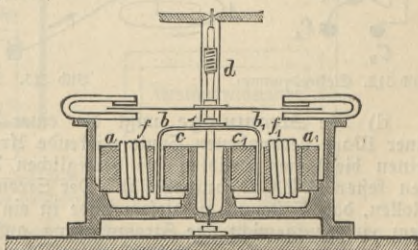


Bild 310. Voltmeter Ferraris.

dem zu messenden Strom durchflossen; die Wicklungen von $e e_1$ sind kurz geschlossen. Der Drehung der Glocke wirkt eine Spiralfeder entgegen. Die Schwingungen werden durch eine Aluminiumscheibe gedämpft, die zwischen Stahlmagneten sich dreht.

131. Stromstärkemessungen von Wechselströmen.

a) Für technische Zwecke benutzt man Amperemeter, die nach dem Prinzip der Voltmeter konstruiert sind und sich von ihnen nur durch die Wicklung unterscheiden. Sie werden wie alle Strommesser in die Leitung selbst eingeschaltet.

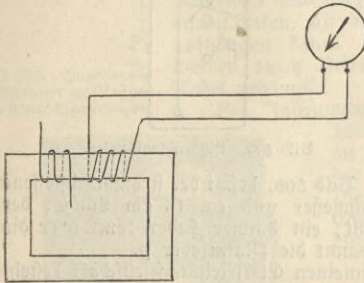


Bild 311. Strommesser mit seinem Transformator.

b) Sollen Strommesser an Ströme hoher Spannung angelegt werden, so benutzt man wie bei den Spannungsmessern einen Transformator, Bild 311. Der Strommesser wird in den sekundären Kreis geschaltet.

c) Das wichtigste Instrument für die Messung von Wechselströmen ist das **Elektrodynamometer**, Bild 312. Der Strom durchfließt von C_2 aus die feste Rolle, gelangt zum Quecksilbernapf Q_2 , zur beweglichen Schleife und tritt bei $Q_1 C_1$ aus. Die bewegliche Schleife wird durch den Strom abgelenkt; man dreht dann den Zeiger Z , bis er dem Zeiger der Schleife wieder auf Null gegenüber steht. Das Instrument zeigt die mittlere Stromstärke an. Ist die bewegliche Rolle bifilar aufgehängt, so gilt für kleine Ausschläge a

$$i = k \cdot \sqrt{a}.$$

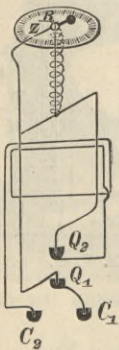


Bild 312. Elektrodynamometer.

weglichen Schleife wird durch den Strom abgelenkt; man dreht dann den Zeiger Z , bis er dem Zeiger der Schleife wieder auf Null gegenüber steht. Das Instrument zeigt die mittlere Stromstärke an. Ist die bewegliche Rolle bifilar aufgehängt, so gilt für kleine Ausschläge a

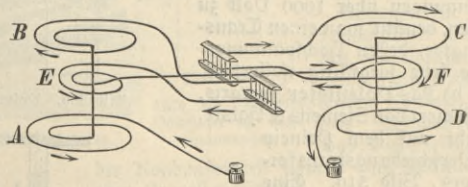


Bild 313. Stromwaage.

d) Die **Stromwaage** misst die einer festen auf eine lose mit einer Wage verbundenen Spule wirkende Kraft. In Bild 313 sind an feinen biegsamen Drähten die beweglichen Rollen E und F zwischen den festen $ABCD$ aufgehängt. Der Strom fließt so durch die sechs Rollen, daß F steigt; an diesem Ende ist ein leichter Arm befestigt, auf dem ein Laufgewicht die Stromwirkung aufhebt. Die Stromstärke ist proportional der Quadratwurzel dieser Drehung.

132. Arbeitsmessung bei Wechselstrom. Die Stromarbeit pro Sekunde heißt Leistung oder Effekt. Als Einheit gilt das Watt = Volt \times Ampere; 1 Watt = 10^7 (C G S) = 0,102 kg-Gew. \times m/sec = 0,00136 Pferdefraft. 1 Kilowatt = 1000 Watt.

a) Das Wattmeter von Siemens & Halske, Bild 314. Die dickdrähtige, vom Strom durchflossene Spule ist fest und besteht aus zwei parallelen Wicklungen, von denen die eine verwendet wird, wenn es sich um die Messung schwächerer Ströme handelt, die andere, wenn stärkere Ströme zu messen sind. Die Enden der dickdrähtigen Spulen sind zu den Klemmen J und J', die der dünneren zu i und i' geführt, Bild 315. Der bewegliche Rahmen ist mit vielen dünnen Windungen versehen und ist an einem feinen Faden aufgehängt; der Strom wird dieser Spule durch zwei Spiralfedern zugeführt, von denen die obere am Torsionskopfe befestigt ist. Der Hauptstrom durchfließt die festen Spulen, die bewegliche Spule liegt im Nebenschluß; ihr Vorschaltwiderstand ist induktionsfrei gewickelt, derselbe soll den Widerstand der Spule so überwiegen, daß der Einfluß der Selbstinduktion der Spule dagegen vernachlässigt werden kann.

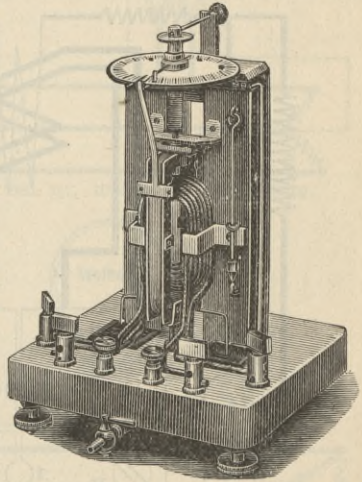


Bild 314. Wattmeter von Siemens & Halske.

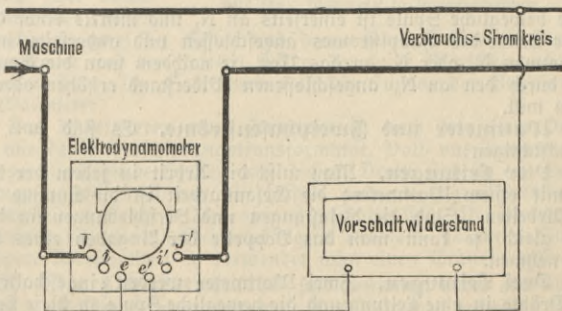


Bild 315. Wattmeter bei Arbeitsmessungen eines Wechselstromes.

Man schaltet den Nebenschlußkreis so zwischen die beiden zum Verbrauchskreis führenden Zuleitungen, daß die feste und die beweg-

liche Spule an dieselbe Zulassung angeschlossen sind, indem man Klemme e mit Klemme J verbindet.

b) **Wattmeter der Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft, Bild 316.** Die Hauptspulen sind aus Kupferband gewickelt und endigen in den Klemmen H H, welche auf Bronzeblöcken befestigt sind; mit Stöpsel 3 werden diese Spulen in Reihe, mit 2 und 4 parallel geschaltet.

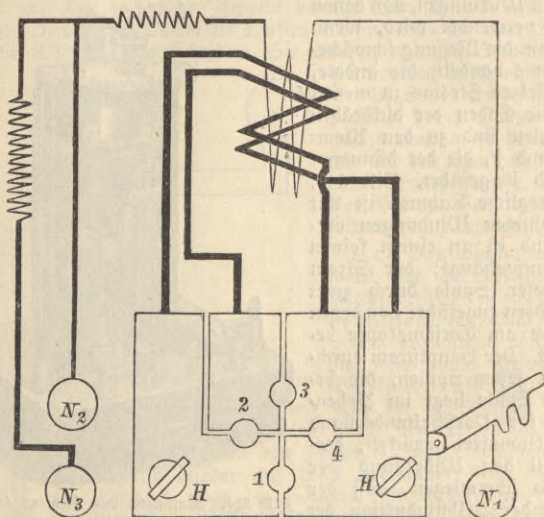


Bild 316. Wattmeter der A. E. G.

Die bewegliche Spule ist einerseits an N_1 und mittels einer Gabel an einer Leiter des Hauptstromes angeschlossen und andererseits mittels der Klemmen N_2 oder N_3 an das Netz, je nachdem man die Empfindlichkeit durch den an N_3 angeschlossenen Widerstand erhöhen oder vermindern will.

c) **Wattmeter und Zweiphasenströme.** Es sind zwei Fälle zu berücksichtigen:

a) **Vier Leitungen.** Man misst die Arbeit in jedem der beiden Kreise mit einem Wattmeter; die Gesamtarbeit ist die Summe dieser beiden Arbeiten. Sind die Belastungen und Verschiebungen in beiden Kreisen gleich, so kann man das Doppelte der Angaben eines Wattmeters nehmen.

β) **Drei Leitungen.** Zwei Wattmeter werden eingeschaltet, die dießen Drähte in eine Leitung und die bewegliche Spule in diese Leitung und die Rückleitung.

Die Arbeit ist die Summe der Angaben beider Instrumente.

d) **Wattmeter und Dreiphasenströme.** α) Im Falle gleicher Verschiebungen und gleicher Belastungen in den drei Kreisen, wenn man

z. B. Motoren speist, ist die Gesamtarbeit dreimal der Arbeit, die ein Wattmeter anzeigt, dessen dicker Draht bei Sternschaltung in einen der Leiter und dessen feiner Draht zwischen diesen Leiter und dem neutralen Punkt eingeschlossen ist, Bild 317.

β) Ist der neutrale Punkt nicht zugänglich, oder wenn Dreieckschaltung vorhanden ist, so wird der feine Draht zwischen den entsprechenden Leiter für den dicken Draht und den beiden anderen Leitern abgezweigt; die Gesamtarbeit ist die doppelte von derjenigen, die das Wattmeter anzeigt.

Die Wattmeter werden für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom in derselben Art bewickelt; für Drehstrom erhalten sie aber einen in drei Abteilungen gewickelten Vorschaltwiderstand, Bild 318.

Sind die drei Kreise sehr ungleich belastet, so muß man zwei Wattmeter anwenden, deren dicke Drähte in zwei der Leiter und deren feine Drähte an den betreffenden Leiter und den dritten Leiter, der keine Wattmeterrolle hat, angeschlossen sind. Die Gesamtarbeit ist die Summe der Angaben der beiden Wattmeter.

e) Das Wattmeter von Ferraris ist nach demselben Prinzip gebaut, wie dessen Verschiebungstransformator, Volt- und Amperemeter. Zwei gegenüberstehende Spulen mit dickem Draht sind in den Hauptkreis eingeschaltet, während die beiden anderen gegenüberstehenden Spulen mit feinem Draht in Nebenschluß geschaltet sind. Die Aluminiumglocke verhält sich wie ein Eichhornkäfig im Drehfeld. Wenn die Ströme 300 Ampere überschreiten, so verwendet man einen Transformator.

155. Die Phasenmeter sind bestimmt, durch eine einzige Ableseung den Leistungsfaktor eines von Wechselströmen gespeisten Netzes zu kennen. Denselben kann man auch aus drei gleichzeitigen Ableseungen eines Ampere-, Volt- und Wattmeters finden. Die Phasenmeter sind in der Praxis nur dann zu gebrauchen, wenn die Spannungs- und Stärkekurven Sinuslinien sind.

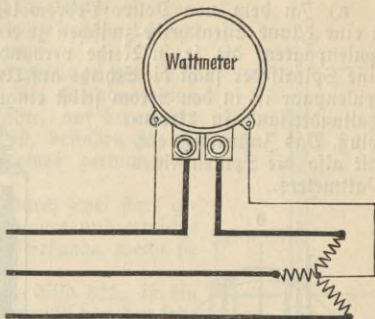


Bild 317. Wattmeter in Sternschaltung.

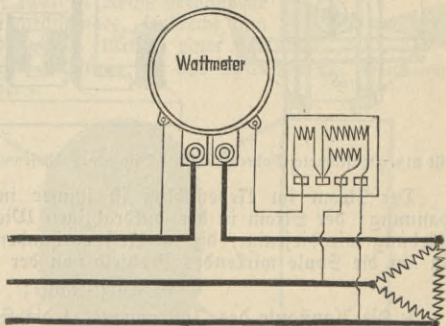


Bild 318. Wattmeter in Dreieckschaltung.

a) In dem von Dolivo Dobrowolski konstruierten **Phasenmeter** ist eine dünne Eisenscheibe zwischen zwei senkrecht zu einander stehenden Spulenpaaren, die je in Reihe verbunden sind, mit Zeiger drehbar. Eine Spiralfeder sucht die Scheibe auf Null zu stellen. Das dickdrähtige Spulenpaar ist in den Strom selbst eingeschaltet, das dünnere mit Vor-schaltwiderstand in Neben-schluß. Das Instrument ent-hält also die Spulen eines Wattmeters.

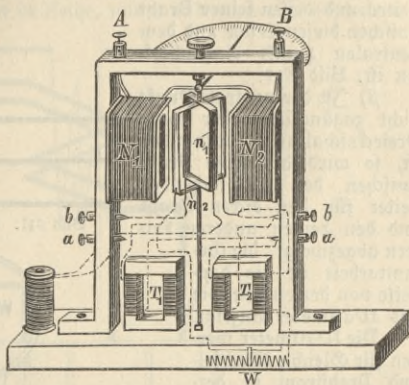
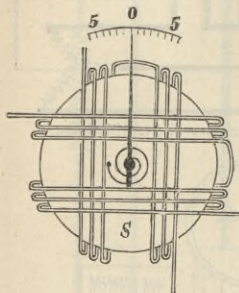


Bild 319. Phasenmeter Dobrowolski.

Bild 320. Phasenmeter Hartmann & Braun.

Der Strom im Neben-schluß ist immer in Phase mit der Netz-spannung; der Strom in der dickdrähtigen Wicklung hat dieselbe Ver-schiebung wie diejenige, die im Netz vorhanden ist. Es entsteht somit ein auf die Spule wirkendes Drehfeld von der Stärke

$$C = k \cdot J \cdot \sin\varphi;$$

k die Konstante des Instruments, J die Stromstärke, $J \cdot \sin\varphi$ die wattlose Komponente des Hauptstroms.

b) Das **Phasenmeter** von Hartmann & Braun, Bild 320, besteht aus zwei festen Spulen N_1 und N_2 , die in Reihen und in einen der Leiter des Netzes eingeschaltet sind wie die dickdrähtige Spule eines Wattmeters. Im Felde dieser Spulen bewegen sich die feindrähtigen, von einander unabhängigen Spulen n_1 und n_2 .

Der eine dieser Rahmen liegt mit einer nicht induktiven Spule (links) im Neben-schluß zweier Leiter des Netzes. Der andere Rahmen liegt gleichfalls im Neben-schluß des Netzes, aber durch eine aus zwei kleinen Transformatoren T_1 und T_2 gebildeten Spule mit Selbstinduktion. Die sekundäre Wicklung von T_2 ist an den veränderlichen, nicht induktiven Widerstand W angeschlossen.

Infolge dieser Anordnung sind die Ströme in den beweglichen Rahmen um eine Viertelperiode verschoben. Man reguliert das In-strument, indem man sich versichert, daß keine Ablenkung erfolgt, wenn durch N_1 und N_2 ein Strom ohne Verschiebung fließt (ein Strom, der von einer Wechselstrommaschine geliefert wird, die Glühlampen speist). Tritt eine Ablenkung ein, so reguliert man den Widerstand W .

154. Die **Oscillographen** sind bestimmt, die raschen Ueänderungen elektrischer Ströme aufzuzeichnen und zu analysieren.

a) Der **zweidrahtige Oscillograph** von Blondel, Bild 321, ist eine Art Galvanometer. Zwei feine, nahe gestellte Drähte, auf denen ein leichtes Spiegelschen aufgefittet ist, befinden sich in dem engen Raume der Pole eines permanenten oder Elektromagneten.

Dudell ersetzte die Drähte durch zwei stark gespannte Streifen von Phosphorbronze und erreichte bis 10000 Schwingungen in der Sekunde, wenn sie ein Wechselstrom durchfloß.

b) In einer andern Form, Bild 322, ist ein dünnes Eisenplättchen mit Spitzen zwischen den sehr nahen Polen eines Elektromagneten drehbar; der Wechselstrom durchfließt zwei in Reihe verbundene Spulen und erzeugt ein wechselndes, senkrecht zum richtenden feld stehendes feld. Mittels einer Cylindrolinse wirft man eine Lichtlinie auf das Spiegelschen des Eisenplättchens.

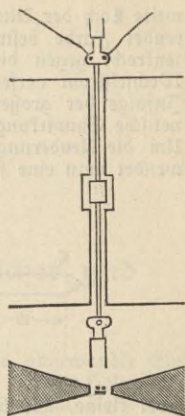


Bild 321. Oscillograph Blondel.

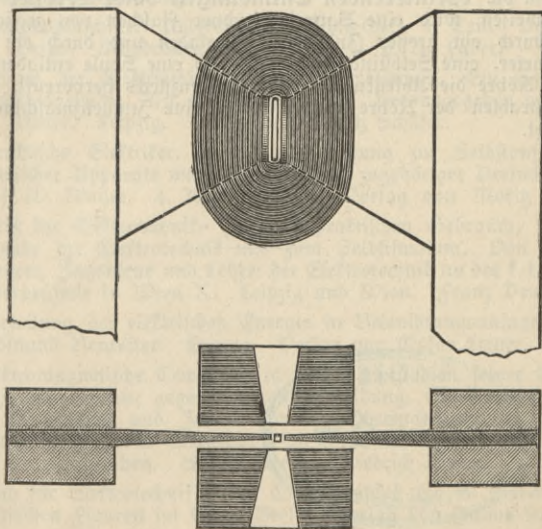


Bild 322. Oscillograph mit weichem Eisen.

c) Der **Oscillograph** von Heß & Braun ist eine Kathodenröhre. Die bei K auftretenden Kathodenstrahlen dringen durch das 2 mm

weite Loch der Aluminiumscheibe C und treffen die mit phosphorescierenden Farbe beschriebene Glimmerplatte D; bei C wird eine Spule senkrecht gegen die Röhre angebracht; der durch die Spule fließende Wechselstrom versetzt den auf D fallenden Lichtfleck in Schwingungen. Infolge der großen Empfindlichkeit der Kathodenstrahlen gegen magnetische Einwirkung genügt eine schwache Anzahl Ampere-Windungen. Um die Aenderungen einer elektromotorischen Kraft zu studieren, verwendet man eine feindrahtige Spule mit Vorschaltwiderstand oder auch

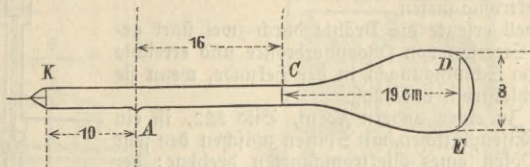


Bild 525. Oscillograph Heß & Braun.

zwei kleine, auf beiden Seiten angebrachte Metallplatten, die mit den Polen der zu studierenden Quelle verbunden sind, die aber dann eine Spannung von 200 bis 300 Volt besitzen muß.

Um die **oscillierenden Entladungen** einer Leydner Flasche nachzuweisen, wird eine Batterie Leydner Flaschen von großer Kapazität durch ein großes Induktorium geladen und durch ein Funkenmikrometer, eine Selbstinduktionsrolle und eine Spule entladen, welche in der Röhre die Ablenkung des fluoreszenzflecks hervorruft. Die Kathodenstrahlen der Röhre werden durch eine Influenzmaschine hervorgerufen.



Verzeichnis der benutzten Bücher und Zeitschriften.

- Die Schule des Elektrotechnikers. Lehrgang für die angewandte Elektrizitätslehre. 3 Bände. Herausgegeben von Alfred Holz, Ingenieur und Direktor des Technikum Mittweida, im Verein mit H. Vieweger und H. Stapelfeldt, Lehrern der Physik und Elektrotechnik am Technikum Mittweida. Leipzig. Verlag von Moritz Schäfer, Buchhandlung.
- Die Dynamomaschine. Polytechnische Bibliothek. I. Teil. Von Prof. W. Weiler. Magdeburg. Verlag von A. u. R. Faber.
- Wörterbuch der Electricität und des Magnetismus. Ein Hand- und Nachschlagebuch. Mit 816 Abbildungen. Herausgegeben von Prof. W. Weiler. Leipzig. Verlag von Moritz Schäfer.
- Der praktische Elektriker. Populäre Anleitung zur Selbstanfertigung elektrischer Apparate und zur Anstellung zugehöriger Versuche. Von Prof. W. Weiler. 4. Aufl. Leipzig. Verlag von Moritz Schäfer.
- Grundriß der Elektrotechnik. für den praktischen Gebrauch, für Studierende der Elektrotechnik und zum Selbststudium. Von Heinrich Kragert, Ingenieur und Lehrer der Elektrotechnik an der k. k. Staatsgewerbeschule in Wien X. Leipzig und Wien. Franz Deuticke.
- Die Verteilung der elektrischen Energie in Beleuchtungsanlagen. Von Ferdinand Neureiter. Leipzig. Verlag von Oskar Leiner.
- Der elektromagnetische Telegraph in den Hauptstadien seiner Entwicklung und in seiner gegenwärtigen Ausbildung. Ein Handbuch. Von Dr. H. Schellen und Joseph Kareis, Oberingenieur der Centralleitung für Post und Telegraphie im k. k. österr. Handelsministerium. Mit 813 Holzschnitten. Braunschweig. Friedrich Vieweg & Sohn.
- Hilfsbuch für Elektrotechnik. Von C. Grawinkel und K. Strecker. Mit zahlreichen Figuren im Text. Berlin. Verlag von Julius Springer.
- Haustelegraphie. Eine gemeinverständliche Anleitung zum Bau von elektrischen Haus-Telegraphen-, Telephon- und Blitzableiter-Anlagen. Von P. Jenisch, Ingenieur. Mit 312 Abbildungen im Text. Berlin. Verlag von Max Rothenstein.

Taschenbuch für Monteure elektrischer Beleuchtungsanlagen. Von D. Freiherr von Gaisberg. München und Leipzig. Druck und Verlag von R. Oldenbourg.

Hilfsbuch für Elektropraktiker. Von H. Wieh u. C. Erfurth. Mit 281 Figuren und einer Eisenbahnkarte. Leipzig. Verlag von Hachmeister & Thal.

Grundzüge der Wechselstromtechnik. Von Richard Kühlmann. Zugleich Ergänzungsband zu: Grundzüge der Elektrotechnik der Starkströme. Leipzig. Verlag von Oskar Leiner.

Schaltungsbuch der Akkumulatorenfabrik. Aktiengesellschaft. Fabrik und Hauptbüro Hagen i. W.

Kalender für Elektrotechniker. Von J. Appenborn, Stadtbaurat in München. München u. Leipzig. Verlag von R. Oldenbourg.

Elektrotechnische Zeitschrift. Berlin. Julius Springer.

Elektrotechnische Rundschau. Dr. Krebs. Frankfurt a. M.

Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht. Von Dr. Poske. Berlin. Julius Springer.

8-96

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297099